UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE LA COOPERATIVA “CAFETALERA PACAYAL COFFE S.A”. EN EL MUNICIPIO DE CHINACLA, LA PAZ, HONDURAS

POR

ANA CONCEPCION PINTO LOPEZ

DIAGNÓSTICO

CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, CA

JUNIO 2019

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE LA COOPERATIVA “CAFETALERA PACAYAL COFFE S.A”. EN EL MUNICIPIO DE CHINACLA, LA PAZ, HONDURAS

POR

ANA CONCEPCION PINTO LOPEZ

ING. JORGE CARDONA. M.Sc.
Asesor Principal

DIAGNÓSTICO PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS, OLANCHO HONDURAS, CA

JUNIO 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el Salón del Sistema de Información Geográfica, adscrita a la Facultad de Ciencias de la Tierra y la Conservación de la Universidad Nacional de Agricultura la: **M Sc. JORGE ORBIN CARDONA HERNÁNDEZ, M Sc. RAMÓN LEÓN CANACA CALDERÓN y el M Sc. OSCAR IVÁN FERREIRA CATRILEO,** miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

La estudiante **ANA CONCEPCIÓN PINTO LÓPEZ** del IV Año de la Carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe.

"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE PACAYAL COFFEE S.A. EN EL MUNICIPIO DE CHINACLA, LA PAZ, HONDURAS."

El cual a criterio de los examinadores, Aprobó este requisito para optar al título Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los diecisiete días del mes de mayo del año dos mil diecinueve.

M Sc. JORGE ORBIN CARDONA HERNÁNDEZ
Consejero Principal

M Sc. RAMÓN LEÓN CANACA CALDERÓN
Examinador

M Sc. OSCAR IVÁN FERREIRA CATRILEO
Examinador

DEDICATORIA

A **Dios** por ser el principio de toda sabiduría

A mi madre **BERTA ALICIA LÓPEZ** como el mejor regalo que le puedo brindar por todo su esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi vida.

Al resto de toda mi familia por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A DIOS PADRE TODO PODEROSO por darme la fuerza y la sabiduría para terminar mi carrera.

A mi madre **BERTA ALICIA LÓPEZ** por haberme apoyado en todos los momentos que la necesite.

A mis hermanos **Mercedes, Suyapa, José, Hugo, Tono, Oscar, Orlando**. Que de una u otro forma me apoyaron para llegar a feliz término mi carrera.

A **JHALMAR MARADIAGA Y NANCY RAUDALES** por su apoyo dentro de la institución donde realice mi trabajo y al proyecto **PROLEMPA** por el soporte económico para la realización de esta investigación.

A los ingenieros del **IHCAFE** por su apoyo técnico para la realización de este trabajo.

A mis asesores **Msc. Jorge Cardona, Msc. Ramón Canaca, Msc. Oscar Ferreira**. Por su comprensión y apoyo en mi trabajo

A mis compañeras de cuarto, **Andrea Andino, Ana Bessy, Candy Cristina, Sandy Ferrera y Katia Zamanta** por los buenos y malos momentos que vivimos durante estuvimos juntas.

A **Pacayal Coffee S.A**. Por permitirme realizar mi trabajo en su beneficio.

A todos muchas gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA i
AGRADECIMIENTO ii
LISTA DE CUADROS vi
LISTA DE FIGURAS vii
LISTA DE ANEXO viii
RESUMEN ix
I INTRODUCCIÓN 1
II OBJETIVOS 3
2.1 General 3
2.2 Específicos 3
III REVISIÓN DE LITERATURA 4
3.1 Beneficiado húmedo del café 4
3.1.1 Lavado del café 4
3.1.2 Aguas residuales del café 5
3.2 Características físicas de las aguas residuales 5
3.2.1 Color 5
3.2.2 Turbidez 5
3.2.3 Conductividad 6
3.2.4 Sólidos en suspensión, disueltos y sedimentables 6
3.3 Características Químicas de las aguas residuales 6
3.3.1 pH 7
3.3.2 Demanda química de oxigeno 7
3.3.3 Demanda biológica de oxigeno 7
3.3.4 Nitrógeno, nitritos y nitratos 8
3.3.5 Sulfatos 8
3.4 Tratamientos de aguas residuales 9
3.4.1 Lagunas de estabilización 10
3.5 Procesos biológicos y químicos en la digestión anaerobia 12
3.6 Impacto Ambiental 13
3.7 Impactos ambientales generados por el sector café. 14
3.7.1 Uso del agua 14

