

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL Y AMBIENTAL



**CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL MATERIAL
SEDIMENTADO DE LA PISCIGRANJA DE TILAPIAS
(*Oreochromis niloticus*) “RICO PEZ” Y SU POTENCIAL USO
COMO BIOABONO PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autor(es): Bach. Jiménez García, Juan Félix

Bach. Sayago Granda, Demnis Raúl

Asesor: MSc. Jorge Antonio Delgado Soto

JAEN-PERU, DICIEMBRE, 2021

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 01 de abril del año 2022; siendo las 12:00 pm horas, se reunieron mediante el aplicativo de videoconferencias Google Meet (meet.google.com/ckv-tzri-qtq) los miembros del Jurado Evaluador:

Nombre	Cargo
M. Sc. Joseph Campos Ruiz	Presidente
Dr. Wilfredo Ruiz Camacho	Secretario
M. Sc. José Celso Paredes Carranza	Vocal

Para evaluar la Sustentación del Informe Final de:

- () Trabajo de Investigación
(X) Tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL MATERIAL SEDIMENTADO DE LA PISCIGRANJA DE TILAPIAS (*Oreochromis niloticus*) “RICO PEZ” Y SU POTENCIAL USO COMO BIOABONO PARA EL CULTIVO DEL CAFÉ” cuyo(s) autor(es) son los Bachilleres de los Juan Félix Jiménez García y Demnis Raúl Sayago Granda de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, el Jurado Evaluador acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

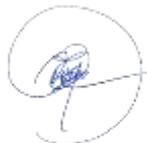
Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	(17)
Bueno	14, 15	()
Regular	13	()
Desaprobado	12 ò menos	()

Siendo las 01:00 p.m horas del mismo día, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



M. Sc. Joseph Campos Ruiz
Presidente Jurado Evaluador



Dr. Wilfredo Ruiz Camacho
Secretario(a) Jurado Evaluador



M Sc. José Celso Paredes Carranza
Vocal/Vocal Jurado Evaluador

INDICE

	Pág.
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Materiales.....	15
3.1.1. Equipos, materiales del laboratorio de química.....	15
3.1.2. Equipos y materiales de campo.....	15
3.2. Ubicación del área de estudio.....	15
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
6.1. Conclusiones.....	53
6.2. Recomendaciones.....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Distribución y Codificación de las Muestras	17
Tabla 2. Técnicas empleadas en el Laboratorio Para la Caracterización de las Muestras	17
Tabla 3. pH del material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3	19
Tabla 4. Análisis de varianza de las medias del pH.....	20
Tabla 5. Comparaciones en parejas de Tukey.....	20
Tabla 6. Conductividad eléctrica (dS/m) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	21
Tabla 7. Análisis de Varianza de las Medias de las Mediciones de la Conductividad Eléctrica	22
Tabla 8. Comparación en parejas de Tukey	22
Tabla 9. Materia Orgánica (%MO) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3	23
Tabla 10. Análisis de varianza de las medias de la materia orgánica	24
Tabla 11. Comparación de parejas de Tukey para la materia orgánica	24
Tabla 12. Nitrógeno (%N) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	25
Tabla 13. Análisis de Varianza de las Medias de Nitrógeno	26
Tabla 14. Comparación en Parejas de Tukey.....	26
Tabla 15. Anhídrido fosfórico (%P ₂ O ₅) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	27
Tabla 16. Análisis de varianza de las Medias del Anhídrido Fosfórico	28
Tabla 17. Comparación en Parejas de Tukey.....	28
Tabla 18. Óxido de Potasio (%K ₂ O) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	29
Tabla 19. Análisis de Varianza de las Medias del Óxido de Potasio.....	30
Tabla 20. Comparación en Parejas de Tukey.....	30
Tabla 21. Óxido de calcio (%CaO) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3	31
Tabla 22. Análisis de Varianza de las Medias del Óxido de Calcio	32
Tabla 23. Comparación en Parejas de Tukey.....	32
Tabla 24. Óxido de Magnesio (%MgO) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	33
Tabla 25. Análisis de Varianza de las Medias del Oxido de Magnesio.....	34
Tabla 26. Comparación en Parejas de Tukey.....	34
Tabla 27. Sodio (%Na) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	35
Tabla 28. Análisis de Varianza de las Medias del Sodio	36
Tabla 29. Comparación en Parejas de Tukey.....	36

Tabla 30. Hierro (ppm Fe) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	37
Tabla 31. Análisis de Varianza de las Medias del fierro	38
Tabla 32. Comparación en Parejas de Tukey.....	38
Tabla 33. Cobre (ppm Cu) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3.....	39
Tabla 34. Análisis de Varianza de las Medias del Cobre.....	40
Tabla 35. Comparación en Parejas de Tukey.....	40
Tabla 36. Zinc (ppm Zn) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3	41
Tabla 37. Análisis de Varianza de las Medias del Zinc	42
Tabla 38. Comparación en Parejas de Tukey.....	42
Tabla 39. Manganeseo (ppm Mn) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3	43
Tabla 40. Análisis de Varianza de las Medias del Manganeseo.....	44
Tabla 41. Comparación en Parejas de Tukey.....	44
Tabla 42. Boro (ppm B) del Material Sedimentado de los Lotes 1, 2 y 3	45
Tabla 43. Análisis de Varianza de las Medias del Boro	46
Tabla 44. Comparación en Parejas de Tukey.....	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de extracción de muestras del área a estudiar, forma de rectángulo	16
Figura 2. Dimensiones de la piscigranja de tilapias - Rico Pez.....	16

RESUMEN

La acuicultura genera una gran demanda de sedimentos ricos en nutrientes que podrían emplearse en la agricultura. En la presente investigación se caracterizó los parámetros fisicoquímicos del material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez” (pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn y Zn), con la finalidad de evaluar la potencialidad de dicho sedimento para ser considerado como un bioabono para el cultivo del café. Para la obtención de las muestras de sedimento de la piscigranja se sectorizaron tres lotes, recolectando 8 muestras de 1Kg c/u, por lote. Con los resultados obtenidos, se analizó la diferencia de varianzas de las medias (ANOVA) por el método de Tukey, para un solo factor, para un nivel de significancia (p-value <0.05) empleando el software minitab. Se concluyó que el material sedimentado si puede ser empleado como un bioabono para el cultivo de café, cumpliendo con los requerimientos para dicho cultivo, reportándose valores óptimos en calcio, magnesio, potasio y sodio, pH ligeramente alcalino adecuado para estabilizar suelos con problemas de acidez, también puede emplearse en suelos con deficiencias en Fe, Cu, Zn, Mn, B ya que los resultados obtenidos de estos parámetros son valores altos.

Palabras clave: Bioabono, sedimentos, piscigranja, acuicultura, café.

ABSTRACT

Aquaculture creates a high demand for nutrient-rich sediments that could be used in agriculture. In the present investigation, the physicochemical parameters of the sedimented material of the tilapia fish farm (*O. niloticus*) "Rico Pez" (pH, CE, MO, N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn and Zn), in order to evaluate the potential of said sediment to be considered as a bio-fertilizer for coffee cultivation. To obtain sediment samples from the fish farm, three batches were sectorized, collecting 8 samples of 1Kg each, per batch. With the results obtained, the difference of variances of the means (ANOVA) was analyzed by the Tukey method, for a single factor, for a level of significance (p-value <0.05) using the minitab software. It was concluded that the sedimented material can be used as a bio-fertilizer for the cultivation of coffee, complying with the requirements for said cultivation, reporting optimal values in calcium, magnesium, potassium and sodium, slightly alkaline pH suitable to stabilize soils with acidity problems. It can also be used in soils with deficiencies in Fe, Cu, Zn, Mn, B since the results obtained from these parameters are high values.

Keywords: Bio-fertilizer; fish farm sediments; aquaculture, coffee.

I. INTRODUCCIÓN

Pis *et al.* (2015) manifiesta que, se realizaron dos muestreos en la Granja de Alevinaje de *Clarias gariepinus* (pez gato africano) de la UEB La Paila, enclavada en el kilómetro 75 de la Autopista Nacional Pinar del Río - Habana, en el municipio San Cristóbal, provincia Artemisa, Cuba. Se tomaron muestras de sedimento en las diferentes piscinas (alevinaje hasta ceba) y toma de abasto. Se determinaron indicadores físico-químicos, microbiológicos, bacteriológicos y caracterización del fitoplancton. El sedimento de los estanques de ceba y pre ceba de *Clarias* experimentó un aumento del % de Carbón Orgánico en la época de lluvia, pero sin sobrepasar los niveles propios para sedimentos no contaminados (3%) según NC 25,1999 (p. 6).

Intesal (2012) citado por Treupil (2014) manifiesta que, una encuesta al 40% de las pisciculturas nacionales, permitió conocer una media anual de lodos de 158m³ por piscicultura, lo cual llevó a un valor estimado de 17.000 m³ de lodos generados por toda la industria. De ellos, el 70% se generó entre la región de La Araucanía y la región de Los Lagos (p. 7).

Treupil (2014) indica que a partir del estudio de parámetros fisicoquímico y biológico, de lodos producidos en dos tipos de piscigranjas, una de flujo abierto y otra de recirculación, encontró que estaban compuestos principalmente por materia fecal de los peces y además, restos de alimento no consumidos, la concentración del zinc total en el lodo residual crudo de piscigranja de flujo abierto se obtuvieron 770,1 mg/Kg (marzo), 776,4 mg/Kg (mayo), 729,0 mg/Kg (julio), 929,1 mg/Kg (septiembre) y 1205,5 mg/Kg todos en base seca; mientras que las concentraciones en el lodo residual crudo de piscicultura de recirculación se obtuvieron 1015,4 mg/Kg (marzo), 1207,3 mg/Kg (mayo), 992,6 mg/Kg (julio), 971,3 mg/Kg (septiembre) y 1235,9 mg/Kg octubre también en base seca. En muestras del lodo residual en piscicultura de flujo abierto las concentraciones de nitrógeno total y fósforo total, presentan un rango que fluctúa entre 26,7 a 96,4 g/kg y un 29,4 a 47,3 g/kg base seca respectivamente. La concentración de nitrógeno total fluctúa en un rango de 27,8 a 89,1 g/kg base seca y para el fósforo total se observa un rango entre 31,4 a 64,8 g/kg base seca en muestras del lodo residual en piscicultura de recirculación. La materia orgánica en muestras de lodo residual en piscigranja de flujo abierto fluctúa entre 56,6 a 70,4% y en la mientras de lodo residual de picigranjas de recirculación entre 57,3 y 68,7%. (pp. 39-42)

Yossa *et al.* (2014) , en su investigación realizaron comparaciones de las caracterizaciones fisicoquímicas de sedimentos de estanques piscícolas comerciales entre la especie cachama

blanca (*Piaractus brachypomus*) y tilapia roja (*Oreochromis* sp), encontrando diferencias significativas en el caso del calcio ($P < 0.05$). Para el caso del pH, potasio y cobre ($P < 0.01$). Entre tanto, la materia orgánica, el fósforo disponible ($P < 0.05$). También determinó que el valor medio de materia orgánica fue de 1.8% para la especie de tilapia roja, lo cual nos conlleva a detallar que podría estar asociado con la acción bioturbadora de la especie que contribuye con el proceso de mineralización de la materia orgánica. (p. 286)

González (2015) indica que, se realizaron tres muestreos con una diferencia de 45 días, el análisis de la granja mixta de producción de trucha arco iris, ubicada en el municipio de Guasca, Cundinamarca, se analizaron los parámetros de pH, nitrógeno total, nitrógeno amoniacal, fósforo total; referente al nitrógeno amoniacal se obtuvo un único registro para la granja (0,01 g 100g-1), que se considera bajo y por debajo de los valores máximos permitidos, mientras que el fósforo total no se encontraron diferencias significativas entre los sitios de estudio (0,10 g 100g-1); esto ratifica que la concentración de fósforo en la solución de sedimento generalmente es muy baja y no refleja la cantidad de fósforo disponible que las plantas acuáticas pueden potencialmente absorber para su normal crecimiento. (p. 88)

PRODUCE (2016) citado por Torres de la Cruz (2019), sostiene que existen alrededor de 12000 recursos lénticos (lagos, lagunas) a nivel nacional, debiendo determinar su potencialidad para el desarrollo de actividades acuícolas en razón a que se encuentran en la zona andina de difícil acceso y por su configuración topográfica. Alrededor de 600 recursos han sido evaluados por las Direcciones Regionales de la Producción a nivel nacional, que incluyen ríos y lagunas cuyos resultados indican que pueden ser utilizados con fines acuícolas (p.19).

