

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL**



**INCREMENTO DEL POTENCIAL DE IONES HIDROGENO
(pH) DEL AGUA MIEL DE *Coffea sp.* EMPLEANDO
FITORREMEDIACIÓN CON *Eichhornia crassipes* M.
“JACINTO DE AGUA” PARA ATENUAR SU NIVEL DE
CONTAMINACIÓN.**

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

AUTORES :

Bach. NILTON LENIS CARRERO FERNÁNDEZ

Bach. JEILER HERNÁN TAPIA ACUÑA

ASESOR:

Mg. JORGE ANTONIO DELGADO SOTO

JAÉN – PERÚ, AGOSTO, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 02 de Agosto del año 2019; siendo las 17:00 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador:**

Presidenta : Mg. Huaccha Castillo Annick Estefany
Secretaria : Mg. Ocaña Zúñiga Candy Lisbeth
Vocal : Mg. Delgado Soto Jorge Antonio

Para evaluar la Sustentación del **INFORME FINAL DE TESIS**; titulado: **Incremento de potencial de iones hidrógeno (pH) del agua miel de *Coffea sp.* empleando fitorremediación con *Eichhornia crassipes* M. "Jacinto de agua" para atenuar su nivel de contaminación**, presentado por el Bachiller Nilton Lenis Carrera Fernández y por el Bachiller Jeiler Hernán Tapia Acuña de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los **Miembros del Jurado Evaluador acuerdan:**

Aprobar () Desaprobar Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

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

Siendo las 18:30 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Mg. Ocaña Zúñiga Candy Lisbeth
Secretaria Jurado Evaluador


Mg. Huaccha Castillo Annick Estefany
Presidenta Jurado Evaluador


Mg. Delgado Soto Jorge Antonio
Vocal Jurado Evaluador

**“INCREMENTO DEL POTENCIAL DE IONES HIDROGENO (pH)
DEL AGUA MIEL DE *Coffea sp.* EMPLEANDO FITORREMEDIACIÓN
CON *Eichhornia crassipes* M. “JACINTO DE AGUA” PARA ATENUAR
SU NIVEL DE CONTAMINACIÓN”.**



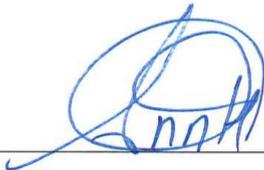
Bach. Nilton Lenis Carrero Fernández
Tesista



Bach. Jeiler Hernán Tapia Acuña
Tesista

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

Aprobado por el siguiente jurado:



Mg. Huaccha Castillo Annick Estefany
Presidenta



Mg. Ocaña Zúñiga Candy Lisbeth
Secretaria



Ing. Jorge Antonio Delgado Soto
Vocal

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
2.1. General.....	12
2.2. Específico	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1. Materiales de campo	13
3.2. Materiales de laboratorio	13
3.3. Metodología.....	14
3.3.1. Tipo de investigación.....	14
3.3.2. Línea de investigación	14
3.3.3. Diseño de investigación.....	14
3.3.4. Recolección del Agua Miel de <i>Coffea sp.</i>	14
3.3.5. Cálculo del área de recipiente.....	15
3.3.6. Distribución de los porcentajes de biomasa de Jancito de agua de acuerdo a los tratamientos establecidos en la investigación.	16
3.3.7. Recolección de <i>Eichhornia crassipes</i> M. “Jacinto de agua”.....	17
3.3.8. Instalación del área de estudio.....	18
3.3.9. Procedimiento para las mediciones de la conductividad eléctrica, pH y turbidez en el laboratorio.	19
IV.RESULTADOS.....	21
4.1. Caracterización de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y turbidez.	21
4.2. Mediciones del pH en el agua miel de <i>Coffea sp.</i> , de acuerdo a los tratamientos empleados.	23
V. DISCUSIÓN	26
5.1. Caracterización de las mediciones de pH, conductividad eléctrica y turbiedad del agua miel con respecto ECA nacional para aguas residuales.	26
5.2. Acción fitorremediadora de <i>Eichhornia crassipes</i> M. (Jacinto de Agua)	29
VI.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
VIII.ANEXOS	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de pH de <i>Coffea sp.</i>	21
Tabla 2. Valores de conductividad eléctrica del agua miel <i>Coffea sp.</i>	22
Tabla 3. Valores de turbidez del agua miel <i>Coffea sp.</i>	22
Tabla 4. Valores de pH al final del tratamiento.....	23
Tabla 5. Resultados por cada tratamiento y repetición que se realizo con el pH inicial. ...	23
Tabla 6. Análisis de varianza.....	24
Tabla 7. Prueba de comparación de medias de mediante el método de Tukey.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista del centro poblado Huarandoza-Huarango.	15
Figura 2. Recipiente con área total.	15
Figura 3. Recipiente con un área de 25 %	16
Figura 4. Recipiente con un área de 50 %	16
Figura 5. Recipiente con un área de 75 %	16
Figura 6. Recipiente con un área de 100 %	17
Figura 7. Recipiente con un área de 100 % de agua miel.....	17
Figura 8. Vista de la Laguna Azul de Huarango.	18
Figura 9. Concentración de pH el 26 de mayo de 2019.	26
Figura 10. Concentración de conductividad eléctrica el 26 de mayo de 2019.	27
Figura 11. Concentración de turbidez el 26 de mayo de 2019.	27
Figura 12. Concentración de pH el 26 de junio de 2019.	30
Figura 13. Lavado del cafeto para la obtención del agua miel.....	38
Figura 14. Captación de Agua miel de <i>Coffea sp.</i>	39
Figura 15. Recolección del agua miel de <i>Coffea sp.</i>	39
Figura 16. Transporte del agua miel de <i>Coffea sp.</i>	40
Figura 17. Recipientes acondicionados por áreas.....	40
Figura 18. Recolección de los ejemplares de Jacinto de Agua de los tesista Nilton Lenis Carrero Fernández lado izquierdo y Jeiler Hernán Tapia Acuña lado derecho, en la Laguna Azul - distrito de Huarango.	41
Figura 19. Instalación del Agua Miel de <i>Coffea sp.</i>	41
Figura 20. Instalación de los ejemplares de Jacinto de Agua.	42
Figura 21. Acondicionando el área donde será instalado los recipientes.	42
Figura 22. Instalación de <i>Eichhornia crassipes</i> M, en los recipientes.	43
Figura 23. Recopilando muestras del agua miel para ser llevados al laboratorio.	43
Figura 24. Coordinado con el Mg. Jorge Antonio Delgado Soto (asesor) para la medición del agua miel.....	44
Figura 25. Medición del agua miel de <i>Coffea sp</i> , en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	44
Figura 26. Medición del agua miel de <i>Coffea sp</i> , sin intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	45
Figura 27. Medición de pH del agua miel de <i>Coffea sp</i> , en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	45
Figura 28. Medición de pH y conductividad eléctrica del Agua Miel de <i>Coffea sp</i> , en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	46
Figura 29. Medición del agua miel de <i>Coffea sp.</i> , en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.....	46
Figura 30. Aumento de pH del agua miel de <i>Coffea sp</i> , con la intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	47
Figura 31. Medición del agua miel de <i>Coffea sp</i> , en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	47
Figura 32. Medición del agua miel de <i>Coffea sp.</i> , sin intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M., en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	48

Figura 33. Medición del agua miel de <i>Coffea sp</i> , sin intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	48
Figura 34. Medición del agua miel de <i>Coffea sp</i> , con el 75 % de intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	49
Figura 35. Medición del agua miel de <i>Coffea sp</i> , en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	49
Figura 36. Medición de pH del agua miel de <i>Coffea sp</i> , al 100 % del área con intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén	50
Figura 37. Medición de pH del agua miel de <i>Coffea sp</i> , sin intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	50
Figura 38. Medición de turbidez del agua miel de <i>Coffea sp</i>	51
Figura 39. Medición de pH del Agua Miel de <i>Coffea sp</i> , al 100 % del área con intervención de <i>Eichhornia crassipes</i> M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.	51

RESUMEN

La presente investigación demostró que empleando *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua”, logró incrementar el nivel de potencial de iones hidrogeno (pH) del agua miel de *Coffea sp.*, por lo cual la fitorremediación con esta especie, disminuye el nivel de acidez del subproducto proveniente del beneficio húmedo del café. Para la investigación se empleó cinco tratamientos que consistieron en diferentes porcentajes de biomasa de *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” sobre un volumen constante de 15 litros de agua miel de *Coffea sp.* Cada tratamiento consistió en tres repeticiones.