3.7.2 Impacto social 14
IV MATERIALES Y METODOS 15
4.1 Descripción del lugar donde se realizó el trabajo 15
4.2 Materiales y Equipo 16
4.3 Proceso metodológico 16
4.4 Proceso de beneficiado 16
4.4.1 Método 16
4.4.1 Información del beneficio de café 17
4.5 Evaluación de la eficiencia de una laguna de oxidación 17
4.5.1 Parámetros químicos y físicos evaluados 17
4.5.3 Muestreo 17
4.5.4 Criterios para la toma de muestra 18
4.5.4 Protocolo de Muestreo 18
4.6 Evaluación de impacto ambiental. 20
4.6.1 Matriz de Leopold 20
V DISCUSIÓN Y RESULTADOS 21
5.1 Fases del proceso de beneficiado del café 21
5.1.1 Primera fase 22
5.1.2 Segunda Fase 22
5.1.3 Tercera Fase 23
5.2 Evaluación de la eficiencia de una laguna de oxidación 24
5.3 Parámetros evaluados 24
5.3.1 Parámetros Químicos 24
5.3.2 Parámetros Físicos 25
5.4 Fosforo 30
5.5 Nitrógeno total de Kjeldahl 30
5.6 Mediciones de pH en la laguna 30
5.7 Evaluación del impacto ambiental generado por el beneficio de Pacayal Coffee S.A 32
5.7.1 Calidad del Aire ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.7.2 Calidad del suelo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.7.3 Agua ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.7.4 Empleo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.7.5 Condiciones de vida ..... **¡Error! Marcador no definido.**

VI CONCLUSIONES 34
VII RECOMENDACIONES 35
VII BIBLIOGRAFIA 36
ANEXOS 40

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Normas de calidad para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores 13
Cuadro 2 Concentraciones de contaminaciones en la laguna de oxidación 25
Cuadro 3 Mediciones de pH en la laguna 31
Cuadro 4 Evaluación del impacto ambiental con la matriz de Leopold..... 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del beneficio de Pacayal Coffee S.A 15
Figura 2 Tolva para recibir el café uva..... 22
Figura 3 Área donde se encuentra el beneficio ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 4 Área de pulpa 23
Figura 5 Laguna de Oxidación 24
Figura 6 Concentraciones de DBO y DQO dentro de la laguna..... 26
Figura 7 Relación DBO y DQO con factor tiempo 27
Figura 8 Concentraciones de S. Sedimentables y S. Suspendidos en la laguna..... 28
Figura 9 Relación S. Sedimentables y S. Suspendidos con el factor tiempo 28
Figura 10 Comportamiento de pH en la laguna de Pacayal Coffee S.A 31

LISTA DE ANEXO

Anexo 1. Lista de asistencia para socializar el trabajo 41
Anexo 2. Encuesta aplicada a la gerencia general de la cooperativa 42
Anexo 3. Encuesta de cuantificación de aguas residuales de la cooperativa 43
Anexo 4. Socialización del trabajo con los socios de la cooperativa 44
Anexo 5. Recolección de muestras para análisis 44
Anexo 6. Monitoreo de pH en la laguna de la cooperativa 45
Anexo 7. Laguna de oxidación de la cooperativa Pacayal Coffee S.A. 45
Anexo 8. Siembra de barrera viva a las orillas de la laguna 46
Anexo 9. Matriz de Leopold para determinar el impacto ambiental 47

Pinto López, A, C. Evaluación del sistema de tratamiento de aguas mieles de la cooperativa cafetalera “Pacayal Coffee S.A” en el municipio de Chinacla, La Paz. Licenciado en recursos naturales y ambiente. UNA, Catacamas, Olancho, Honduras. 59 paginas.

RESUMEN

El siguiente estudio se realizó en el municipio de Chinacla, departamento de La Paz, con la finalidad de evaluar la eficiencia del tratamiento de aguas mieles de la cooperativa Pacayal Coffee S.A, la cual está ubicado en la comunidad de las Pilas. La fase campo consistió en realizar una descripción del proceso de beneficiado, luego toma de muestras de agua residual de la laguna de oxidación, así como también realizar un análisis del impacto ambiental utilizando el método más conocido como es la matriz de Leopold. En este estudio se evaluaron dos tipos de parámetros, físicos: solidos suspendidos y solidos sedimentables, parámetros químicos: DBO, DQO, fosforo, nitrógeno y pH. Los resultados obtenidos mediante el análisis realizados a la laguna en cuanto a la reducción de materia orgánica se puede mencionar que la DBO se redujo un 36.66%, la DQO se redujo en un 77.89%, los sólidos sedimentables redujeron un 54.33% y los sólidos suspendidos se redujeron en un 16.16%. En cuanto a los nutrientes La laguna presento niveles altos de P con 246.2 mg/l y nitrógeno con cantidades de 138.8 mg/l. También se monitoreo el pH encontrando que la laguna presentaba pH bajos que andan en un rango de 4.3 a 5.3, debajo de lo normal para el funcionamiento de la laguna. En el análisis de impacto ambiental se obtuvo que el beneficiado de café afecta negativamente al ambiente ya que afecta algunos factores ambientales como ser agua, suelo y aire. La laguna no está realizando la remoción de materia orgánica de una forma satisfactoria presentando niveles altos relacionados con los permitidos según la normativa de descarga en cuerpos receptores vigente en Honduras.