Huamancaja (2016), para su experimentación los sedimentos de piscigranja utilizados tuvieron un 88 pH cercano al neutro (pH = 6.94), sin problema de exceso de sales (CE = 1,47 dS/m), con un contenido bajo de carbono orgánico, si lo comparamos a otros materiales orgánicos (CO = 6,72%), y en general con bajo contenido de nutrientes, comparado con materiales compuestos de nutrientes que se agregan al suelo con fines de incrementar la fertilidad y suplir con nutrientes a las plantas cultivadas. (p. 87)

Según Rodríguez (1993) citado por Huamancaja (2016) señala que el alimento de la trucha arco iris contiene fósforo, el cual, 15% es utilizado en la producción de peces, mientras que del 85% restante, una parte es liberado como desecho soluble y un porcentaje mayor es descargado como desecho sólido (p. 35).

Macedo (2014) Aplicando la prueba de Tukey para los tratamientos en estudio, se detectó diferencias estadísticas, donde el tratamiento Guano de isla (300 g/plta) registró el mayor peso de 100 frutos con 271.85 g, mostrando igualdad estadística con el tratamiento Guano de isla (400 g/plta) que registró 259.06 g, pero superior al resto de tratamientos, cuyos valores fluctuaron entre 256.31 y 206.12 g, correspondiente a los tratamientos Ekotron (200 g/plta) y Testigo. Fue evidente la respuesta favorable del cafeto a los abonos orgánicos, si comparamos los pesos logrados con el tratamiento testigo (Sin abono); el tratamiento Guano de isla (300 g/plta) obtuvo un peso superior en un 24.18% sobre el tratamiento testigo, mientras que el tratamiento Humus (200 g/planta) que obtuvo el menor peso con 239.85 g. Entre los tratamientos con abono orgánico fue superior en un 14.06%. (p. 31)

Naylor (2001) manifiesta que, en la composición química del material sedimentable conformado por desechos fecales de pescado, recolectadas en 12 granjas comerciales que cultivan trucha arco iris (*Oncorhynchus mykissen*) Ontario, Canadá. Las muestras contenían un promedio de 2,83% de nitrógeno (N), 2,54% de fósforo (P), 0,10% de potasio (K), 6,99% de calcio (Ca) y 0,53% de magnesio (Mg) en peso seco. Las concentraciones de los metales, arsénico (As), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), hierro (Fe), mercurio (Hg), manganeso (Mn), níquel (Ni), plomo (Pb). , también se midieron selenio (Se) y zinc (Zn). Las concentraciones medias de estos metales variaron de 0.05 mg / kg para Hg a 1.942 mg / kg para Fe. El estiércol de pescado fresco tiene niveles similares de N, P, Ca y Mg, y niveles más bajos de K en comparación con el estiércol de carne de res, ganado lechero, aves de corral y cerdos. El estiércol de pescado tendía a tener un mayor contenido de Mn, Cd, Cr, Pb, Fe y Zn que la mayoría de los demás estiércol de ganado, pero tenía niveles más bajos de As, Se, Co y Ni. El contenido de cobre (Cu) del estiércol de pescado fue similar al de todos los demás estiércol de ganado. Los resultados de este estudio indican que el estiércol de pescado fresco es similar en su composición química a otros estiércoles de ganado y debería ser adecuado para su uso como fertilizante agrícola. Además, se espera que estos datos también ayuden a las agencias reguladoras y los agricultores a tomar decisiones sensatas y pragmáticas con respecto a la eliminación adecuada y segura de los desechos de estiércol recolectados en las instalaciones de cultivo de truchas en tierra.

El problema de investigación fue determinar la potencialidad del material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”, para ser considerado un bioabono para el cultivo del café.

El propósito fue encontrar una alternativa al uso de los fertilizantes sintéticos empleados en el cultivo de café, partiendo del conocimiento de la composición química del material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”.

El trabajo se justifica debido a que las actividades antrópicas generan niveles cada vez mayores de contaminación del recurso hídrico. Los contaminantes que con mayor frecuencia se ha pretendido remover del agua son: los sólidos por su rápido efecto sobre la apariencia del líquido, la materia orgánica (MO) por el alto consumo de oxígeno necesario para su estabilización y los microorganismos por la posible transmisión de enfermedades por agentes patógenos.

Sin embargo, no menos importantes que los anteriores, nutrientes como el nitrógeno (N) y el fósforo generan importantes impactos sobre los cuerpos de agua ya que pueden incidir en la estabilidad de los ecosistemas acuáticos, la eutrofización y la incorporación de niveles tóxicos que pueden afectar a las comunidades biológicas y a la salud humana, inclusive en muy bajas concentraciones. (Cárdenas, 2013, p. 2)

La acuicultura impacta en el medio ambiente a través de tres procesos: el consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación del producto final. Para producir el alimento de especies carnívoras, como los salmónidos, se está generando una alta presión sobre los bancos de peces. Además, la intervención intensiva que generan las prácticas acuícolas va degradando el medio ambiente: primero por la utilización del agua que recibe grandes cantidades de desechos, como el alimento no consumido por los peces que sedimenta el fondo marino, dañando un espacio que no sólo es utilizado por los peces cultivados sino también por otras especies. Segundo porque se introducen antibióticos y sustancias químicas al ecosistema, necesarias para realizar la actividad. Además, la introducción de ovas foráneas aumenta la probabilidad de expansión de enfermedades en el medio, entre otros impactos. Finalmente se genera una enorme cantidad de desechos en el proceso de faena del producto que muchas veces termina en los cursos de agua. A esto se agrega que una significativa porción de los nutrientes queda disuelta en la columna de agua, produciendo fenómenos de eutrofización. (Oré, 2016, p.7)

Debido a que existen pocos reportes de calidad de los lodos generados en nuestro país, se consideró prioritario un estudio de lodos sedimentados de piscigranjas en cuanto a producción y calidad de los mismos. Estudios de esta índole pueden dar como resultado un esquema de la situación general de las piscigranjas en la crianza de tilapia (*O. niloticus*) en el país, a la vez que permiten sentar las bases del manejo y utilización de los lodos a escala nacional.

De acuerdo a lo mencionado, se investigó en la caracterización y se dio a conocer el potencial bioabono del material sedimentado de las piscigranjas, donde se crían tilapias para el consumo humano, generando alternativas viables para el aprovechamiento de los sedimentos, en un contexto de desarrollo sostenible y en concordancia con un enfoque de economía circular, por lo tanto la necesidad de reemplazar fertilizantes sintéticos, que a lo largo de las campañas de cultivos, generan erosión en los suelos debido al exceso de sales y también infiltración de productos químicos inorgánicos acumulativos no biodegradables en aguas subterráneas. La investigación ayudará en beneficios sociales, ambientales y económicos para los piscicultores de tilapias de la localidad, ya que podrán contar con el conocimiento de los macronutrientes, elementos secundarios y micronutrientes que posee este residuo, no permitiendo una deficiente gestión de los lodos, que generalmente son descargados a las aguas superficiales.

Esta investigación abrirá el camino a nuevas investigaciones científicas, en la producción de nuevos biofertilizantes, que serán empleados en el cultivo del café, pues las exigencias internacionales apuntan a una producción totalmente orgánica.

I. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Describir la potencialidad biofertilizante del material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”, a partir de su caracterización fisicoquímica, para poder ser utilizado en el cultivo del café.

2.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar el potencial de iones hidrógeno, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, boro, cobre, hierro, manganeso y zinc del material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”.
- Analizar la potencialidad del bioabono del material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”- respecto a los parámetros caracterizados, para el cultivo del café.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

2.1.1. Equipos, materiales del laboratorio de química

Estufa, mortero, pilón, tamiz malla 2.00 mm, bolsas plásticas.

2.1.2. Equipos y materiales de campo

- **Equipos**

GPS y cámara fotográfica

- **Materiales de campo**

Baldes, bolsas, sacos de rafia, guantes, bolsas con cierre.

2.2. Ubicación del área de estudio

3.2.1. Localización del área de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Centro Poblado “La Poshura”, provincia de Jaén, ubicado aproximadamente a 552.13 m.s.n.m.; Este: 751257, Norte: 9369571.

3.3. Población

Material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) – Rico Pez.

3.4. Muestra

24 kilos de material sedimentado, sectorizado en tres lotes cada uno de 8 muestras de 1 kg, del cual se caracterizará 1kg de cada lote.

3.5. Muestreo

Adaptado de Ministerio del Ambiente, (2014) que indica, si el área de muestreo es de forma regular de un rectángulo, el número de muestras y distribución, será de una muestra en cada pared corta (2), dos en cada pared larga (4) y dos en el fondo (2), total 8 muestras.

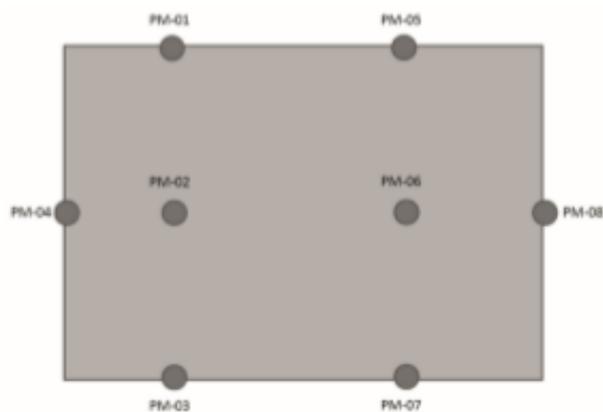


Figura 1. Puntos de extracción de muestras del área a estudiar, forma de rectángulo

3.6. Fuentes de información

La fuente de información primaria se basó en el estudio en la georreferenciación y dimensionamiento de la superficie de la piscigranja y los resultados del ensayo de caracterización del material sedimentado. La fuente de información secundaria fue el material de información como tesis, artículos, manuales, folletos y libros. Todas estas de naturaleza científica.

3.7. Método

El método de investigación fue inductivo deductivo

3.8. Procedimiento utilizado

La investigación se realizó en CC.PP. La Poshura, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. El estudio in situ es la Piscigranja “Rico Pez” donde se da la crianza de tilapia (*O. niloticus*) El muestreo del material sedimentado fue realizado durante la época de cosecha de tilapias.

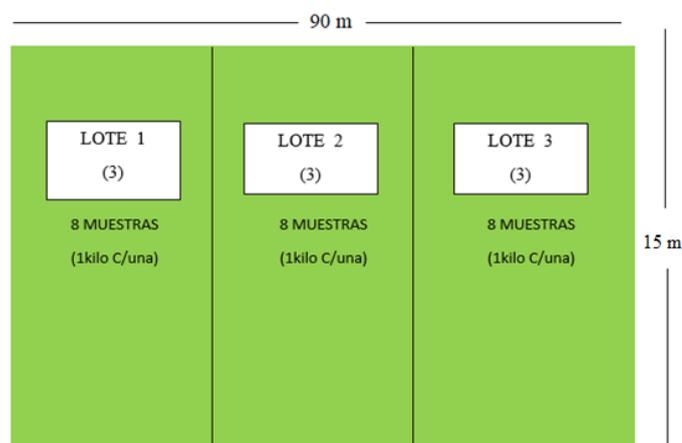


Figura 2. Dimensiones de la piscigranja de tilapias - Rico Pez

La superficie de la piscigranja fue dividida en tres lotes, de cada lote se obtuvieron 8 muestras de un kilo cada una. MINAM (2014)

Las 24 muestras con sedimento húmedo, se secaron al medio ambiente bajo sombra, por aproximadamente 7 días. En el laboratorio se continuó con el secado en estufa a 80 -85°C, para evitar pérdidas de carbono por secado. El secado fue hasta peso constante aproximadamente 5 días. Las muestras secas fueron molidas en mortero. Sobre una mesa de trabajo las 8 muestras de un kilo cada una, pertenecientes al lote 1, fueron mezcladas y finalmente pasadas por un tamiz de abertura de poro de 2.00 mm. De esta mezcla se obtuvieron tres muestras representativas de 2 kilos cada una. Cada muestra fue codificada con las letras M (muestra) y L (lote), como se muestra en la tabla. Se procedió de la misma forma con las muestras de los lotes 2 y 3. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tabla 1. Distribución y codificación de las muestras

Muestra (M)	Lote 1(L1)	Lote 2 (L2)	Lote 3 (L3)
M1	M1L1	M1L2	M1L3
M2	M2L1	M2L2	M2L3
M3	M3L1	M3L3	M3L3

3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de resultados

Se realizó el ensayo de caracterización

Tabla 2. Técnicas empleadas en el laboratorio para la caracterización de las muestras

Parámetro	Unidades	Técnica
pH	Unidades de pH	Potenciometría
Conductividad eléctrica	dS/cm	Conductivimetría
Materia orgánica	%	Wlakley Black
Nitrógeno	%	Kjendall
Anhidrido fosfórico	%P ₂ O ₅	Olsen
Óxido de potasio	%K ₂ O	Fotometría de flama
Óxido de calcio	%CaO	Volumetría de complejos
Óxido de magnesio	%MgO	Volumetría de complejos
Sodio	%Na	Fotometría de llama

Hierro	ppmFe	Absorción atómica
Cobre	ppmCu	Absorción atómica
Zinc	ppm Zn	Absorción atómica
Manganeso	ppmMn	Absorción de manganeso
Boro	ppmB	Absorción atómica

3.10. Análisis de datos

Con los resultados del ensayo de caracterización, se analizó la diferencia de varianzas de las medias (ANOVA) por el método de Tukey, para un solo factor, para un nivel de significancia (p-value <0.05) empleando el software minitab. El objetivo de la caracterización fue encontrar diferencias significativas por cada parámetro, entre los resultados por lote. Para la potencialidad se comparó los resultados de los promedios de los parámetros por cada lote, con los requerimientos máximos y mínimos, para el cultivo del café.