Se realizó la caracterización de los parámetros fisicoquímicos como: la turbidez, conductividad eléctrica y el pH del agua miel de *Coffea sp.*

Las mediciones del pH se realizaron en el laboratorio de Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, los resultados obtenidos se evaluaron de acuerdo a los rangos establecidos por los Estándares de calidad Ambiental del D.S-004-2017 MINAN cual se evidenció el incremento demasiado lento de pH 4.6 sin la intervención del *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” y con la intervención de dicha planta su incremento de pH es de 7.936 al 25 % biomasa de *Eichhornia crassipes* M. 8.051 al 50 % biomasa de *Eichhornia crassipes* M. 8.042 al 75 % biomasa de *Eichhornia crassipes* M., y 8.174 al 100 % biomasa de *Eichhornia crassipes* M.

A partir de los resultados se puede afirmar que a mayor biomasa de *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” en el agua miel de *Coffea sp.* se obtiene el incremento de pH.

Palabras claves: Estándares de calidad ambiental, Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes* M.), pH, agua miel, turbidez y conductividad eléctrica.

ABSTRACT

The present research showed that by using *Eichhornia crassipes* M. "water hyacinth", the hydrogen-ion potential (pH) level of *Coffea sp.* honey water was increased, so phytoremediation with this species mitigates the level of acidity of the by-product from the wet coffee benefit. The research involved five treatments consisting of different percentages of *Eichhornia crassipes* M. "water hyacinth" over a constant volume of 15 litres of *Coffea sp.*, honey water. Each treatment consisted of three repeats.

Characterization of physico-chemical parameters such as turbidity, electrical conductivity and the pH of *Coffea sp.* honey water was performed.

pH measurements were carried out in the forest and environmental engineering career laboratory of the national university of Jaen, the results obtained were assessed according to the ranges established by environmental quality standards of the DS-004-2017 MINAN which evidenced the too slow increase in pH 4,6 without the intervention of *Eichhornia crassipes* M. "water hyacinth" and with the intervention of this plant its pH increase is from 7,936 to 25 % *Eichhornia crassipes* M. 8,051 at 50 % *Eichhornia crassipes* M. 8,042 to 75 % *Eichhornia crassipes* M. and 8,174 at 100 % *Eichhornia crassipes* M. biomass.

From the results it can be said that the higher biomass of *Eichhornia crassipes* M. "water hyacinth" in *Coffea sp.* honey water, you get the pH increase.

Keywords: Environmental quality standards, Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* M.) pH, honey water, turbidity and electrical conductivity.

I. INTRODUCCIÓN

En la Región Cajamarca, en el primer semestre del año 2018 la producción de café alcanzó un nivel de crecimiento del 43 % ubicándose, así como uno de los principales productores a nivel nacional. La zona norte la constituyen las provincias de Jaén y San Ignacio las cuales son consideradas zonas emblemáticas productoras de café (ANDINA, 2019).

Según las tendencias esta actividad seguirá intensificándose conduciendo no sólo al incremento de la producción de café, sino además traerá serios problemas ambientales, como por ejemplo los residuos orgánicos con alto potencial contaminante, entre ellos están las “Aguas Mieles”, las que son vertidas de manera directa en los ríos y terrenos superficiales que con el pasar el tiempo degradan la calidad del ambiente (CENICAFE, 2015).

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en agua residual o comúnmente llamado en Latinoamérica “Agua miel”. Estas aguas por ser muy acidas y ricas en materia orgánica pueden ser particularmente nocivas si se descargan en cuerpos de agua, y si se retienen en lagunas o fosas, se corre el riesgo de contaminar el agua subterránea (Salazar, 2012).

Las aguas mieles que se producen durante el lavado del café son biodegradables, pero poseen características fisicoquímicas particularmente agresivas con el medio ambiente: pH bajo, acidez alta y concentraciones de materia orgánica altas, que corresponden a poderes contaminantes entre 60 y 240 veces superiores a las aguas residuales domésticas (CENICAFE, 2015).

El tratamiento de aguas residuales por medio de estanques con plantas acuáticas como es la *Eichhornia crassipes* M. ha despertado un gran interés en la investigación por el potencial que presenta para la depuración de la misma (Reichenaumer y Germida, 2008).

La fitorremediación de las aguas mieles de *Coffea sp.* traerá muchos beneficios para la población aledaña y la parte baja de los cultivos, evitando la proliferación de plagas, enfermedades y pueden servir como riego para sus cultivos. Siendo así beneficiados los mismos caficultores ya que Cajamarca es la región con mayor número de productores con un promedio de 12 438 productores (Roman, 2017).

El presente trabajo contiene un estudio de caracterización del agua miel de *Coffea sp.* donde se evidencia la perturbación de las aguas naturales, llegando a la importancia que la intervención de la planta y tuvo como objetivo incrementar el nivel de potencial de iones hidrogeno (pH) del agua miel de *Coffea sp.* empleando fitorremediación con *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” para atenuar el nivel de contaminación.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Incrementar el nivel de potencial de iones hidrógeno (pH) del agua miel de *Coffea sp.* empleando fitorremediación con *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” para atenuar el nivel de contaminación.

2.2. Específico

- Caracterizar tres parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica y turbidez) del “agua miel”.
- Establecer las relaciones de biomasa de *Eichhornia crassipes* M., empleadas en la fitorremediación del agua miel.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales de campo

- Cinta de embalaje
- Cinta adhesiva
- Recipientes de plástico con capacidad de 20 litros
- Frascos de vidrio de capacidad de 600 ml
- Sierra
- Plumón
- Madera
- Caja para el transporte de muestras
- Cámara fotográfica

3.2. Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitación
- Pizetas
- Pipeta
- Probeta de capacidad de 10 ml
- Turbidímetro
- Multiparámetro WTW-IDS 3630
- Agua destilada

3.3. Metodología

3.3.1. Tipo de investigación

Aplicada – experimental

3.3.2. Línea de investigación

Gestión de la calidad ambiental

3.3.3. Diseño de investigación

- **Tipo de diseño experimental:** Se realizará un diseño de análisis de varianza (ANOVA) y el método de Tukey.
- **Numero de tratamientos:** Se consideran 5 tratamientos y 3 repeticiones, según el cuadro siguiente.

3.3.4. Recolección del Agua Miel de *Coffea sp.*

La muestra de agua miel, se recolectó del centro de beneficio húmedo de café, puntualmente en el tanque tina de despulpado, perteneciente a la propietaria Señora: Delmira Colala Guevara identificado con DNI: 80615572. Ubicado en el centro poblado Huarandoza, ver Figura 1.



Figura 1. Vista del centro poblado Huarandoza-Huarango.

3.3.5. Cálculo del área de recipiente

El recipiente fue de material plástico, con las dimensiones que se aprecian en la Figura 2.