Palabras claves: Agua residual, DBO, DQO, pH, solidos suspendidos, solidos sedimentables.

I INTRODUCCIÓN

Honduras es un país donde existen muchas asociaciones entre ellas las cooperativas cafetaleras. Una cooperativa de café es un grupo de productores que cooperan para mejorar su acceso a los recursos, aprovechar mejores oportunidades de comercialización y negocios, brindar capacitaciones y buscan darle solución al manejo de subproductos del beneficiado del café (Petrich 2015).

Los ingresos por producción de café representan el 5% del PIB nacional y el 35% del PIB agropecuario (Zelaya 2016). La materia prima, como el fruto del café, constituye una fuente finita de recursos, al ser manejados con tecnologías funcionales (ANACAFE 2012). El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel). Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con el agua limpia (Sorto 2010).

En una región donde gran parte de los terrenos están dedicados al cultivo de café, es importante analizar el impacto ambiental que producen. El procesado del café genera dos tipos de residuos, la pulpa y las aguas mieles. Éstas últimas tienen un pH entre 4 y 4.5, y presentan una Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 27.400 Mg O_2/l lo cual significa que acidifican el agua donde se depositan estos residuos (Brusi y Navaz 2016). Si se vierten sin control resultan contaminantes para la tierra y fuentes de agua, modificando el pH y reduciendo los nutrientes naturales disponibles. Cuando llegan a las quebradas modifican las condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada (Gonzales 2018).

El presente diagnostico tiene el objetivo principal de la evaluación del sistema de tratamiento de aguas mieles de la cooperativa cafetalera Pacayal Coffee S.A. y conforme a los resultados que se obtengan, poder ofrecer alternativas para reducir la contaminación provocada por el uso inadecuado de los desechos provenientes de la transformación de la materia prima del fruto del café. El trabajo de investigación se desarrolló a través de una colaboración conjunta que involucro a las siguientes organizaciones: Proyecto Promoción del Desarrollo Económico Rural para Mujeres y Jóvenes de la Región Lempa de Honduras (PROLEMPA) financiado con fondos de Asuntos mundiales Canadá, Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) y la Universidad Nacional de Agricultura (UNA).

II OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar un sistema de tratamiento para aguas mieles del beneficio de la cooperativa Pacayal Coffee S.A. en la comunidad de las Pilas, municipio de Chinacla en el departamento de la Paz Honduras.

2.2 Específicos

Describir el proceso de beneficiado de café en la cooperativa Pacayal Coffee S.A. en el municipio de Chinacla, La Paz.

Evaluar la eficiencia de una laguna de estabilización en la remoción de materia orgánica, mediante parámetros fisicoquímicos.

Realizar análisis del impacto ambiental del manejo de las aguas mieles resultantes del beneficiado de café en la cooperativa Pacayal Coffee S.A. en el municipio de Chinacla, La Paz.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Beneficiado húmedo del café

El beneficiado húmedo es el método de procesamiento de café más utilizado en Centroamérica, México y Colombia, el método surgió como una alternativa para solucionar el problema de la fermentación inmediata y excesiva del café en zonas tropicales. Luego de la cosecha de la cereza se eliminan los componentes externos, después los frutos son depositados en despulpadoras para eliminar el epicarpio o pulpa, seguidamente se utilizan tanques de fermentación para obtener la hidrólisis del mucílago mediante la acción de enzimas propias del grano y de microorganismos en el agua en donde el tiempo de fermentación es variable (Romero *et al*. 2011).

3.1.1 Lavado del café

El lavado del café, debe de realizarse en la pila de fermentación, donde se agita con una paleta hasta que quede libre de mucílago y a la vez, se aprovecha para eliminar los restos de pulpa y pergamino flotante (vano). Este lavado en las pilas posibilita el ahorro y posterior tratamiento del agua utilizada. Es necesario hacer cuatro enjuagues o lavados a cada partida de café, para evitar dañar la calidad del mismo enviándose esta agua residual a las lagunas u otras metodologías de manejo (Funez *et al*. 2014).