III. RESULTADOS

4.1. Caracterización y potencialidad del potencial de iones hidrógeno (pH) en el material sedimentado

4.1.1. Caracterización del potencial de iones hidrógeno (pH)

En la tabla 3 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro pH

Tabla 3. pH del material sedimentado de los lotes 1,2 y 3

Código	pH	Código	pH	Código	pH
L1M1	7.39	L2M1	7.48	L3M1	7.34
L1M2	7.38	L2M2	7.45	L3M2	7.30
L1M3	7.38	L2M3	7.46	L3M3	7.32

L: Lote y M: Muestra

4.1.2. Análisis estadístico de la caracterización del pH

En la tabla 4 se observan los resultados obtenidos de la medición del pH al analizar la varianza de un solo factor para el pH, se pudo observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de las mediciones en unidades de pH. Se plantearon las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las mediciones de pH.

Ho: Todas las medias de valores de las mediciones de pH son iguales en los lotes 1, 2 y 3

H i: No todas las medias de valores de las mediciones de pH son iguales en los lotes 1, 2 y 3

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianza para el análisis

La prueba de hipótesis se obtuvo de la tabla de análisis de varianza, aquí se observó que, el valor de probabilidad p-value < 0.05 por lo tanto se aceptó la hipótesis alterna, al menos un valor de las medias de las mediciones de pH fue diferente.

Tabla 4. Análisis de varianza de las medias del pH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.030956	0.015478	69.65	0.000
Error	6	0.001333	0.000222		
Total	8	0.032289			

En la tabla 5 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las mediciones de pH en los lotes, se observa que todas las medias son diferentes, ya que no existen agrupaciones compartidas. El lote 2 arroja el mayor valor de la media de las mediciones de pH, seguido de los lotes 1 y 3, este último dio el menor valor. Eso quiere decir, que el valor de la medición del pH del material sedimentado, es diferente en toda la piscigranja. Esto probablemente se deba a la distribución, del alimento, la temperatura y otros factores.

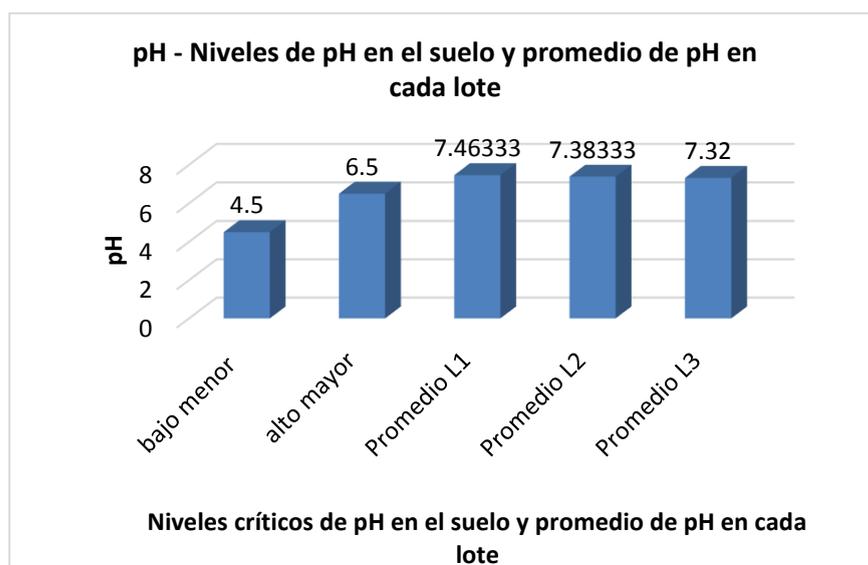
Tabla 5. Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 2	3	7.46333	A
LOTE 1	3	7.38333	B
LOTE 3	3	7.3200	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.1.3. Potencialidad del potencial de iones hidrógeno (pH)

En la figura 3 se observa que, los valores de máxima potencialidad para el cultivo de café, se encuentran entre 4.5 y 6.5 unidades de pH. Sin embargo, los valores de los lotes (L1 = 7.46, L2 = 7.38 y L3 = 7.32) superan dicho rango.



L1: Lote 1, L2: Lote 2, L3: Lote 3

Figura 3. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del pH para el cultivo del café.

4.2. Caracterización y potencialidad de la conductividad eléctrica (CE) en el material sedimentado

4.2.1. Caracterización de la conductividad eléctrica (CE)

En la tabla 6 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro CE.

Tabla 6. Conductividad eléctrica (dS/m) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	CE (dS/m)	Código	CE (dS/m)	Código	CE (dS/m)
L1M1	2.61	L2M1	2.63	L3M1	2.52
L1M2	2.99	L2M2	2.84	L3M2	2.55
L1M3	2.83	L2M3	1.49	L3M3	1.52

L: Lote y M: Muestra

4.2.2. Análisis estadístico de la caracterización de la conductividad eléctrica

En la tabla 7 se observan los resultados obtenidos de la medición de la CE al analizar la varianza de un solo factor para la CE, se pudo observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de las mediciones en unidades de CE. Se plantearon las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las mediciones de C.E.

H₀: Todas las medias de valores de las mediciones de CE son iguales en los lotes 1, 2 y 3

H_i: No todas las medias de valores de las mediciones de CE son iguales en los lotes 1, 2 y 3

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

La prueba de hipótesis se obtuvo de la tabla de análisis de varianza, aquí se observó que, el valor de probabilidad p-value > 0.05 , por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna, que manifiesta que todos los valores de las medias de las mediciones de CE son diferentes.

Tabla 7. Análisis de varianza de las medias de las mediciones de la conductividad eléctrica

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.6315	0.3157	1.04	0.408
Error	6	1.8155	0.3026		
Total	8	2.4470			

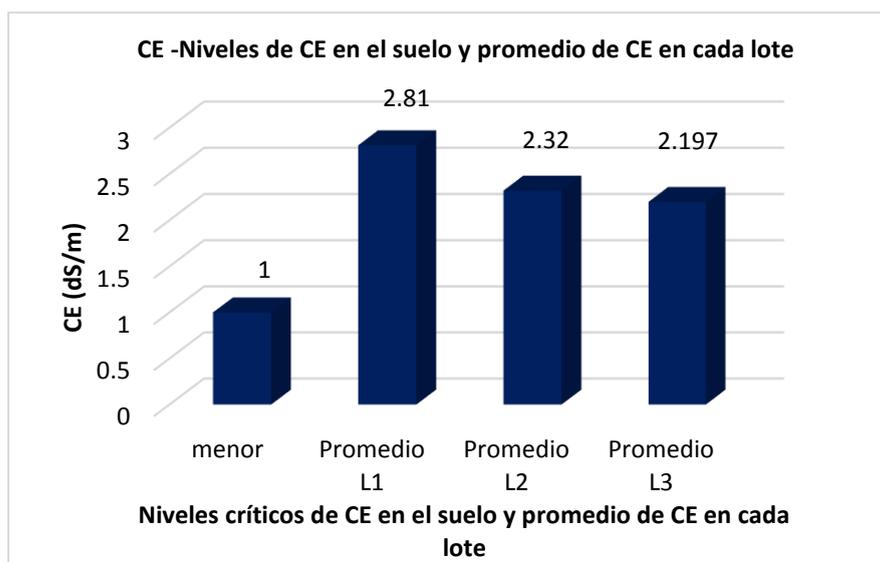
En la tabla 8 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las mediciones de CE en los lotes, se observa que, las tres agrupaciones son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones ente los lotes.

Tabla 8. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 1	3	2.810	A
LOTE 2	3	2.320	A
LOTE 3	3	2.197	A

4.2.3. Potencialidad de la conductividad eléctrica (CE)

En la figura 9 se observa que, el cultivo de café requiere baja conductividad eléctrica (< 1 dS/m), Sin embargo, los valores de los lotes (L1 = 2.81, L2 = 2.32 y L3 = 2.19 dS/m respectivamente) superan dicho rango.



L1: Lote 1, L2: Lote 2, L3: Lote 3

Figura 4. Comparación entre los requerimientos máximos de la CE para el cultivo del café

4.3. Caracterización y potencialidad de la materia orgánica (%MO) en el material sedimentado.

4.3.1. Caracterización de la materia orgánica (%MO)

En la tabla 9 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro MO

Tabla 9. Materia orgánica (%MO) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3

Código	%MO	Código	%MO	Código	%MO
L1M1	2.29	L2M1	2.29	L3M1	3.56
L1M2	4.32	L2M2	4.32	L3M2	3.05
L1M3	2.03	L2M3	2.03	L3M3	3.30

L: Lote y M: Muestra

4.3.2. Análisis estadístico de la caracterización de la materia orgánica

En la tabla 10 se observan los resultados obtenidos de la determinación de la materia orgánica, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de materia orgánica. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de la materia orgánica

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de materia orgánica son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

H i: No todas las medias de valores de las determinaciones de materia orgánica son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianza para el análisis

La prueba de hipótesis se obtuvo de la tabla 10 de análisis de varianza, aquí se observó que, el valor de probabilidad p-value > 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de la materia orgánica son iguales.

Tabla 10. Análisis de varianza de las medias de la materia orgánica

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.3584	0.1792	0.17	0.850
Error	6	6.4185	1.0697		
Total	8	6.7769			

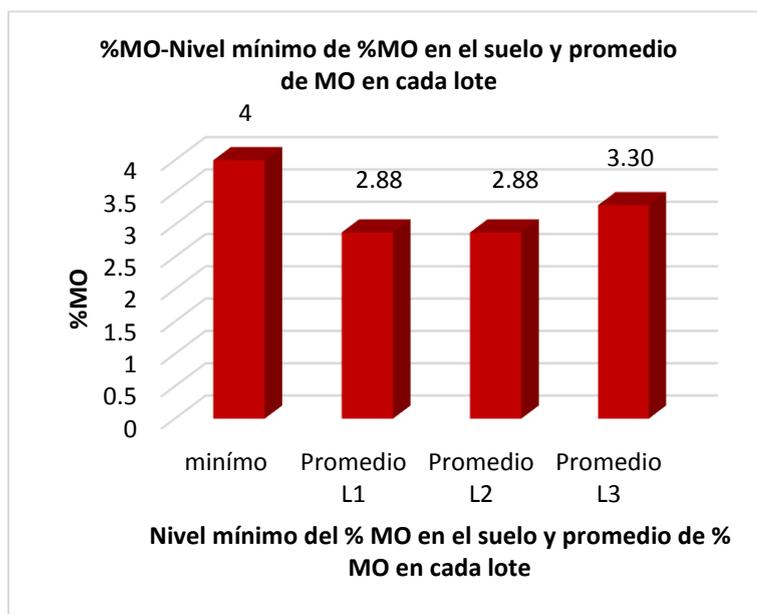
En la tabla 11 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones de la materia orgánica en los lotes, se observa que, las tres agrupaciones son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 11. Comparación de parejas de Tukey para la materia orgánica

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	3.303	A
LOTE 2	3	2.880	A
LOTE 1	3	2.880	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.3.3. Potencialidad de la materia orgánica (%MO)



L1: Lote 1, L2: Lote 2, L3: Lote 3

Figura 5. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del MO para el cultivo del café

4.4. Caracterización y potencialidad del nitrógeno (%N) en el material sedimentado

4.4.1. Caracterización en el material sedimentado.

En la tabla 12 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro nitrógeno

Tabla 12. Nitrógeno (%N) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3

Código	%N	Código	%N	Código	%N
L1M1	0.26	L2M1	0.28	L3M1	0.29
L1M2	0.28	L2M2	0.22	L3M2	0.29
L1M3	0.27	L2M3	0.21	L3M3	0.28

L: Lote y M: Muestra

4.4.2. Análisis estadístico de la caracterización del nitrógeno

Los resultados obtenidos de la determinación de nitrógeno, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de materia orgánica. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de nitrógeno

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de nitrógeno son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

H_i: No todas las medias de valores de las determinaciones de nitrógeno son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianza para el análisis

En la tabla 13 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad p-value > 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de nitrógeno son iguales.