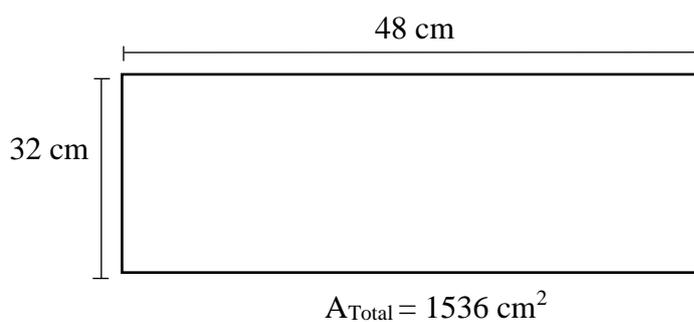


Figura 2. Recipiente con área total.

3.3.6. Distribución de los porcentajes de biomasa de Jancito de agua de acuerdo a los tratamientos establecidos en la investigación.

Distribución del Jacinto de Agua al 25 % de área del recipiente.

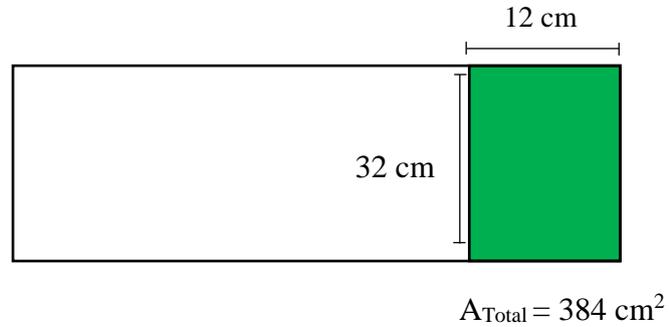


Figura 3. Recipiente con un área de 25 %

Distribución del Jacinto de Agua al 50 % de área del recipiente.

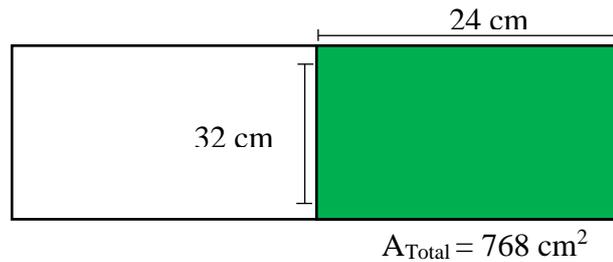


Figura 4. Recipiente con un área de 50 %.

Distribución del Jacinto de Agua al 75 % de área del recipiente.

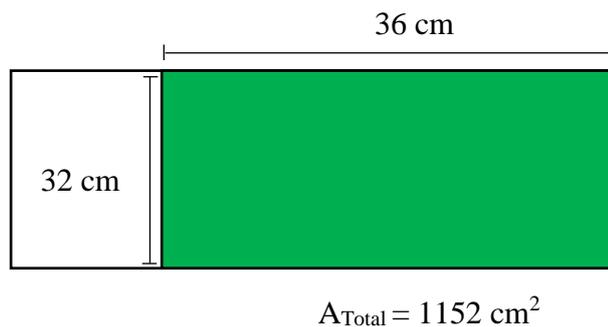


Figura 5. Recipiente con un área de 75 %.

Distribución del Jacinto de Agua al 100 % de área del recipiente.

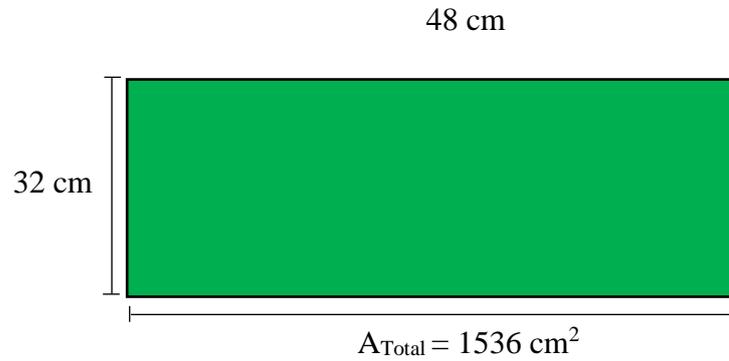


Figura 6. Recipiente con un área de 100 %.

Agua miel de *Coffea sp.* al 100 % de área del recipiente sin intervención de Jacinto de agua.

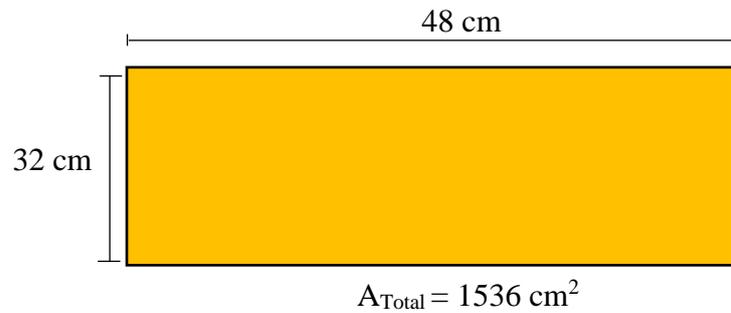


Figura 7. Recipiente con un área de 100 % de agua miel.

3.3.7. Recolección de *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua”.

La recolección del Jacinto de agua se llevó a cabo en el Caserío La Laguna Azul a cinco kilómetros del Centro Poblado Huarandoza - distrito de Huarango, dicha planta fueron transportadas con mucho cuidado evitando maltratarlas.

El Jacinto de agua fue distribuido de acuerdo al porcentaje de área que se acondiciono a los recipientes para el trabajo de investigación.



Figura 8. Vista de la Laguna Azul de Huarango.

3.3.8. Instalación del área de estudio

El espacio de trabajo se instaló en el Centro Poblado Huarandoza - distrito de Huarango.

Inicialmente se introdujo 15 litros de agua miel de *Coffea sp.* en los recipientes de capacidad de 20 litros. A continuación se colocaron los ejemplares de *Eichhornia crassipes* M.

Se recolectaron 15 muestras, en recipientes de vidrio de 600 ml, previamente esterilizados.

La caracterización inicial de los parámetros, turbiedad, conductividad eléctrica, así como las mediciones de pH antes y después del tratamiento fitorremediador del agua miel, se realizaron en el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

3.3.9. Procedimiento para las mediciones de la conductividad eléctrica, pH y turbidez en el laboratorio.

Se utilizaron los siguientes equipos: WTW modelo IDS-3630 para la medición de conductividad eléctrica y pH. Para la medición de la turbiedad se utilizó el turbidímetro modelo Turbiquant 1100 T del laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

a) Medición de la conductividad eléctrica.

Se usa el método electrométrico, empleando un electrodo de ión selectivo (EIS), para determinar la capacidad del agua miel, para conducir corriente eléctrica. (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

Técnica

1. Lavar el sensor IDS – conductividad del multiparámetro con agua destilada.
2. Encender el conductímetro, la pantalla mostrará 0.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
3. Calibrar con soluciones estándar.
4. Lavar nuevamente con agua desionizada.
5. Introducir el sensor IDS – conductividad y realizar la medición, se mostrará el resultado en unidades de microsiemens por unidad de cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

b) Medición de pH.

Se usa el método Potenciométrico, para determinar la alcalinidad o acidez del agua miel. (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013)

Técnica

1. Calibrar el IDS – pH del multiparámetro 3630 IDS – WTW, empleando soluciones Buffer.
2. Introducir el sensor IDS – pH, aparecerá el resultado en la pantalla.
3. Lavar el IDS – pH del multiparámetro 3630 IDS – WTW. con agua destilada secar y realizar la medición.

c) Medición de Turbidez.