3.1.2 Aguas residuales del café

Se producen durante el proceso de beneficio húmedo del fruto de café, estas son aguas biodegradables, pero poseen una acidez alta, concentraciones de materia orgánica alta, solidos suspendidos, solidos disueltos y solidos sedimentaos conformados particularmente por pectina y protopectinas, demandas biológicas y químicas de oxigeno muy altas, del orden de 15000 a 30000 ppm en las aguas mieles, y entre 60000 y 120000
ppm en los lixiviados generados en la mezcla pulpa mucilago, lo que corresponde a poderes contaminantes entre 60 y 240 veces superiores a las aguas residuales domesticas (Clavijo 2016).

3.2 Características físicas de las aguas residuales

3.2.1 Color

Es el resultado de la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácidos húmicos turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. Constituye un aspecto importante en términos de consideraciones estéticas. Los efectos del color en la vida acuática se centran principalmente en aquellos derivados de la disminución de la transparencia, es decir que, además de entorpecer la visión de los peces, provoca un efecto barrera a la luz solar, El color, olor y sabor así como la turbidez, son parámetros que en forma conjunta le dan calidad al agua en lo que se refiere a sus características estéticas que son muy importantes para el usuario (AWEA 2012).

3.2.2 Turbidez

Es la capacidad que tiene la materia finamente dividida o en estado coloidal de dispersar la luz. La turbidez es una característica que se relaciona con el contenido de sólidos finamente divididos que se presentan en el agua. Sus unidades son NTU’s.

La turbidez del agua es un parámetro de importancia no solo porque es una característica de pureza en el agua. También la turbidez interfiere en procesos de tratamiento de las aguas como es en la desinfección con agentes químicos o con radiación ultravioleta (OMS 2013).

3.2.3 Conductividad

La conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales ó sólidos disueltos que tiene un agua natural. Los iones en solución tienen cargas positivas y negativas; esta propiedad hace que la resistencia del agua al flujo de corriente eléctrica tenga ciertos. Si el agua tiene un número grande de iones disueltos su conductividad va a ser mayor. Cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sólidos o sales disueltas en ella (OMS 2013).

3.2.4 Sólidos en suspensión, disueltos y sedimentables

Los sólidos en suspensión es el material que se encuentra en fase sólida en el agua en forma de coloides o partículas sumamente finas, y que causa en el agua la propiedad de turbidez. Cuanto mayor es el contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez. A diferencia de los sólidos disueltos, estos pueden separarse con mayor o menor grado de dificultad por procesos mecánicos como son la sedimentación y la filtración, Las partículas o sólidos suspendidos se componen de material orgánico e inorgánico. El material orgánico es principalmente algas o microorganismos y el inorgánico. Además están los sólidos sedimentables son la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (mL/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente (OMS 2013).

3.3 Características Químicas de las aguas residuales

3.3.1 pH

Este parámetro es definido como el logaritmo del inverso de la concentración de hidrogeniones; El intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítico, la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0. Fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción, la medida del pH tiene amplia aplicación en el campo de las aguas naturales y residuales. Es una propiedad básica e importante que afecta a muchas reacciones químicas y biológicas (AWEA 2012).

3.3.2 Demanda química de oxigeno

La demanda química de oxígeno, DQO, corresponde a la cantidad de oxigeno requerida para oxidar completamente por medios químicos los compuestos orgánicos a CO2 y H2O, Este otro tipo de prueba consiste en determinar la cantidad total de materia orgánica, en términos de la cantidad de oxigeno que se requiere para oxidar ésta a dióxido de carbono y agua. Para esto se efectúa la oxidación de dicha materia orgánica utilizando agentes fuertemente oxidantes en un medio ácido, Debido a las condiciones tan drásticas empleadas en la oxidación, prácticamente toda la materia orgánica es oxidada a bióxido de carbono y agua. Substancias que no son fáciles de digerir biológicamente como por ejemplo la lignina (Osorio y Peña 2014).

3.3.3 Demanda biológica de oxigeno

Para medir la concentración de contaminantes orgánicos, en las aguas que resultan del beneficiado, el parámetro más utilizado es la Demanda biológica de oxígeno o (DBO), esta se define como la concentración de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos, La DBO es una medida del oxígeno que usan los microorganismos para descomponer el agua residual.

Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho. Con esto se pretende medir exclusivamente la concentración de contaminantes orgánicos (MIFIC 2007).

3.3.4 Nitrógeno, nitritos y nitratos

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento de algas y causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias reduciendo por ende los niveles de este, Las diferentes formas del nitrógeno son importantes en determinar para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos (SENA 2003).