Tabla 13. Análisis de varianza de las medias de nitrógeno

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.003889	0.001944	3.72	0.089
Error	6	0.003133	0.000522		
Total	8	0.007022			

En la tabla 14 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones de nitrógeno en los lotes, se observa que, las tres agrupaciones son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 14. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	0.28667	A
LOTE 1	3	0.27000	A
LOTE 2	3	0.2367	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.4.3. Potencialidad del nitrógeno (%N)

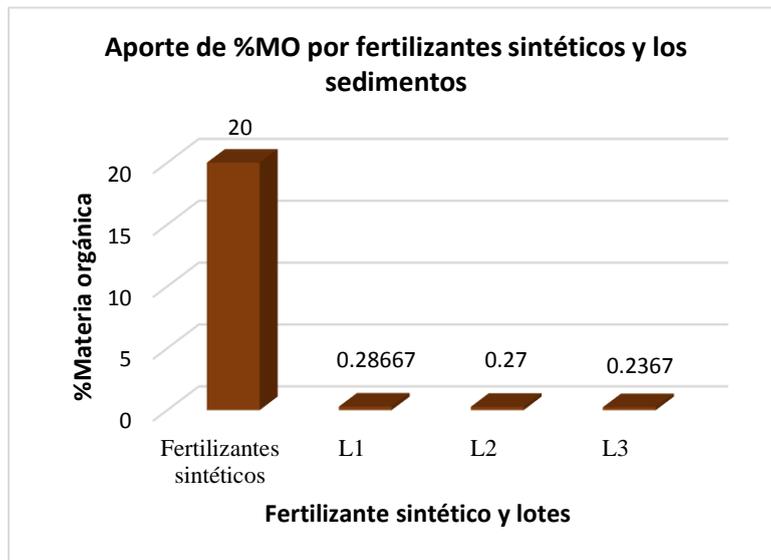


Figura 6. Comparación entre el aporte de nitrógeno por fertilizante sintético y los lotes

4.5. Caracterización y potencialidad del anhídrido fosfórico (% P₂O₅) en el material sedimentado.

4.5.1. Caracterización del anhídrido fosfórico (% P₂O₅)

En la tabla 15 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro Nitrógeno

Tabla 15. Anhídrido fosfórico (%P₂O₅) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3

Código	%P ₂ O ₅	Código	%P ₂ O ₅	Código	%P ₂ O ₅
L1M1	0.22	L2M1	0.25	L3M1	0.20
L1M2	0.22	L2M2	0.22	L3M2	0.21
L1M3	0.21	L2M3	0.22	L3M3	0.24

L: Lote y M: Muestra

4.5.2. Análisis estadístico de la caracterización del anhídrido fosfórico

Los resultados obtenidos de la determinación de anhídrido fosfórico, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de anhídrido fosfórico. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de anhídrido fosfórico

H₀: Todas las medias de valores de las determinaciones de anhídrido fosfórico son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

H_i: No todas las medias de valores de las determinaciones de anhídrido fosfórico son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 16 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad p-value > 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones del anhídrido fosfórico son iguales.

Tabla 16. Análisis de varianza de las medias del anhídrido fosfórico

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.000356	0.000178	0.70	0.535
Error	6	0.001533	0.000256		
Total	8	0.001889			

En la tabla 17 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones de anhídrido fosfórico en los lotes, se observa que, las tres agrupaciones son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 17. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 2	3	0.2300	A
LOTE 3	3	0.2167	A
LOTE 1	3	0.21667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.5.3. Potencialidad del anhídrido fosfórico (% P₂O₅)

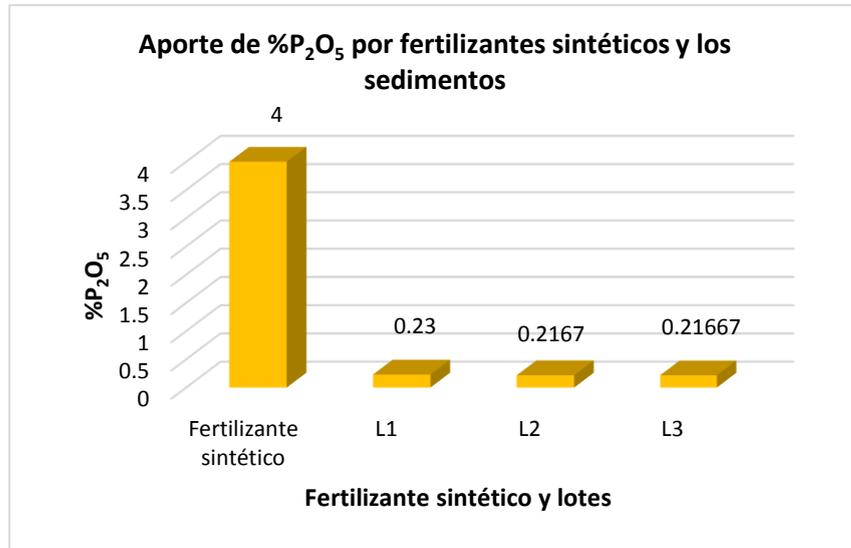


Figura 7. Comparación entre el aporte de P₂O₅ por fertilizante sintético y los lotes

4.6. Caracterización y potencialidad del óxido de potasio (%K₂O) en el material sedimentado.

4.6.1. Caracterización del óxido de potasio (%K₂O)

En la tabla 28 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro óxido de potasio.

Tabla 18. Óxido de potasio (%K₂O) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	%K ₂ O	Código	%K ₂ O	Código	%K ₂ O
L1M1	0.40	L2M1	0.52	L3M1	0.52
L1M2	0.44	L2M2	0.55	L3M2	0.55
L1M3	0.37	L2M3	0.36	L3M3	0.36

L: Lote y M: Muestra

4.6.2. Análisis estadístico de la caracterización del óxido de potasio

Los resultados obtenidos de la determinación de óxido de potasio, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de óxido de potasio. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de óxido de potasio

H₀: Todas las medias de valores de las determinaciones de óxido de potasio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

H i: No todas las medias de valores de las determinaciones de óxido de potasio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 18 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad p-value > 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de óxido de potasio son iguales.

Tabla 19. Análisis de varianza de las medias del óxido de potasio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.01076	0.005378	0.73	0.520
Error	6	0.04420	0.007367		
Total	8	0.05496			

En la tabla 19 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del óxido de potasio en los lotes, se observa que, las tres agrupaciones son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 20. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	0.4767	A
LOTE 2	3	0.4767	A
LOTE 1	3	0.4033	A

4.6.3. Potencialidad del óxido de potasio (%K₂O)

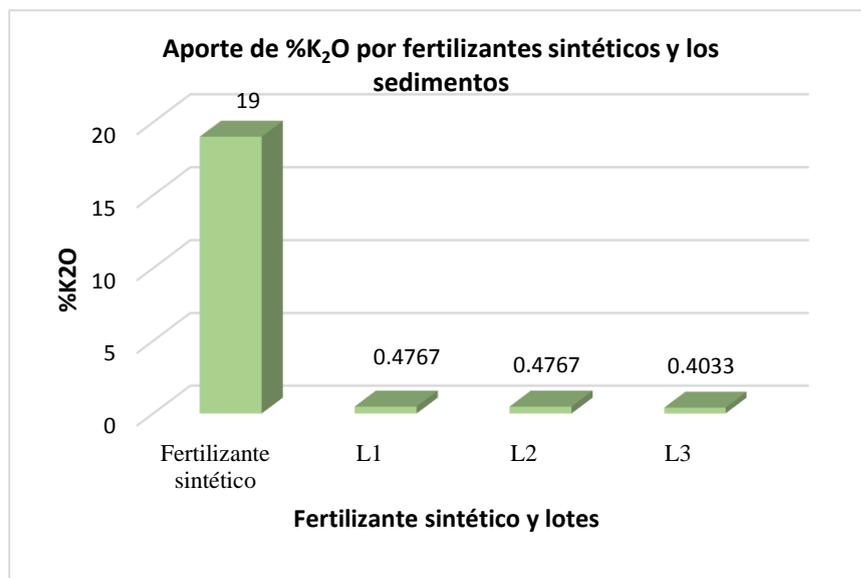


Figura 8. Comparación entre el aporte de K₂O por fertilizante sintético y los lotes.

4.7. Caracterización y potencialidad del óxido de calcio (%CaO) en el material sedimentado.

4.7.1. Caracterización del óxido de calcio (%CaO)

En la tabla 20 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro óxido de potasio.

Tabla 21. Óxido de calcio (%CaO) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	%CaO	Código	%CaO	Código	%CaO
L1M1	9.03	L2M1	9.03	L3M1	7.14
L1M2	7.91	L2M2	7.91	L3M2	6.79
L1M3	8.54	L2M3	8.54	L3M3	7.21

L: Lote y M: Muestra

4.7.2. Análisis estadístico de la caracterización del óxido de calcio

Los resultados obtenidos de la determinación de óxido de calcio, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de óxido de calcio. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de óxido de calcio

H₀: Todas las medias de valores de las determinaciones de óxido de calcio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

H_i: No todas las medias de valores de las determinaciones de óxido de calcio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 21 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad p-value > 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de óxido de calcio son iguales.

Tabla 22. Análisis de varianza de las medias del óxido de calcio.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	4.186	2.0928	9.22	0.015
Error	6	1.362	0.2270		
Total	8	5.548			

En la tabla 22 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del óxido de calcio en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1 y 2 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes. Sin embargo, el lote 2 presenta diferencia significativa frente al lote 1 y 2.

Tabla 23. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 2	3	8.493	A
LOTE 1	3	8.493	A
LOTE 3	3	7.047	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.7.3. Potencialidad del óxido de calcio (%CaO)

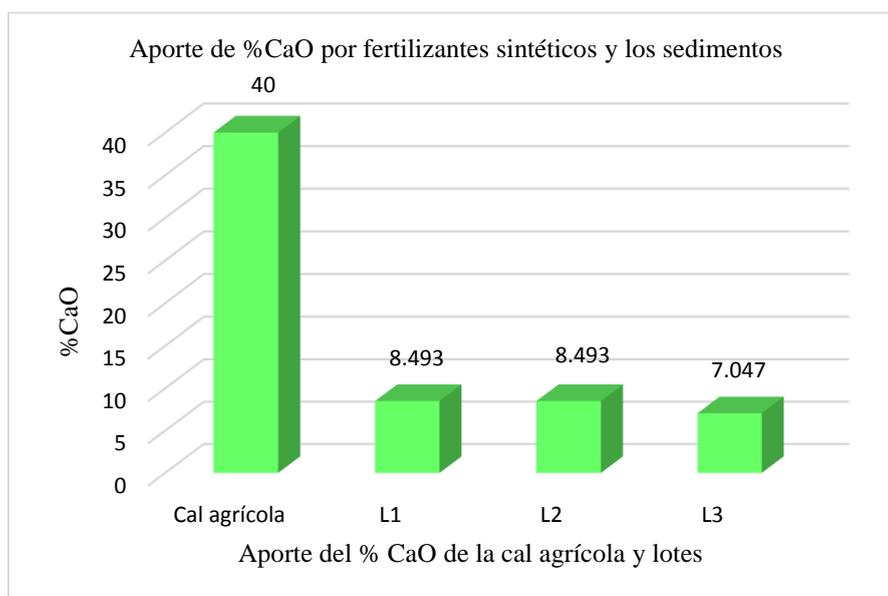


Figura 24. Comparación entre cal agrícola, para el cultivo del café

4.8. Caracterización y potencialidad del óxido de magnesio (%MgO) en el material sedimentado.

4.8.1. Caracterización del óxido de magnesio (%MgO)

En la tabla 23 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro óxido de magnesio.