Se usa el método Nefelométrico que se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra. Cuanto mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez. (Severiche, Castillo y Acevedo, 2013).

Técnica

1. En una probeta graduada de 10 mililitros se realizó la siguiente operación:
1ml de agua miel de *Coffea sp.* se diluyó en 10 ml de agua destilada, ya que la lectura máxima del Turbidímetro era de 1000 UNT, por lo tanto el resultado mostrado se multiplicó por 10.

IV. RESULTADOS.

4.1. Caracterización de los parámetros de pH, conductividad eléctrica y turbidez.

Los datos obtenidos de las mediciones del agua miel de *Coffea sp.* se pueden apreciar en las Tablas 1, Tabla 2 y Tabla 3.

Los valores obtenidos nos indica una acides del agua miel de *Coffea sp.*

Tabla 1.

Valores de pH de Coffea sp.

pH	UNIDAD	
		pH
DATOS	1	3.4
	2	3.4
	3	3.0
	4	3.4
	5	3.4
PROMEDIO		3.3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.

Valores de conductividad eléctrica del agua miel Coffea sp.

CONDUCTIVIDAD		UNIDAD
ELÉCTRICA		$\mu\text{S/cm}$
	1	1383
	2	1378
DATOS	3	1391
	4	1401
	5	1329
PROMEDIO		1376

Fuente: Elaboración propia

$\mu\text{S/cm}$: microSiemens/cm

Tabla 3.

Valores de turbidez del agua miel Coffea sp.

TURBIDEZ		UNIDAD
		UNT
	1	1781
	2	1760
DATOS	3	1700
	4	1720
	5	1765
PROMEDIO		1745

Fuente: Elaboración propia

UNT: Unidades nefelométricas de turbidez

Las mediciones fueron realizadas entre el 26 de mayo hasta el 26 de junio de 2019.

Los resultados se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4.

Valores de pH al final del tratamiento

EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO pH					
FECHA	26 de junio de 2019				
TRATAMIENTOS	Sin Intervención de <i>Eichhornia</i>	25% de <i>Eichhornia</i>	50 % de <i>Eichhornia</i>	75 % de <i>Eichhornia</i>	100 % de <i>Eichhornia</i>
REPETICIONES					
1	4.791	7.978	8.106	7.991	8.185
2	4.611	7.904	7.992	8.100	8.176
3	4.499	7.927	8.055	8.036	8.162
PROMEDIO	4.634	7.936	8.051	8.042	8.174

Fuente: Elaboración propia

4.2. Mediciones del pH en el agua miel de *Coffea sp.*, de acuerdo a los tratamientos empleados.

Los valores obtenidos se mostrarán en la Tabla 5.

Tabla 5.

Resultados por cada tratamiento y repetición que se realizo con el pH inicial.

Repetición	Tratamiento				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
R₁	4.635	4.763	4.648	4.842	1.448
R₂	4.561	4.649	4.757	4.833	1.268
R₃	4.584	4.712	4.693	4.819	1.156
Promedio	4.593	4.708	4.699	4.831	1.291

Fuente: Elaboración propia

T₁: 25 % de *Eichhornia crassipes* M.

T₂: 50 % de *Eichhornia crassipes* M.

T₃: 75 % de *Eichhornia crassipes* M.

T₄: 100 % de *Eichhornia crassipes* M.

T₅: Sin intervención de *Eichhornia crassipes* M.

Tabla 6.

Análisis de varianza.

Fuente: Elaboración propia

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamientos	4	28.113	7.028	1189.961	3.480
Error	10	0.059	0.006		
Total	14	28.172			
CV	1.91%				

FV: Fuente de variación

GL: Grado de libertad

SC: Suma de cuadrados

CM: Cuadrado medios

Fc: F calculado

Ft: F tabulado

CV: Coeficiente de variación

Los resultados obtenidos del ANOVA con un nivel de confianza del 95% nos indican que el F calculado es mayor que el F tabulado por lo tanto sí existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Los datos obtenidos de significancia nos indican que si existen diferencias y similitudes entre los tratamientos ver en la Tabla 7.

Tabla 7.

Prueba de comparación de medias de mediante el método de Tukey.

Comparaciones	Diferencia	Q	Valor crítico	Significación
T4 - T2	0.123	2.803	4.65	NS
T4 - T3	0.132	3.000	4.65	NS
T4 - T1	0.238	5.409	4.65	*
T4 - T5	3.541	80.470	4.65	*
T2 - T3	0.009	0.197	4.65	NS
T2 - T1	0.115	2.606	4.65	NS
T2 - T5	3.417	77.667	4.65	*
T3 - T1	0.106	2.409	4.65	NS
T3 - T5	3.409	77.470	4.65	*
T1 - T5	3.303	75.061	4.65	*

T₄	a
T₂	ab
T₃	ab
T₁	b
T₅	c

NS: No significativo

(*): Significativo

Q: Amplitud estudentizada

T₁: 25 % de *Eichhornia crassipes M.*

T₂: 50 % de *Eichhornia crassipes M.*

T₃: 75 % de *Eichhornia crassipes M.*

T₄: 100 % de *Eichhornia crassipes M.*

T₅: Sin intervención de *Eichhornia crassipes M.*

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de las mediciones de pH, conductividad eléctrica y turbiedad del agua miel con respecto ECA nacional para aguas residuales.

La concentración de pH del Agua Miel de *Coffea sp.* es muy baja en el día 26 de mayo del 2019 donde se realizó la primera medición de pH para su caracterización dando como resultado 3.3 un agua con pH ácido, tomando como referencia el ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales con un pH de 6.5 a 8.5 podemos decir que se encuentra muy por debajo del estándar que establece (MINAM, 2017).

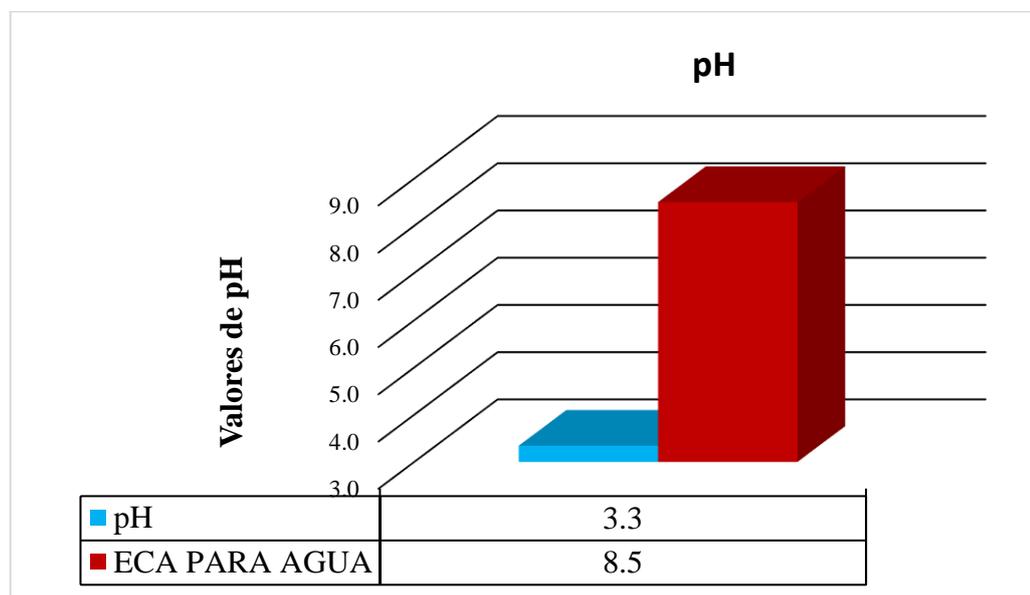


Figura 9. Concentración de pH el 26 de mayo de 2019.