Tabla 24. Óxido de magnesio (%MgO) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	%MgO	Código	%MgO	Código	%MgO
L1M1	1.17	L2M1	1.18	L3M1	1.47
L1M2	1.09	L2M2	1.15	L3M2	1.07
L1M3	1.21	L2M3	1.05	L3M3	1.16

L: Lote y M: Muestra

4.8.2. Análisis estadístico de la caracterización del óxido de magnesio

Los resultados obtenidos de la determinación de óxido de magnesio, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de óxido de magnesio. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de óxido de magnesio

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de óxido de magnesio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

H_i: No todas las medias de valores de las determinaciones de óxido de magnesio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 24 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad p-value > 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de óxido de magnesio son iguales.

Tabla 25. Análisis de varianza de las medias del óxido de magnesio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.01816	0.009078	0.52	0.619
Error	6	0.10480	0.017467		
Total	8	0.12296			

En la tabla 25 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del óxido de magnesio en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1, 2 y 3 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 26. Comparación en Parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	1.233	A
LOTE 1	3	1.1567	A
LOTE 2	3	1.1267	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.8.3. Potencialidad del óxido de magnesio (%MgO)

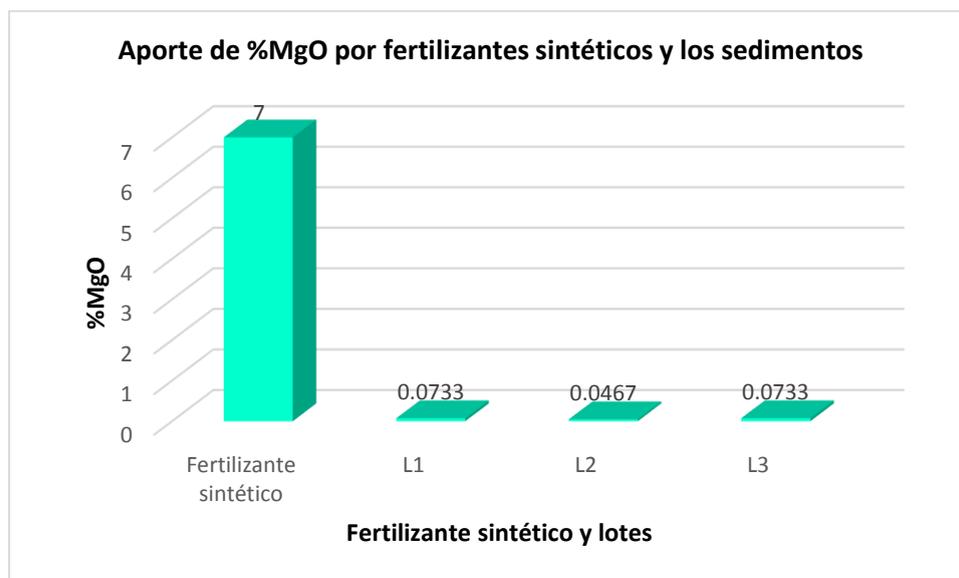


Figura 9. Comparación entre el aporte de MgO por fertilizante sintético y los lotes.

4.9. Caracterización y potencialidad de sodio (%Na) en el material sedimentado.

4.9.1. Caracterización de sodio (%Na)

En la tabla 26 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro sodio.

Tabla 27. Sodio (%Na) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	%Na	Código	%Na	Código	%Na
L1M1	0.10	L2M1	0.05	L3M1	0.04
L1M2	0.08	L2M2	0.05	L3M2	0.06
L1M3	0.04	L2M3	0.04	L3M3	0.12

L: Lote y M: Muestra

4.9.2. Análisis estadístico de la caracterización del sodio

Los resultados obtenidos de la determinación de sodio, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de sodio. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de sodio.

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de sodio son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Hi: No todas las medias de valores de las determinaciones de sodio son iguales en los lotes 1, 2 y 3

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 27 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de sodio son iguales.

Tabla 28. Análisis de varianza de las medias del sodio

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.001422	0.000711	0.79	0.496
Error	6	0.005400	0.000900		
Total	8	0.006822			

En la tabla 28 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del óxido de magnesio en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1, 2 y 3 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 29. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	0.0733	A
LOTE 1	3	0.0733	A
LOTE 2	3	0.04667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.9.3. Potencialidad del sodio (%NaO)

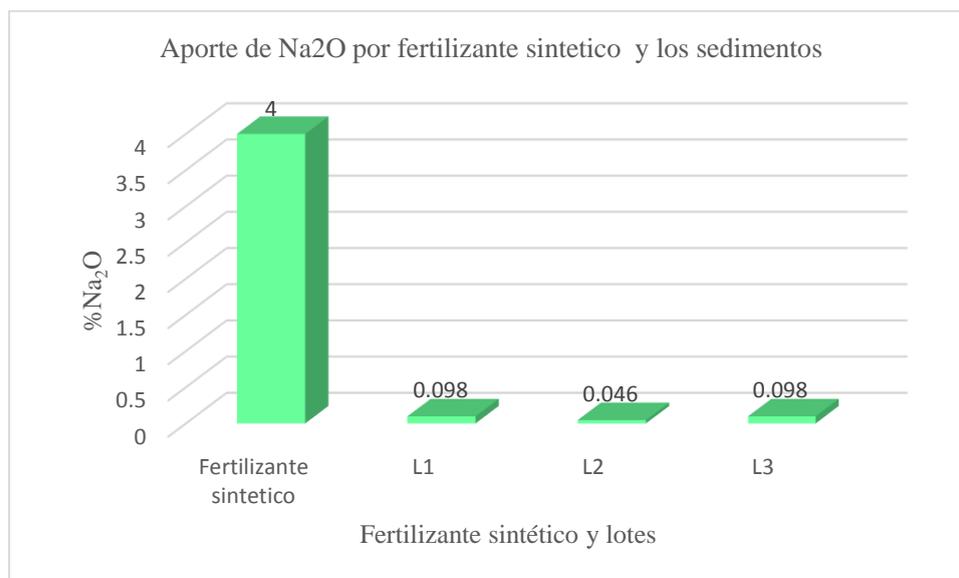


Figura 10. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del sodio, para el cultivo del café

4.10. Caracterización y potencialidad del hierro (ppm Fe) en el material sedimentado.

4.10.1. Caracterización del hierro (ppm Fe)

En la tabla 29 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro hierro.

Tabla 30. Hierro (ppm Fe) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3

Código	ppm Fe	Código	ppm Fe	Código	ppm Fe
L1M1	28250	L2M1	34425	L3M1	37055
L1M2	35575	L2M2	34195	L3M2	37710
L1M3	36435	L2M3	32245	L3M3	35935

L: Lote y M: Muestra

4.10.3. Análisis estadístico de la caracterización del hierro

Los resultados obtenidos de la determinación de hierro, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de hierro. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de hierro.

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de hierro son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Hi: No todas las medias de valores de las determinaciones de hierro son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 30 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones del hierro son iguales.

Tabla 31. Análisis de varianza de las medias del hierro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	22898539	11449269	1.53	0.291
Error	6	44943767	7490628		
Total	8	67842306			

En la tabla 32 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del hierro en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1, 2 y 3 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las mediciones entre los lotes.

Tabla 32. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	36900	A
LOTE 2	3	33622	A
LOTE 1	3	33420	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.10.4 Potencialidad del hierro (ppm Fe)



Figura 11. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del hierro, para el cultivo del café

4.11. Caracterización y potencialidad del cobre (ppm Cu) en el material sedimentado.

4.11.1. Caracterización del cobre (ppm Cu)

En la tabla 33 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro cobre.

Tabla 33. Cobre (ppm Cu) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	ppm Cu	Código	ppm Cu	Código	ppm Cu
L1M1	53	L2M1	48	L3M1	58
L1M2	55	L2M2	48	L3M2	61
L1M3	55	L2M3	46	L3M3	58

L: Lote y M: Muestra

4.11.2. Análisis estadístico de la caracterización del cobre

Los resultados obtenidos de la determinación de cobre, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de cobre. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de cobre.

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de cobre son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Hi: No todas las medias de valores de las determinaciones de cobre son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

La tabla 34 muestra el análisis de varianza, que permitió establecer la prueba de hipótesis, el valor de probabilidad p-value < 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, que manifiesta que al menos uno de los valores de las medias de las determinaciones del cobre es diferente.

Tabla 34. Análisis de varianza de las medias del cobre.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	206.89	103.444	54.76	0.000
Error	6	11.33	1.889		
Total	8	218.22			

En la tabla 35 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del cobre en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1, 2 y 3 no son compartidas, eso quiere decir que existe diferencia significativa en las determinaciones entre los lotes.

Tabla 35. Comparación en parejas de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	59.00	A
LOTE 1	3	54.333	B
LOTE 2	3	47.333	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.11.2. Potencialidad del cobre (ppm Cu)

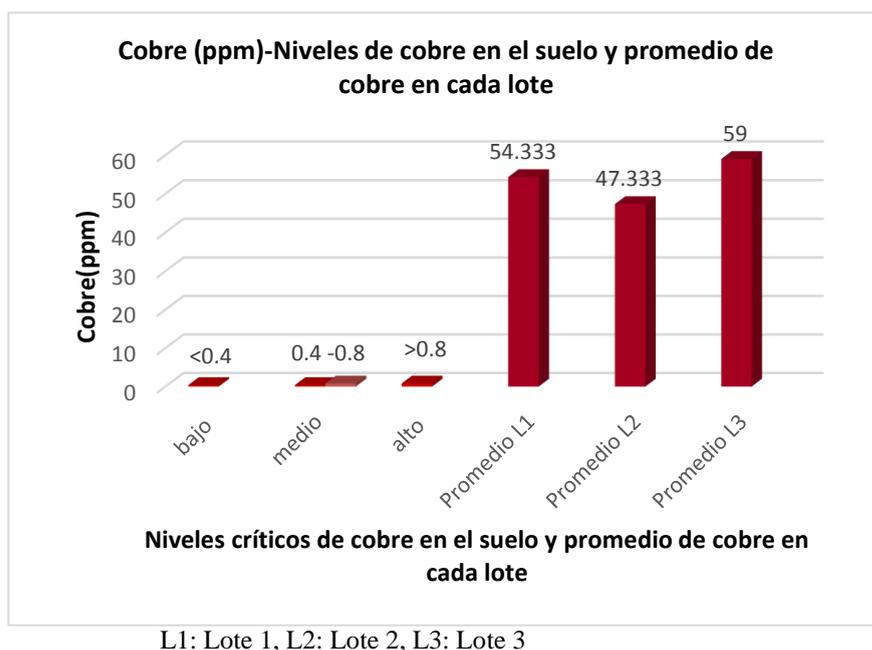


Figura 12. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del cobre, para el cultivo del café.

4.12. Potencialidad y caracterización del zinc (ppm Zn) en el material sedimentado.

4.12.1. Caracterización del zinc (ppm Zn)

En la tabla 36 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro zinc.

Tabla 36. Zinc (ppm Zn) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	ppm Zn	Código	ppm Zn	Código	ppm Zn
L1M1	114	L2M1	103	L3M1	142
L1M2	105	L2M2	107	L3M2	124
L1M3	114	L2M3	104	L3M3	120

L: Lote y M: Muestra

4.12.2. Análisis estadístico de la caracterización del zinc

Los resultados obtenidos de la determinación de zinc, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de zinc. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de zinc.

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de zinc son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Hi: No todas las medias de valores de las determinaciones de zinc son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

La tabla 37 muestra el análisis de varianza, que permitió establecer la prueba de hipótesis, el valor de probabilidad p-value < 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna, que manifiesta que al menos uno de los valores de las medias de las determinaciones del zinc es diferentes.

Tabla 37. Análisis de varianza de las medias del zinc.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	928.2	464.11	8.25	0.019
Error	6	337.3	56.22		
Total	8	1265.6			

En la tabla 38 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del zinc en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1 y 2 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las determinaciones entre estos lotes. Existe diferencia significativa entre lote 3 y los lotes 1 y 2.

Tabla 38. Comparación en parejas de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	128.67	A
LOTE 1	3	111.00	A B
LOTE 2	3	104.67	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.12.3. Potencialidad (ppm Zn)

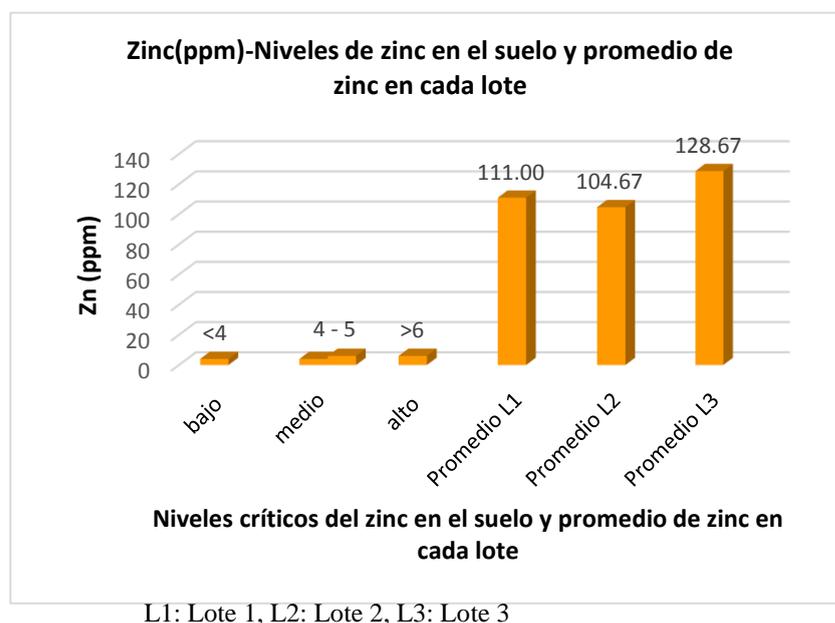


Figura 13. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del zinc, para el cultivo del café

4.13. Caracterización y potencialidad del manganeso (ppm Mn) en el material sedimentado.

4.13.1. Caracterización del manganeso (ppm Mn)

En la tabla 39 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro manganeso.

Tabla 39. Manganeso (ppm Mn) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	ppm Mn	Código	ppm Mn	Código	ppm Mn
L1M1	795	L2M1	751	L3M1	754
L1M2	790	L2M2	774	L3M2	719
L1M3	781	L2M3	806	L3M3	717

4.13.2. Análisis estadístico de la caracterización del manganeso

Los resultados obtenidos de la determinación de manganeso, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de manganeso. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de manganeso.

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de manganeso son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Hi: No todas las medias de valores de las determinaciones de manganeso son iguales en los lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

La tabla 40 muestra el análisis de varianza, que permitió establecer la prueba de hipótesis, el valor de probabilidad p-value < 0.05 , por lo tanto, se rechaza la hipótesis alterna, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones del manganeso son diferentes.

Tabla 40. Análisis de varianza de las medias del manganeso.

		SC			
Fuente	GL	Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	5787	2893.4	6.96	0.027
Error	6	2493	415.4		
Total	8	8280			

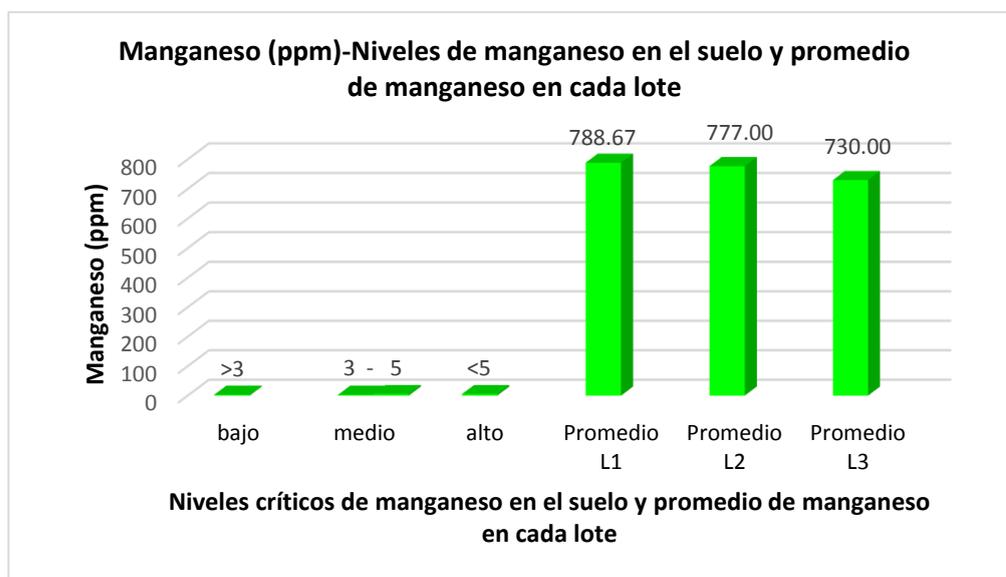
En la tabla 41 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del manganeso en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1 y 2 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las determinaciones entre estos lotes. Existe diferencia significativa entre lote 3 y los lotes 1 y 2.

Tabla 41. Comparación en parejas de Tukey.

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 1	3	788.67	A
LOTE 2	3	777.0	A B
LOTE 3	3	730.0	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.13.2. Potencialidad del manganeso (ppm Mn)



L1: Lote 1, L2: Lote 2, L3: Lote 3

Figura 14. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del manganeso, para el cultivo del café

4.14. Caracterización y potencialidad del boro (ppm B) en el material sedimentado.

4.14.1. Caracterización del boro (ppm B)

En la tabla 33 se muestran los resultados reportado por el laboratorio para el parámetro boro.

Tabla 42. Boro (ppm B) del material sedimentado de los lotes 1, 2 y 3.

Código	ppm B	Código	ppm B	Código	ppm B
L1M1	39	L2M1	44	L3M1	36
L1M2	40	L2M2	39	L3M2	49
L1M3	37	L2M3	34	L3M3	42

4.14.2. Análisis estadístico de la caracterización del boro

Los resultados obtenidos de la determinación de boro, fueron evaluados, para observar las diferencias significativas entre las respuestas, que en este caso fueron valores reportados de boro. Se planteó las siguientes hipótesis para el análisis de varianza de las medias de las determinaciones de boro.

Ho: Todas las medias de valores de las determinaciones de boro son iguales en los Lotes 1, 2 y 3.

H_i: No todas las medias de valores de las determinaciones de boro son iguales en los Lotes 1, 2 y 3.

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

En la tabla 43 se observa el análisis de la varianza, esto nos permitió establecer la prueba de hipótesis. El valor de probabilidad p-value > 0.05 , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que manifiesta que todos los valores de las medias de las determinaciones de boro son iguales.

Tabla 43. Análisis de varianza de las medias del boro.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	20.25	10.13	0.38	0.695
Error	9	240.67	26.74		
Total	11	260.92			

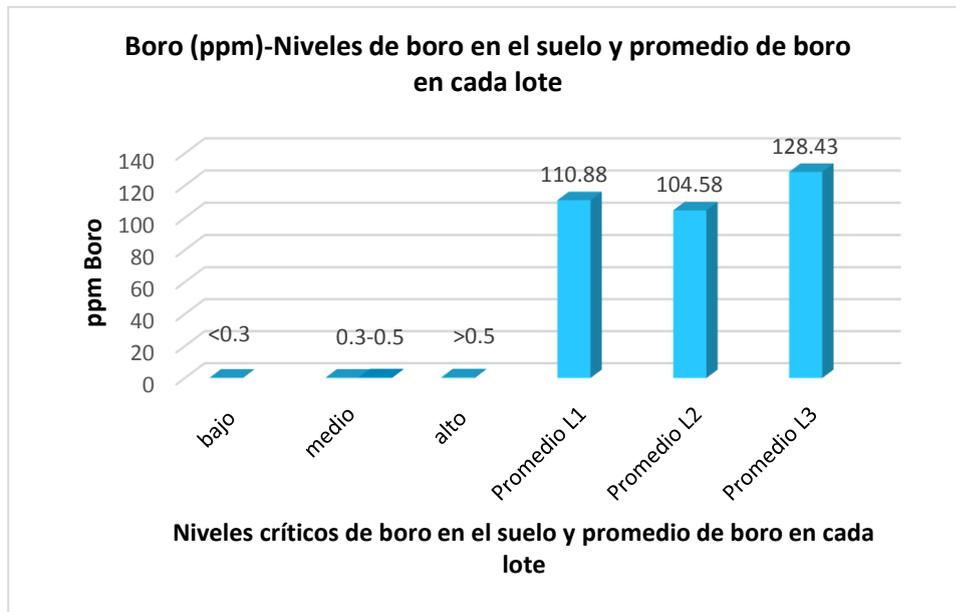
En la tabla 44 se muestra el método de comparación de Tukey, en un intervalo de confianza del 95%. De la comparación de las determinaciones del manganeso en los lotes, se observa que las agrupaciones para el lote 1, 2 y 3 son compartidas, eso quiere decir que no existe diferencia significativa en las determinaciones entre estos lotes.

Tabla 44. Comparación en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
LOTE 3	3	42.33	A
LOTE 2	6	40.67	A
LOTE 1	3	38.667	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

4.14.3. Potencialidad del boro (ppm B)



L1: Lote 1, L2: Lote 2, L3: Lote 3

Figura 15. Comparación entre los requerimientos máximos y mínimos del boro, para el cultivo del café

IV. DISCUSIÓN

Según el ANVA y las prueba de Tukey realizadas a los resultados del parámetro pH (tabla 4 y 5), se deduce que existe diferencia estadística entre los lotes 1, 2 y 3 (7.46, 7.38 y 7.32 unidades de pH respectivamente), es decir, el valor de la medición del pH del material sedimentado, es diferente en toda la piscigranja, esto probablemente se deba a la distribución del alimento, la temperatura y otros factores. Estos resultados guardan relación con los estudios realizados por Da *et al.* (2020) quienes evaluaron los sedimentos de los estanques de bagre, reportando valores de pH de 6.97, así mismo Rahman *et al.* (2004), en su investigación realizada a los sedimentos de estanques de peces reportan valores de pH de 7.2. La muestra de sedimento de la piscigranja no cumple con las necesidades de acidez para el cultivo de café, ya que los resultados indican que es ligeramente alcalino. El pH óptimo del suelo para el cultivo de café varía entre 5.5 y 6.5 unidades de potencial de iones hidrógeno (CENICAFE, 2016, p. 20). Cruz (2008) manifiesta que el pH óptimo se encuentra en el rango de 4.5 a 6.5 (p.33). En ambos casos los valores deben encontrarse en el rango ácido y ligeramente ácido.

Según el ANVA y las prueba de Tukey realizadas a los resultados del parámetro conductividad eléctrica (tabla 7 y 8), el valor de probabilidad p-value > 0.05 , deduciéndose que los valores de C.E de los lotes 1, 2 y 3 (2.81, 2.32 y 2.197 dS/m respectivamente) son iguales estadísticamente, es decir, el valor de la medición de C.E del material sedimentado, es homogéneo en toda la piscigranja, estos sedimentos son de elevada conductividad, debido al alto contenido de sales. De acuerdo a Cruz (2008) la CE de un suelo para el cultivo de café debe ser menor a 1dS/m (p.33).

Los resultados obtenidos del ANVA y las prueba de Tukey del parámetro materia orgánica (tabla 10 y 11), el valor de probabilidad p-value > 0.05 , deduciéndose que los porcentajes de materia orgánica de los lotes 1, 2 y 3 (2.88, 2.88 y 3.30 % de materia orgánica respectivamente), son iguales estadísticamente. Estos resultados guardan relación con los resultados obtenidos por Yossa *et al.* (2012), quienes en su estudio realizado a los sedimentos de tilapia roja obtuvieron porcentajes de materia orgánica inferiores al 3%. En suelos de uso agrícola, el rango de materia orgánica dependerá del clima estos rangos son de 2 a 3%, 3 a 5% y 5 a 10% para los climas cálido, medio y frío respectivamente. Los resultados obtenidos se encuentran entre los rangos para los climas cálidos y templados. Tratándose de sedimentos que pueden ser utilizados para cultivos de café.