La medición de conductividad eléctrica del Agua Miel de *Coffea sp.* es de 1376 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tomando como referencia el ECA para agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales indica que las concentraciones de dicha agua está dentro del ECA nacional para agua (MINAM, 2017).

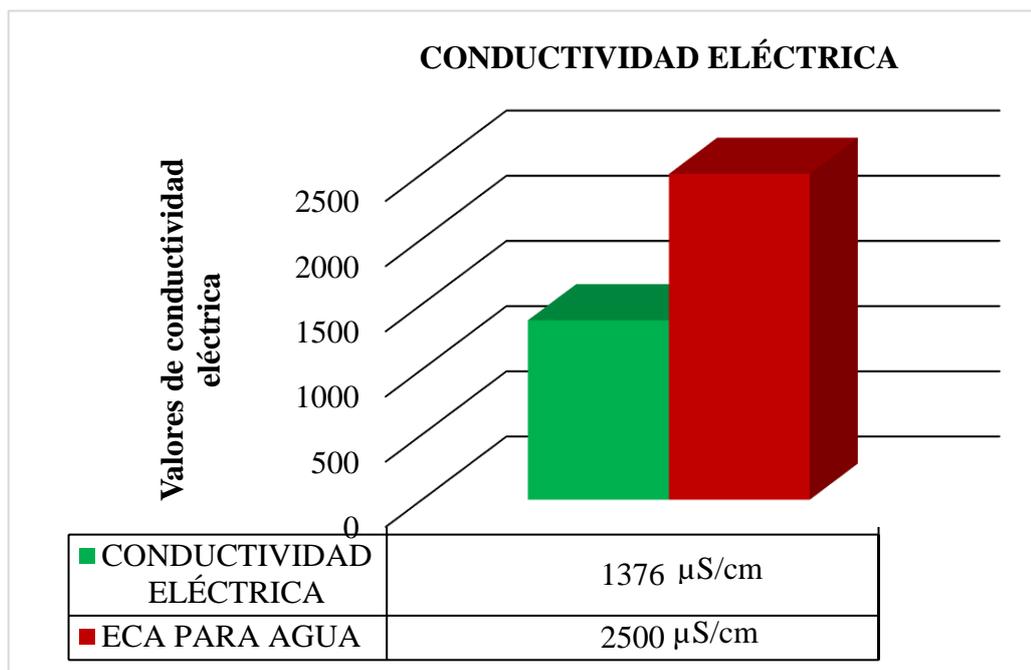


Figura 10. Concentración de conductividad eléctrica el 26 de mayo de 2019.

Los datos obtenidos del parámetro turbidez registraron mayor concentración en las Aguas Mielles de *Coffea sp.* con 1745.2 UNT esto nos indica que existe una gran perturbación del agua al ser utilizado para el lavado de *Coffea sp.* tomando como referencia el ECA para agua categoría 1: Poblacional y Recreacional nacional, Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable; podemos decir que su turbidez es demasiado elevado (MINAM, 2017).

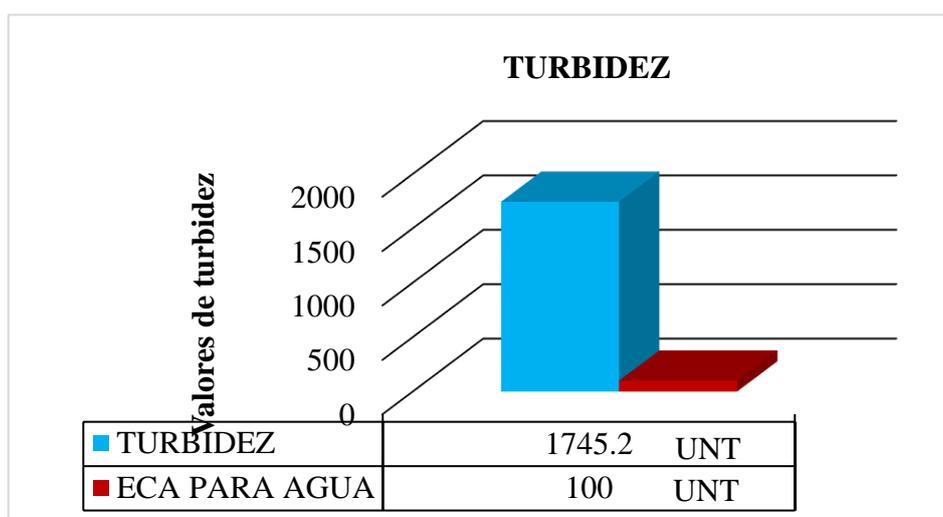


Figura 11. Concentración de turbidez el 26 de mayo de 2019.

Según López et al (1989) menciona que “la causa de que el valor del pH sea bajo, en este tipo de aguas se debe, a que el mucilago que es arrastrado en el proceso de despulpado contiene ácidos volátiles como el acético, cítrico, succínico y otros compuestos” (Puerta y Ríos, 2011).

Se reportó contenidos de ácido galacturónico, málico, cítrico y propiónico en soluciones obtenidas con café recién despulpado y encontraron variaciones de la concentración de estos ácidos durante la fermentación (Puerta y Ríos, 2011).

Otro fundamento de la excesiva acidez del agua miel, es la presencia de una gran concentración de materia orgánica. Al respecto manifiesta que al finalizar la etapa del lavado del grano de café, el agua utilizada contiene una carga orgánica en términos de demanda química de oxígeno (DQO), alrededor de 43,615 mgO₂/L., lo que equivale a 6 kilogramos de DBO₅, lo que significa una producción de 45.45 kilogramos de café oro (Guzmán, 2012).

Además, indica que los azúcares totales constituyen del 6,15 % al 7,40 % del peso húmedo del mucílago (48,01 % a 70,48 % en base seca) y están conformados por 63 % de azúcares reductores y 37 % de azúcares no reductores, la oxidación de los azúcares produce ácidos urónicos (Puerta y Ríos, 2011).

La oxidación se debe a la presencia de las levaduras y bacterias lácticas, encargadas de la fermentación de los azúcares reductores del mucílago de café. La oxidación produce etanol, ácido láctico y otros compuestos. De otra parte, los azúcares no reductores son degradados primero por hidrólisis y luego por fermentación de los azúcares reductores obtenidos. Así, la sacarosa se hidroliza en el medio ácido de la fermentación, se invierte y forma glucosa y fructosa que son fermentables, por lo tanto, oxidables, tendiendo a la formación de ácidos glucurónicos (Puerta y Ríos, 2011).

El mejor de todos, el que se puede recomendar para incrementar el pH, es el mayor efecto produce y mejor resultado nos da pero tiene similitudes con el tratamiento de *Eichhornia crassipes* M. a 50 % de biomasa y *Eichhornia crassipes* M. a 75 % de biomasa. Pero los tratamientos que no dan muy buen resultado son los tratamientos *Eichhornia crassipes* M. a 25 % de biomasa y el testigo que es el agua miel sin intervención de *Eichhornia crassipes* M.

El tratamiento sin intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el agua miel no es aceptable debido a que el incremento de pH es demasiado bajo.

5.2. Acción fitorremediadora de *Eichhornia crassipes* M. (Jacinto de Agua)

En los datos obtenidos después del tratamiento fitorremediador se registraron mayor valor de medición del pH de las aguas mieles de *Coffea sp.* con la intervención de *Eichhornia crassipes* M. (Jacinto de Agua) 25 % de área de contacto del recipiente da un pH de 7.936; en 50 % es de 8.051 pH; 75 % es de 8.042 pH; 100 % es de 8.174 pH; llegando a obtener aguas básicas; tomando como referencia el ECA Nacional del agua podemos decir que el pH se encuentra dentro de los valores que es permitido (MINAM, 2017).