Según el ANVA y las prueba de Tukey realizadas a los resultados del parámetro nitrógeno (tabla 13 y 14), el valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de nitrógeno de los lotes 1, 2 y 3 (0.27, 0.23 y 0.28 % de nitrógeno respectivamente), es decir, la cantidad de nitrógeno es homogéneo en toda la piscigranja, estos resultados coinciden con los resultados obtenidos por Da *et al.* (2020), quienes caracterizaron los sedimentos de estanques de bagre y reportan resultados de 0.35 % de N. El contenido de nitrógeno se estima en un 5% en la materia orgánica que hay en el suelo, donde el rango adecuado esta entre 0.2 y 0.5%, los resultados de nitrógeno obtenidos se encuentran dentro de los rangos que las plantas necesitan y pueden ser utilizados en cultivos agrícolas.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro anhídrido fosfórico (tabla 16 y 17), el valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de P_2O_5 de los lotes 1, 2 y 3 (0.23, 0.21 y 0.21 % de P_2O_5 respectivamente, los resultados son inferiores a los valores reportados en los estudios realizados por Da *et al.* (2020), los que registran el 0.082 % de P_2O_5 , sin embargo, a pesar de ello si se encuentra en los rangos adecuados para ser aplicado en suelos para el cultivo de café.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro óxido de potasio (tabla 18 y 19), el valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de K_2O de los lotes 1, 2 y 3 (0.47, 0.47 y 0.40 % de K_2O respectivamente), sin embargo Da *et al.* (2020), en su investigación reportan valores mucho más altos de 1.07 % de K_2O , mientras que Teuber *et al.* (2007) reportan valores más bajos de 0.1084 % de K_2O . Según Guerrero (2012) la cantidad de potasio para el cultivo de café es 216 Kg/Ha (p. 4).

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro óxido de calcio (tabla 21 y 22), el valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de CaO de los lotes 1, 2 y 3 (8.493, 8.493, 7.047 % de CaO), estos resultados son superiores a los valores reportados por Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen el 0.101 % de CaO, Teuber, *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan el 3.77 % de CaO por lo expuesto, estos sedimentos si cumplen los requerimiento de CaO para ser considerado como un bioabono cultivo de café.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro óxido de magnesio (tabla 24 y 25), el valor de probabilidad $p\text{-value} > 0.05$, deduciéndose que, no existe diferencia

significativa entre los valores de MgO de los lotes 1, 2 y 3 (1.23, 1.15 y 1.12 % MgO respectivamente), estos resultados son superiores a los valores reportados por Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen el 0.02 % de MgO, Teuber *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan el 0.61 % de MgO, sin embargo, a pesar de ello si presenta valores adecuados para ser aplicado en suelos para el cultivo de café.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro sodio (tabla 28 y 29), el valor de probabilidad p-value > 0.05 , deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de sodio de los lotes 1,2 y 3 (0.0733, 0.047 y 0.073 % de Na respectivamente), Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen 0.0015 % de Na. Teuber *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan el 0.16 % de Na. Los valores de sodio reportados si cumplen con los requerimientos para el cultivo de café.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro hierro (tabla 31 y 32), el valor de probabilidad p-value > 0.05 , deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de hierro de los lotes 1,2 y 3 (33 420, 33 622, 36 900 ppm de Fe respectivamente), resultados similares a los resultados de Teuber *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan el 25 294 ppm de Fe, sin embargo, los estudios realizados por Yossa *et al.* (2012), sustentan que el sedimento de tilapia roja contiene 580.38 ppm de Fe, resultados inferiores a los resultados reportados en la presente investigación. La cantidad óptima de hierro para el cultivo de café debe ser > 50 ppm (Fig.11), el sedimento de la piscigranja presenta valores altos en de Fe, que podrían aplicarse en suelos con problemas de deficiencias de Fe.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro cobre (tabla 34 y 35), el valor de probabilidad p-value < 0.05 , deduciéndose que, existe diferencia significativa entre los valores de sodio de los lotes 1, 2 y 3 (354. 33, 347.33, 359 ppm de Cu respectivamente), estos resultados son superiores a los valores reportados por Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen 2.13 ppm de Cu, Teuber *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan valores de 39 ppm de Cu. La cantidad óptima de cobre para el cultivo de café debe ser > 0.8 ppm (Fig.12), el sedimento de la piscigranja presenta valores altos en de Cu, que podrían aplicarse en suelos con problemas de deficiencias de Cu.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro Zinc (tabla 40 y 41), el valor de probabilidad p-value < 0.05, deduciéndose que, existe diferencia significativa entre los valores de zinc de los lotes 1,2 y 3 (111.00, 104.67, 128.67 ppm de Zn respectivamente), estos resultados son superiores a los valores reportados por Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen 17.49 ppm de Zn, así mismo, Teuber *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan valores de 333 ppm de Zn. La cantidad óptima de zinc para el cultivo de café debe ser > 6 ppm (Fig.13), el sedimento de la piscigranja presenta valores altos en de Zn, que podrían aplicarse en suelos con problemas de deficiencias de Zn.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro manganeso (tabla 37 y 38), el valor de probabilidad p-value < 0.05, deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de Zn de los lotes 1,2 y 3 (788.67, 777.0, 730.0 ppm Mn respectivamente), estos resultados son superiores a los valores reportados por Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen 100.89 ppm de Mn, de la misma manera, Teuber *et al.* (2007) en la caracterización realizada a los lodos de los desechos generados en la crianza de salmones reportan valores de 300 ppm de Mn. La cantidad óptima de manganeso para el cultivo de café debe ser > 5 ppm (Fig.14), el sedimento de la piscigranja presenta valores altos en de Mn, que podrían aplicarse en suelos con problemas de deficiencias de Mn.

Los resultados obtenidos del ANVA y la prueba de Tukey del parámetro boro (tabla 43 y 44), el valor de probabilidad p-value > 0.05, deduciéndose que, no existe diferencia significativa entre los valores de boro de los lotes 1,2 y 3 (38.667, 40.67, 42.33 ppm de B respectivamente), Yossa *et al.* (2012), quienes sustentan que los sedimentos de tilapia roja contienen 0.36 ppm de B. La cantidad óptima de boro para el cultivo de café debe ser > 0.5 ppm (Fig.15), el sedimento de la piscigranja presenta valores altos en de B, que podrían aplicarse en suelos con problemas de deficiencias de B.

Los sedimentos de la piscigranja de tilpia (*O. niloticus*) “Rico Pez”, Con la caracterización realizada se concluye que los sedimentos de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”, si podría ser empleados como bioabono para el cultivo de café, ya que cumple con los requerimientos para dicho cultivo, con valores óptimos en calcio, magnesio, potasio y sodio, pH ligeramente alcalino adecuado para estabilizar suelos con problemas de acidez, así mismo se puede emplear en suelos con deficiencias en Fe, Cu, Zn, Mn, B ya que los resultados obtenidos de estos parámetros son valores altos. Celis (2008), en su investigación concluyen que, los

sedimentos de salmon presenta un interesante potencial como fertilizante orgánico, pero sin embargo, se debe complementarse con fertilización inorgánica de N y K para incrementar la producción de los cultivos, así mismo, Huamancaja (2016), sostiene los sedimentos de piscigranja atribuible a la mejora de las propiedades del suelo, y por ende la influencia en el crecimiento de cultivos, como la especie que evaluaron en su investigación (ryegrass). Muendo et al. (2014), en su investigación evaluaron el potencial de los sedimentos provenientes de la crianza de tilapia semi-intensiva y concluyeron que estos sedimentos, posee nutrientes que potencialmente podrían cumplir con el requerimiento de fertilizante de nitrógeno para 0.35-1.2 hectáreas y el fertilizante de potasio requisito de 0,7 - 1,5 hectáreas a las tasas de fertilización recomendadas en Egipto. Además, el 1.8 - 5 toneladas de materia orgánica, por lo tanto, tiene un alto potencial como acondicionador del suelo. Rahman *et al.* (2004), sustentan que, el sedimento del estanque de peces está enriquecido con materia orgánica, nitrógeno, fósforo, además de micronutrientes, y por lo tanto, puede ser un potencial suplemento fertilizante y acondicionador, ya que ayuda a mejorar las condiciones físicas de suelos, teniendo así beneficios económicos y ambientales.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El material sedimentado de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”, presentó las siguientes características para los lotes 1, 2 y 3: potencial de iones hidrógeno = 7.46, 7.38 y 7.32 unidades de pH respectivamente, conductividad eléctrica = 2.81, 2.32 y 2.197 dS/m respectivamente, materia orgánica = 2.88, 2.88 y 3.30 % de M.O. respectivamente, nitrógeno = 0.27, 0.23 y 0.28 % de N, sodio = 0.0733, 0.047 y 0.073 % de Na respectivamente, fósforo = 0.23, 0.21 y 0.21 % de P₂O₅ respectivamente, potasio = 0.47, 0.47 y 0.40 % de K₂O respectivamente, calcio = 8.493, 8.493, 7.047 % de CaO, magnesio = 1.23, 1.15 y 1.12 % MgO respectivamente, boro = 38.667, 40.67, 42.33 ppm de B respectivamente, cobre = 354.33, 347.33, 359 ppm de Cu respectivamente, hierro = 33 420, 33 622, 36 900 ppm de Fe respectivamente, manganeso = 788.67, 777.0, 730.0 ppm Mn respectivamente y zinc = 111.00, 104.67, 128.67 ppm de Zn respectivamente.

Con la caracterización realizada se concluye que los sedimentos de la piscigranja de tilapia (*O. niloticus*) “Rico Pez”, si podría ser empleados como bioabono para el cultivo de café, ya que cumple con los requerimientos para dicho cultivo, con rangos óptimos en calcio, magnesio, potasio y sodio, pH ligeramente alcalino adecuado para estabilizar suelos con problemas de acidez, así mismo se puede emplear en suelos con deficiencias en Fe, Cu, Zn, Mn, B ya que los resultados obtenidos de estos parámetros son valores altos.

6.2. Recomendaciones

- Realizar estudios de los sedimentos de las piscigranja “Rico Pez” en diferentes periodos con la finalidad de evaluar la variación de los parámetros fisicoquímicos estudiados.
- Se recomienda la elaboración de compost, biol o biochar con mezclas de los sedimentos de la piscigranja y con gallinaza o pollinaza con la finalidad de repotenciar los macronutrientes.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alracón, V. A. (Septiembre de 2001). El boro como nutriente esencial. *Horticultura*, 11.
- Alvarado, S. M. (1994). *Cultivo y beneficiado del Café* (Primera ed.). San Jose, Costa Rica: Universidad estatal a distancia.
- Amezcuca, R. J. (Julio-Septiembre de 2017). El zinc en las plantas. *Ciencia*, 68(3).
- Balboa, L. M. (02 de 07 de 2017). Obtencion de Bioabono por digestión anaerobia de cáscaras de naranja y estiércol. *Revista Tecnológica*, 13(19).
- Benavides, M. A. (Julio de 1999). Absorción y asimilación de hierro en las plantas. *Departamento de horticultura*.
- Breton, B. (2007). *El cultivo de la trucha*. Barcelona, España: Omega.
- Builes, B. S. (2010). *Tratamiento y adecuada disposició n de lodos domèsticos e industriales*. Monografía, Universidad Tecnologica de Pereira, Pereira.
- Canto, G. (2014). *Metodología de la investigación en Ingeniería Química y Ambiental*. Huancayo: Cultura Peruana.
- Cárdenas, C. G. (junio de 2013). Nitrogeno en aguas residuales: Orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Scielo*, 15(1), 2.
- Castelló, O. F. (2013). *Piscicultura marina en Latinoamérica. Bases científicas y técnicas para su desarrollo. Tecnología de la producción*. Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Celis, J. S. (2008). Plant response to salmon wastes and sewage sludge used as organic fertilizer on two degraded soils under greenhouse conditions. *Chilean Journal of agricultural*.
- Cruz, L. (2015). *Optimización de la aplicación de lodos de depuración de aguas residuales al abonado o mejora de suelos*. Tesis doctoral, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid.
- Díaz, A. A. (2015). Ciencia Químicas. Tratamiento de lodos, generalidades y aplicaciones. *CENIC*, 46, 3.
- Díaz, A. C. (2007). Metabolismo del calcio y su relación con la “mancha de madurez” del fruto de banano. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25(2).