Además dándonos a conocer que el agua miel de *Coffea sp.* sin intervención de *Eichhornia crassipes* M. (Jacinto de Agua) su aumento de pH es poca, manteniéndose en una agua acida.

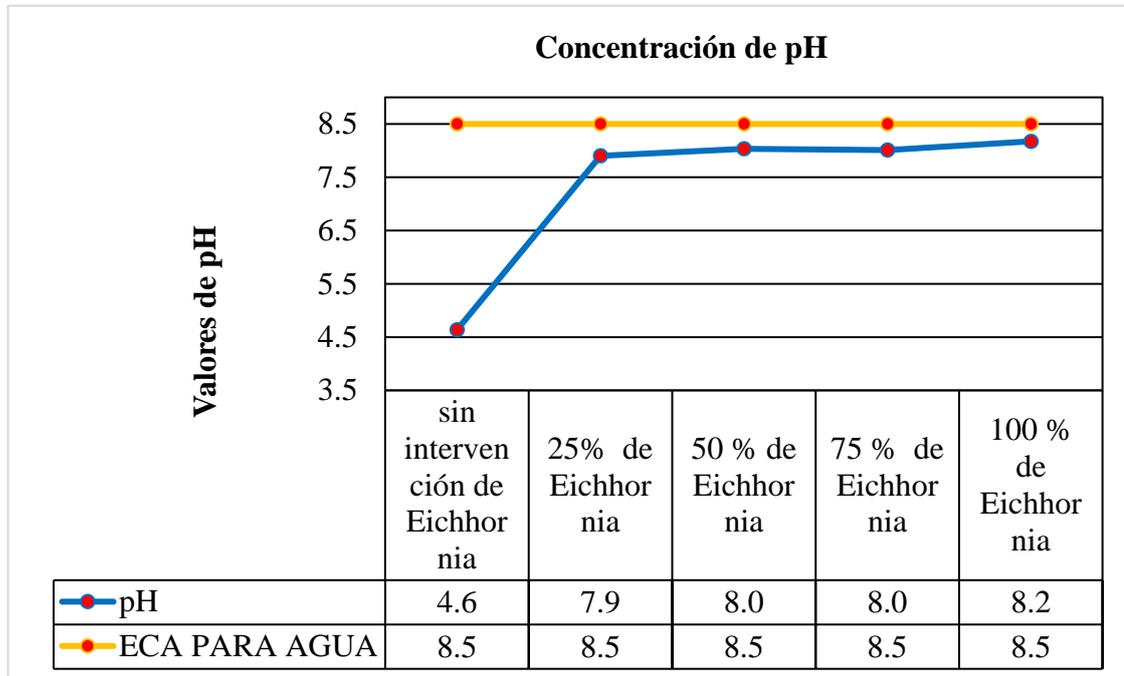


Figura 12. Concentración de pH el 26 de junio de 2019.

El análisis de varianza con un nivel de confianza de 95 % nos indica que operador Fisher (F calculado) es mayor que el F experimental (F tabulado), por lo tanto se rechaza que los tratamientos sean iguales, existiendo diferencias significativas entre tratamientos, de *Eichhornia crassipes* M. a 25 %, *Eichhornia crassipes* M. a 50 %, *Eichhornia crassipes* M. a 75 %, *Eichhornia crassipes* M. a 100 % y agua miel sin intervención de *Eichhornia crassipes* M.

El Jacinto de agua crece en una amplia variedad de tipos de humedales y prefiere aguas con nutrientes enriquecidos. Sin embargo, esta variedad puede tolerar una variación considerable en los niveles de nutrientes, temperatura y pH.

Es por esta razón que la biomasa, se mantuvo vital, en el medio acuoso de pH agresivo de 3.3.

Los mecanismos de tolerancia que han desarrollado las plantas para resistir y sobrevivir a la exposición de contaminantes involucran como estrategia la mineralización y solubilización. La mineralización reduce la biodisponibilidad de los

contaminantes, que por tanto no pueden ser absorbidos. La solubilización está relacionada con la transformación del contaminante a una forma soluble, es decir, su transformación de una forma no asimilable a una asimilable (Poma y Valderrama, 2014).

El Juncito de agua utiliza estas estrategias que le permiten romper moléculas de ácidos orgánicos y transformarlos en compuestos asimilables por la planta, esto lo realiza por un complejo sistema bioquímico que comienza en la rizosfera, realizando fitoextracción de nutrientes.

En el tratamiento se observa que el cuarto tratamiento es el óptimo por existir mayor área rizosfera de contacto, esta es una de las razones por las que el pH se incrementó.

Otro mecanismo es la destoxificación muy recurrente en las plantas, como el Jacinto de agua, el mecanismo ocurre dentro del organismo, los contaminantes individuales experimentan una biotransformación al ser acomplejadas o "secuestradas" por un ligando o agente quelante existente o sintetizado. Esta estrategia, conocida como quelación (Poma y Valderrama, 2014).

Entre los componentes quelantes producidos por las plantas; es principalmente histidina, cisteína metalotioneínas y fitoquelatinas, siendo los dos últimos los más importantes (Poma y Valderrama, 2014).

El Jacinto de agua posee un sistema de raíces, que tienen microorganismos asociados a ellas que favorece la acción depuradora, las plantas acuáticas retienen en sus tejidos metales pesados (cadmio, mercurio, arsénico) y algunos compuestos orgánicos, tales como fenoles, ácido fórmico, colorantes y pesticidas, y disminuye niveles de DBO (demanda biológica de oxígeno), DQO (demanda química de oxígeno) (Castillo, 2017).

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las mediciones que se realizaron del agua miel de *Coffea sp.* empleando fitorremediación con *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” permite atenuar el nivel de contaminación de dichas aguas debido a que logran incrementar el nivel de Potencial de iones Hidrogeno (pH); encontrándose sus concentraciones dentro del nivel de ECA Nacional para agua. (MINAM, 2017)

Las mediciones fisicoquímicas (pH, conductividad eléctrica, turbidez), que se realizaron en las agua mieles de *Coffea sp.* reporta que los niveles no encajan con los niveles de ECA-Agua debido que sus concentraciones de pH es 3.3426; conductividad es 1376.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y su turbidez es 1745.2 UNT. (MINAM, 2017)

El mejor el tratamiento es el cuarto (T4), relación de *Eichhornia crassipes* M. a 100% de biomasa en el agua miel, debido a que existe mayor porcentaje de biomasa, mayor superficie de contacto, entre los rizomas de las especies y el agua contaminada, el pH de respuesta final fue 8.74, llegando a los valor óptimo por la normatividad ambiental del ECA Nacional de agua.

El presente trabajo recomienda la implementación de *Eichhornia crassipes* M. “Jacinto de agua” en los pozos de “agua miel” de *Coffea sp.*, de los Cafetaleros, como alternativa secundaria.

Realizar determinaciones de concentraciones puntuales e identificación de los ácidos orgánicos y metales pesados existentes en el agua miel para su posterior incorporación como nutrientes en cultivos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTILLO , E. W. (2017). *EFICIENCIA DE Lemna sp Y Eichhornia crassipes, EN LA REMOCIÓN DE NUTRIENTES DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CELENDÍN*. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1735/TESIS%20EISNER%20WILL%20CASTILLO%20ROJAS%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AMBIENTE, M. D. (JUNIO de 2019). *MINAM.COM*. Obtenido de [www:ANALISISCOFEA.COM](http://www.ANALISISCOFEA.COM)
- ANACAFE. (2005). *Asociacion Nacional del Cafe.Los sub productos del cafe*. Recuperado el 13 de 03 de 2019, de https://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficioHumedo_Subproductos
- ANDINA, A. P. (25 de 06 de 2019). *ANDINA*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-cajamarca-se-posiciona-como-principal-region-exportadora-cafe-723307.aspx>
- Atehortua, y Gartner. (2013). *Estudios preliminares de la biomasa seca de eichhornia crassipes como adsorbente de plomo y cromo en aguas*. *Revista colombiana de materiales*. Recuperado el 11 de 04 de 2019, de <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/15084> (4), 81-92.
- Castillo, E. (2017). *EFICIENCIA DE Lemna sp Y Eichhornia crassipes, EN LA REMOCIÓN DE NUTRIENTES DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CELENDÍN*. Obtenido de *EFICIENCIA DE Lemna sp Y Eichhornia crassipes, EN LA REMOCIÓN DE NUTRIENTES DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CELENDÍN*: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1735/TESIS%20EISNER%20WILL%20CASTILLO%20ROJAS%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CENICAFE. (2015). *Prácticas y estrategias para el ahorro, uso eficiente del agua y el control de la contaminación hídrica en el proceso de beneficio húmedo del café*. Recuperado el 12 de 04 de 2019, de <https://www.cenicafe.org/es/publications/Beneficio-del-cafe-en-Colombia.pdf>
- Guzmán , J. E. (2012). *Efecto de cinco dosis de hidróxido de calcio en el tratamiento de aguas residuales del beneficiado húmedo del café, en Cooperativa Loma Linda, El*

- Palmar, Quetzaltenango, durante el periodo cafetalero 2006-2007*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2012/06/17/Guzman-Jose.pdf>
- INFOJARDIN. (2013). *Tipos de plantas acuaticas*. Recuperado el 03 de 06 de 2019, de <http://articulos.infojardin.com/acuaticas/especies-plantasacuaticas.htm#flotantes>
- Jaramillo, M. y Flores, E. (2012). *Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales Lemma minor (Lenteja de agua) y Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales de actividad minera*. Recuperado el 03 de 04 de 2019, de <http://dspace.ips.edu.ec/handle/123456789/2939>
- MINAM, M. d. (2017). *Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Obtenido de Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM .- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Minaya, R. (2017). *PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS, PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN LALAGUNA MORONACocha, ÉPOCA DE TRANSICION CRECIENTE-VACIANTE. IQUITOS. PERU. 2016*. Recuperado el 10 de 04 de 2019, de http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4690/Reynaldo_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1
- Molina, L. V. (1999). *Gastos defensivos del beneficiado de café en zona pacífica central de Nicaragua*. Recuperado el 02 de 04 de 2019, de <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0181E/A0181E.PDF>
- Poma, V. R. y Valderrama, A. C. (2014). *Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie Eichhornia Crassipes (jacinto de agua)*. Recuperado el 24 de 03 de 2019, de Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie Eichhornia Crassipes (jacinto de agua): http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2014000300003&script=sci_arttext
- Puerta, G. I. y Ríos, S. (2011). *COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MUCÍLAGO DE CAFÉ, SEGÚN EL TIEMPO DE FERMENTACIÓN Y REFRIGERACIÓN*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gloria_Puerta-Quintero/publication/303174721_Composicion_del_mucilago_de_cafe_segun_el_tiempo_de_fermentacion_y_refrigeracion/links/592f726ba6fdcc89e783ef97/Composicion-del-mucilago-de-cafe-segun-el-tiempo-de-fermentac
- Reichenaumer, y Germida. (2008). *Phytoremediation of organic contaminants in soil and groundwater. ChemSusChem. 1:708-717*. Recuperado el 13 de 06 de 2019, de [https://scholar.google.com.pe/scholar?q=\).+Phytoremediation+of+organic+contaminants+in+soil+and+groundwater&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwiAn4uz1e_NAhUG_R4KHf1HDEgQgQMIGjAA](https://scholar.google.com.pe/scholar?q=).+Phytoremediation+of+organic+contaminants+in+soil+and+groundwater&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwiAn4uz1e_NAhUG_R4KHf1HDEgQgQMIGjAA)

- Roman, A. (2017). *Junta Nacional Del Cafe*. Recuperado el 15 de 03 de 2019, de Junta Nacional Del Cafe: <http://larepublica.pe/turismo/rumbos-al-dia/795727-cajamarca-es-la-region-con-mayor-numero-de-productores-de-cafe-organico>
- Salazar, J. M. (2012). *Estimación del volumen de las aguas residuales vertidos a la cuenca del Rio*. Recuperado el 22 de 05 de 2019, de http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/ESTIMACION%20DEL%20VOLUMEN%20DE%20LAS%20AGUAS%20RESIDUALES%20VERTIDOS%20A%20LA%20CUENCA%20DEL%20RIO%20ENTAZ.pdf
- Salguero, E. (1996). *Valoración económica de la contaminación de las fuentes de agua por los desechos de la industria del beneficiado húmedo del café: el uso del concepto de costo defensivo*. Recuperado el 12 de 07 de 2016, de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0523E/A0523E.PDF>
- Severiche, C. Castillo, B. M. & Acevedo, R. (2013). *Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas*. Obtenido de Manual de Métodos Analíticos para la Determinación de Parámetros Fisicoquímicos Básicos en Aguas: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Zegarra, D. (2016). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del manantial Huañambra en José Gálvez-Celendín*. Recuperado el 10 de 04 de 2019, de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1761/TESIS-DIANA%20ZEGARRA%20CH%C3%81VEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres, por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mi hermana, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

CARRERO FERNÁNDEZ, Nilton Lenis.

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre Miriam que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

Al hombre que me dio la vida, mi papá Carlos, el cual a pesar de distantes, ha estado siempre cuidándome y guiándome con sus consejos.

A mi hermano Jerson que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a dos amigas, Sarita Marín y Jenny Marrufo que gracias a su apoyo, y conocimientos hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

TAPIA ACUÑA, Jailer Hernán.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos las fuerzas para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de nuestra vida.

Nuestro agradecimiento sincero a las personas que nos apoyaron desinteresadamente en la ejecución de nuestro trabajo a nuestro asesor de tesis Mg. Jorge Antonio Delgado Soto y a la M.Sc. Lizbeth Maribel Córdova Rojas por su asesoramiento y recomendaciones en la elaboración y culminación del proyecto. Agradecemos también al PhD. Manuel Antonio Canto Sáenz por sus conocimientos, apoyo y amistad que fueron determinantes en nuestra investigación.

Finalmente agradecemos el apoyo incondicional de amigos y de nuestra familia.

VIII. ANEXOS



Figura 13. Lavado del cafeto para la obtención del agua miel.



Figura 14. Captación de Agua miel de *Coffea sp.*

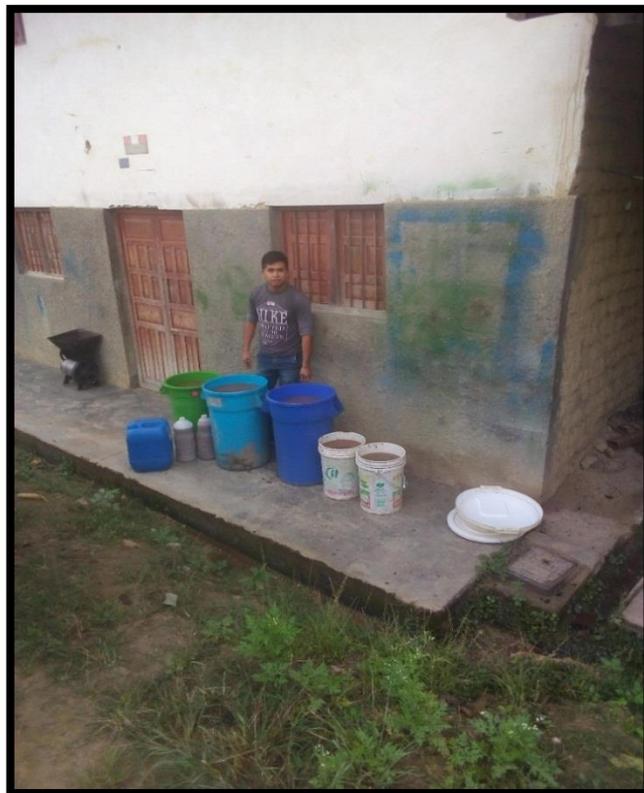


Figura 15. Recolección del agua miel de *Coffea sp.*



Figura 16. Transporte del agua miel de *Coffea sp.*



Figura 17. Recipientes acondicionados por áreas.