- Eco-Ingeniería, L. (2009). *Guía de aplicación de lodos de piscicultura en suelos*. Chile: Consultoría Ambiental e Ingeniería.
- Florencia, e. a. (2019). El nitrógeno del suelo. *Cátedra de edafología*, (pág. 11). Tucumán, Argentina.
- González, A. J. (2015). *Caracterización de sedimentos producidos en una explotación intensiva de trucha Arco Iris (Orcorhynchus mykiss Walbaum, 1792), como un medio para definir estrategias de uso y manejo sostenible de lagunas de oxidación en piscicultura*. Tesis para optar título de Magister en Ciencia Animal, Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Bogotá.
- Hernández, J. (2004). *Uso de lodos residuales procedentes de la ciudad de Durango y su efecto en la productividad y concentración de metales en sorgo forrajero*. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020145852.PDF>
- Hernández, M. A. (1992). *Depuración de aguas residuales. Servicio de publicaciones de la escuela de ingenieros de caminos de Madrid*. Madrid, España.
- Hernández, S. R. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Huamancaja, P. L. (2016). *Aplicación de sedimentos de piscigranja en un suelo contaminado y su efecto en la disponibilidad de arsénico y crecimiento de Ryegrass (Lolium perenne), distrito El Mantaro, Jauja*. tesis, Universidad continental. Facultad de ingeniería., Huancayo.
- Kirkby, E. Y. (Enero de 2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: Funciones, absorción y movilidad. *Informaciones Agronómicas*(68).
- Larriva, C. N. (Junio de 2003). Síntesis de la importancia del potasio en el suelo y las plantas. *La granja*(2).
- Lorenzo, C. (2003). Especiación de metales pesados en lodos de aguas residuales de origen urbano y aplicación de lodos digeridos como mejoradores de suelos. *Spin Cero*, 98, 57-78.
- Macedo, A. F. (2014). *Efecto de tres fuentes y dosis de abono orgánico en el rendimiento del café (Coffea arabica L) Camporredondo - Luya - Amazonas*. Tesis de pregrado,

- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Peru. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/520>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos. Decreto supremo N° 002-2013-MINAM, Estandares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo* (Primera ed.). Lima, Peru: MAVET IMPRESIONES E.I.R.L.
- Motato, A. N. (1999). *Uso de materiales orgánicos en el cultivo del café*. Manabí, Ecuador .
- Muendo, P.N; Verdegem, C.J.M; Stoorvogel, J.J; Milstein, A.; Gamal, N.; Duc, M.P; Verreth, J. A.J.(2014). Sediment Accumulation in Fish Ponds; Its Potential for Agricultural Use. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(5): 228-241
- Naylor, S. J. (09 de 01 de 2001). La composición química de los desechos sólidos de pescado sedimentables (estiércol) de granjas comerciales de trucha arco iris en Ontario, Canadá. *Norteamericana de acuicultura*, 61(1).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2020). *Recursos pesqueros y de la acuicultura*. Obtenido de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/es
- Onofre, A. E. (2018). *Propuesta técnica de gestión ambiental sostenible para el aprovechamiento de lodos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en campamentos mineros del Perú*. Tesis para optar el grado de magister, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Orrego, R. (Enero de 2020). *salmonexpert*. Obtenido de <https://www.salmonexpert.cl/article/lodos-de-piscicultura-y-su-potencial-uso-como-fertilizante-org-aacute-nico-condiciones-sanitarias-y-ambientales/>
- Pis-Ramírez, M.A., Delgado-Miranda, G., Pozo-Escobar, M., Hernández, M.N., Medell-Gago, M., Rico-Izquierdo, O., Basante, J.D., Martínez-Mariño, Y., & ManuelAlvarez, Z. (2015). Caracterización del agua y sedimento de una estación de cultivo de *claria gariepinus* en Cuba. *REVDET*, 16 (9), 8.
- Ministerio de la Producción. (2016). *Situación actual de la Acuicultura en el Perú*.
- Ramírez, F. B. (2002). Consumo de nutrimentos por los frutos y bandolas de café Caturra durante un ciclo de desarrollo y maduración en Aquiares,. *Agronomía Costarricense*, 26(1), 33-42.

- Riaño, H. N. (2004). Acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos por *Coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. *Cenicafe*, 55(4), 265-276.
- Rojas, R. M. (2013). *Crecimiento y curvas de acumulación de nutrientes en frutos de café (Coffea arábica L.) cultivar CATRENIC con riego complementario, San Marcos, Carazo Nicaragua, 2013*. Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Secretaría de la Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2006). *Manual de producción de Tilapia*. Managua, Nicaragua: Centro de investigaciones de ecosistemas acuáticos. Obtenido de recuperado de: <http://repositorio.cnu.edu.ni/Record/RepoUCA2554>
- Teuber, N. A. (2005). En *Sea salmon Sludge as fertilizer: Effects on a volcanic soil and annual ryegrass yield and quality* (Vol. 21, págs. 432-434). Soil Use and Mangement.
- Teuber, N., Salazar, F. y Valdebenito, A. (2007). Efecto de diferentes dosis de lodo de la crianza de salmones, en el cultivo de papa y su efecto residual en Ballica anual. *Agricultura Técnica*, 67(4), 393-400.
- Torres de la Cruz, J. F. (2019). *Evaluación de parámetros biocinéticos mediante lodos activados a nivel de laboratorio de los efluentes de la piscigranja de Miraflores para la remoción de la carga orgánica*. Tesis para optar título profesional de Ingeniero Químico Ambiental, Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Química, Huancayo, Huancayo.
- Torres, A. C. (2012). *Uso de la pulpa de café en la elaboración de abonos para incrementar la productividad de café*. Rodríguez de Mendoza.
- Treupil, E. F. (2014). *Estudio de lodos residuales de pisciculturas y evaluación de un proceso de estabilización e higienización para potencial aplicación en suelos*. Tesis para optar título de Ingeniero, Universidad Austral de Chile. Escuela de Acuicultura y Pesquerías, Puerto Montt, Chile.
- Vasquez, A. J. (2018). *Aprovechamiento de lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo*.

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería, Bogotá D. C.

- Villegas, T. O. (26 de Marzo de 2015). Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal. *Ciencias naturales y agropecuarias*, 2(2), 285-295.
- Yossa M., Hernández-Arevalo G., Vásquez-Torres W. (2014). Composición y dinámica de los sedimentos en estanques de cachama blanca y tilapia roja. *ORINOQUIA SUPLEMENTO*, 18(2).
- Da T.C, Anh T.P, Livsey J, Tang VT, Berg H, Manzoni S. (2020). Improving Productivity in Integrated Fish-Vegetable Farming Systems with Recycled Fish Pond Sediments. *Agronomía*. 10 (7): 10-25. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071025>
- Rahman, M.M; Yakupitiyage, A .; Ranamukhaarachchi, S.L. (2004). Uso agrícola de sedimentos de estanques de peces para la mejora ambiental. *Thammasat Inter. J. Sci. Tech.*, 9 (4), 1–10.

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento:

A la Universidad Nacional de Jaén, por haber formado parte de esta grandiosa casa superior de estudios y haber culminado con éxito mi formación profesional.

Al Ing. Jorge Antonio Delgado Soto M. Sc. Asesor de tesis, que con su experiencia profesional y su apoyo incondicional en todo momento hizo posible la culminación con éxito de este trabajo de investigación.

A los docentes miembros del jurado, que con sus apreciaciones y observaciones han hecho posible la aprobación y culminación de este trabajo de tesis.

A la todos los miembros del departamento de suelos de la facultad de agronomía de la Universidad Agraria la Molina, encargados del análisis de la materia orgánica.

Y de igual forma a todos los docentes que estuvieron en todo nuestro proceso de formación profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios porque sin el en este largo y arduo camino hubiese sido imposible superar y recorrer, por habernos dado las fuerzas necesarias y mantenernos en perseverancia para cumplir esta meta.

A mis educadores de casa Fanny Calle y Pablo Granda por ser el pilar fundamental en mi vida, mi madre Dolores Granda, quien ha sido y es padre y madre que con su ejemplo y esfuerzo me enseñaron por medio de valores aprovechar esta oportunidad y así poder superarme, a mi tío Yoni Granda por ser pieza clave en mi crecimiento y formación, por lo tanto este logro no es solo mío sino también les corresponde.

A mis tíos Gladis, Hilder, Elva, Luci, y Yuli por todo su apoyo, a mi tía Bertha que desde el cielo ha estado presente, a mis hermanos

Jhan, Antony, Jorge y Xiomara, a Estefany quien me ha brindado su apoyo mutuo, a mi primo Edin García, a mis amigos Jorge Jeans, Greici, en especial mi gran amigo Iván, y a todas mis amistades que me motivaron con este logro.

ANEXO



Figura 16. Mapa de ubicación



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DEMNIS RAÚL SAYAGO GRANDA/ JUAN FÉLIX JIMÉNEZ GARCÍA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ JAÉN
MUESTRA DE : MATERIAL SEDIMENTADO
REFERENCIA : H.R. 73842
FECHA : 08/03/2021

N° LAB	CLAVES	pH	C.E dSm	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
071	L-1A	7.36	2.61	2.29	0.26	0.22	0.40
072	L-1B	7.38	2.90	4.32	0.28	0.22	0.44
073	L-1C	7.38	2.83	2.03	0.27	0.21	0.37

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
071	L-1A	6.03	1.17	3.24	0.10
072	L-1B	7.91	1.09	3.21	0.08
073	L-1C	8.54	1.21	3.15	0.04

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
071	L-1A	28250	53	114	795	39
072	L-1B	35575	55	105	790	40
073	L-1C	36436	55	114	781	37



Bravio La Torre Martínez
Ing. Bravio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Figura 17. Certificado de los análisis del material sedimentado del lote 1



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DENNIS RAÚL SAYAGO GRANDA/ JUAN FÉLIX JIMÉNEZ GARCÍA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA JAÉN
MUESTRA DE : MATERIAL SEDIMENTADO
REFERENCIA : H.R. 73842
FECHA : 08/03/2021

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
074	L-2A	7.48	2.63	2.03	0.28	0.22	0.52
075	L-2B	7.45	2.84	1.78	0.22	0.22	0.55
076	L-2C	7.48	1.49	2.03	0.21	0.22	0.36

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
074	L-2A	6.02	1.18	2.71	0.05
075	L-2B	5.98	1.15	2.70	0.05
076	L-2C	5.80	1.05	2.64	0.04

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	B ppm
074	L-2A	34425	48	103	751	44
075	L-2B	34195	48	107	774	39
076	L-2C	32245	46	104	805	34



Braulio La Torre Martínez
Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Figura 18. Certificado de los análisis del material sedimentado del lote 2



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : DEMNIS RAÚL SAYAGO GRANDA/ JUAN FÉLIX JIMÉNEZ GARCÍA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ JAÉN
MUESTRA DE : MATERIAL SEDIMENTADO
REFERENCIA : H.R. 73842
FECHA : 08/03/2021

N° LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
077	L-3A	7.34	2.52	3.98	0.29	0.20	0.43
078	L-3B	7.30	2.55	3.05	0.29	0.21	0.52
079	L-3C	7.32	1.62	3.30	0.28	0.24	0.42

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
077	L-3A	7.14	1.47	3.52	0.04
078	L-3B	6.79	1.07	3.52	0.05
079	L-3C	7.21	1.18	3.50	0.12

N° LAB	CLAVES	Fe ppm	Cu ppm	Zn ppm	Mn ppm	S ppm
077	L-3A	37055	58	142	754	36
078	L-3B	37710	61	124	719	49
079	L-3C	36936	56	120	717	42



Braulio La Torre Martínez
Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe de Laboratorio

Figura 19. Certificado de los análisis del material sedimentado del lote 3



Figura 20. Piscigranja de tilapias (*Oreochromis niloticus*) “Rico Pez”, donde se realizó el estudio de los sedimentos



Figura 21. Acompañamiento y supervisión del asesor al trabajo de muestreo en la piscigranja



Figura 22. Selección de muestras en función a los lotes



Figura 23. Muestreo del sedimento



Figura 24. Selección de muestras de sedimentos



Figura 25. Sedimentos secados al aire del ambiente bajo sombra



Figura 26. Material sedimentado secado en la estufa



Figura 27. Material sedimentado seco



Figura 28. Molienda del material sedimentado seco



Figura 29. Tamizado del material sedimentado seco



Figura 30. Cuarteo de la muestra



Figura 31. Pesada del sobre manila



Figura 32. Pesado de la muestra



Figura 33. Pesada de la muestra acondicionada



Figura 34. Muestras acondicionadas para ser enviadas al laboratorio de la UNALM