Figura 18. Recolección de los ejemplares de Jacinto de Agua de los tesista Nilton Lenis Carrero Fernández lado izquierdo y Jeiler Hernán Tapia Acuña lado derecho, en la Laguna Azul - distrito de Huarango.



Figura 19. Instalación del Agua Miel de *Coffea sp.*



Figura 20. Instalación de los ejemplares de Jacinto de Agua.



Figura 21. Acondicionando el área donde será instalado los recipientes.



Figura 22. Instalación de *Eichhornia crassipes* M, en los recipientes.



Figura 23. Recopilando muestras del agua miel para ser llevados al laboratorio.



Figura 24. Coordinado con el Mg. Jorge Antonio Delgado Soto (asesor) para la medición del agua miel.



Figura 25. Medición del agua miel de *Coffea sp*, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

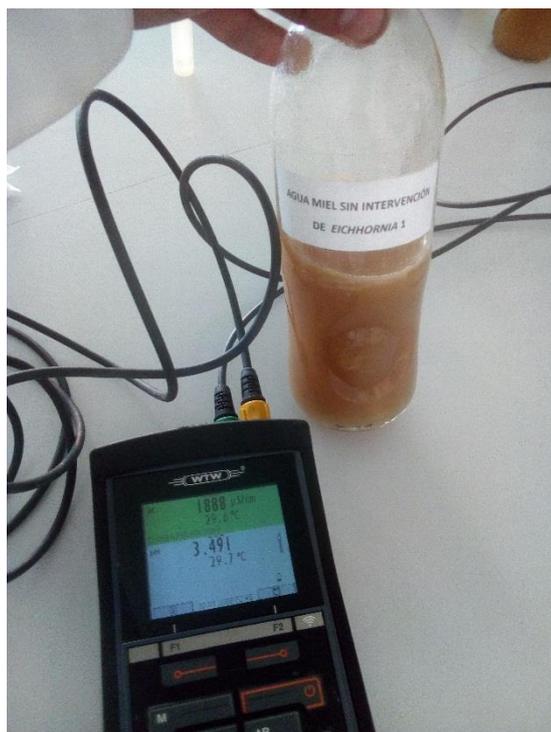


Figura 26. Medición del agua miel de *Coffea sp*, sin intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 27. Medición de pH del agua miel de *Coffea sp*, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 28. Medición de pH y conductividad eléctrica del Agua Miel de *Coffea sp*, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 29. Medición del agua miel de *Coffea sp*. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

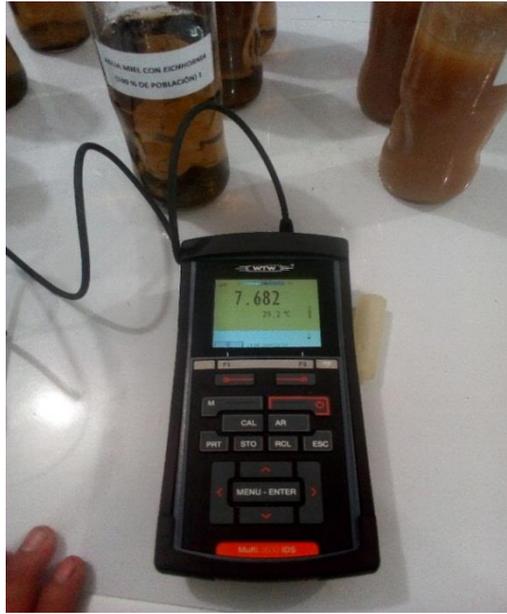


Figura 30. Aumento de pH del agua miel de *Coffea sp*, con la intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 31. Medición del agua miel de *Coffea sp*, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 32. Medición del agua miel de *Coffea sp.* sin intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 33. Medición del agua miel de *Coffea sp.*, sin intervención de *Eichhornia crassipes* M, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 34. Medición del agua miel de *Coffea sp.*, con el 75 % de intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 35. Medición del agua miel de *Coffea sp.*, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

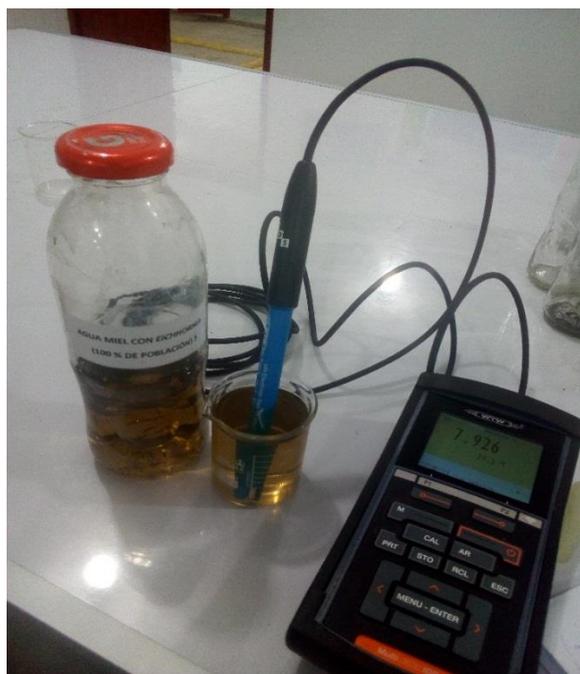


Figura 36. Medición de pH del agua miel de *Coffea sp*, al 100 % del área con intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.

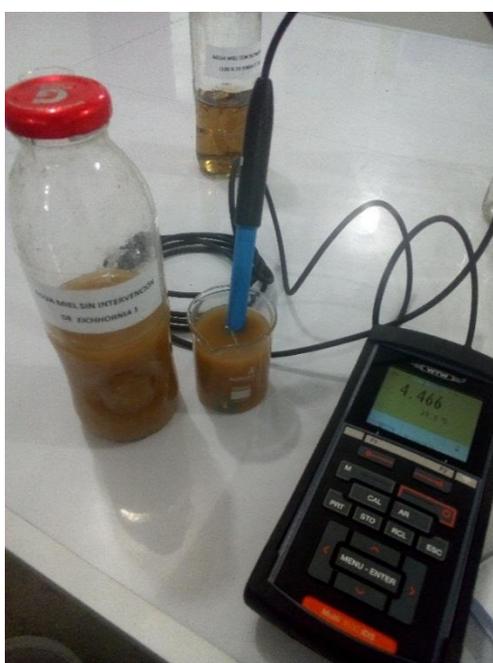


Figura 37. Medición de pH del agua miel de *Coffea sp*, sin intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.



Figura 38. Medición de turbidez del agua miel de *Coffea sp*



Figura 39. Medición de pH del Agua Miel de *Coffea sp*, al 100 % del área con intervención de *Eichhornia crassipes* M. en el laboratorio de la Universidad Nacional de Jaén.