El nitrógeno total presente en aguas residuales puede clasificarse en tres grandes grupos: Amoniacal, oxidado, y orgánico. De todas estas formas las que tienen una gran importancia desde el punto de vista de la depuración de aguas son el nitrógeno amoniacal y el orgánico por tratarse de formas susceptibles de oxidación natural que provocan demandas de oxígeno en el medio ambiente. La suma de ambos grupos constituye el nitrógeno total de kjeldahl NTK (Calix y Cruz 2014).

3.3.5 Sulfatos

Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y son relativamente abundantes en las aguas duras. La cantidad de cristales es proporcional a la concentración de sulfatos en la muestra y la absorbancia luminosa de la suspensión, se puede medir espectrofotométricamente a 420 nm, siendo la concentración de SO_4^{2-} determinada respecto a una curva de calibración (Alberto *et al*. 2013).

3.4 Tratamientos de aguas residuales

La contaminación ambiental es un problema que se ha venido agravando con el tiempo y que debe ser atendido de manera eficaz. El tratamiento de aguas residuales, es decir, aquella cuyas características han sido modificadas por diversos usos, es una manera de controlar la contaminación de los cuerpos de agua donde estas son descargadas, con la finalidad de remover de estas la mayor cantidad de residuos que pueden causar contaminación y asegurar de esta forma, que el cuerpo receptor tenga calidad de agua tal pueda sustentar los usos que se le da a dicho cuerpo de agua, de acuerdo a la normatividad ambiental vigente (Cárdenas *et al* 2005).

El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. En el tratamiento de aguas residuales se pueden distinguir hasta cuatro etapas de depuración que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos; los cuales están enmarcados dentro del pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario (MIFIC 2007).

La población centroamericana se ha enfrentado desde hace mucho tiempo al problema de las aguas mieles. Esto ha creado diferentes planteamientos para la disposición de los residuos creando diseños, métodos y estructuras físicas para tratarlos. Generalmente este tipo de requisitos de diseño es al que nos enfrentamos en la disposición final de aguas residuales en cualquier sector de la población, para el tratamiento apropiado de las mismas para esto se utilizan distintos métodos como ser lagunas de estabilización; este constituye un sistema natural que ofrece costos mínimos de operación y ,mantenimiento, por lo cual es reconocido como el más adecuado para las condiciones económicas de poblaciones de bajos recursos financieros; convirtiéndose en una solución. (Martínez y Guzmán 2003)

3.4.1 Lagunas de estabilización

Son el método más simple de tratamiento de aguas residuales que existe. Están constituidos por excavaciones poco profundas cercadas de taludes de tierra. Generalmente tiene forma rectangular o cuadrada. Las lagunas tienen como objetivos: remover de las aguas residuales la materia orgánica que ocasionan la contaminación, liminar microorganismos patógenos que representan un peligro para la salud. Utilizar su efluente para reutilización, con otras finalidades, como la agricultura (Calix y Cruz 2014).

Los procesos más importantes que tienen lugar en una laguna son: Oxidación de la materia orgánica por bacterias aeróbicas. La respiración bacteriana provoca la degradación de la DBO células del agua residual hasta CO_2 y H_2O produciendo energía y nuevas producción fotosintética de oxígeno. La fotosíntesis algal produce, a partir de CO_2, nuevas algas, y que es utilizado en la respiración bacteriana (Calix y Cruz 2014).

En países de América latina y el Caribe el término lagunas de estabilización ha sido usado preferentemente puesto que describe la función real de este proceso y al mismo tiempo incluye tanto lagunas aeróbicas como anaeróbicas. Existen varias formas de clasificar lagunas, de acuerdo con el contenido de oxígeno, pueden ser anaeróbicas, aeróbicas y facultativas. Si el oxígeno es suministrado artificialmente con aeración mecánica o aire comprimido, se denomina lagunas airadas (Yánez 2013).

Las lagunas de estabilización son estructuras simples para embalsar agua, de poca profundidad de 1 a 3 m y con periodos de retención de magnitud considerable (de uno a cuarenta días) (generalmente construidas de tierra), en donde se lleva a cabo una combinación de procesos como son: sedimentación, digestión y conversión de desechos orgánicos por bacterias y algas. Se clasifican de acuerdo al contenido de oxígeno en los siguientes grupos (Escalante-*et al* 2010).

- ✓ Aerobias, se diseñan a poca profundidad para que la luz solar puede llegar hasta el fondo de la misma.
- ✓ Anaerobias, que se diseñan para tratar aguas residuales con concentraciones altas de materia orgánica.
- ✓ Facultativas, donde el proceso de degradación se lleva a cabo en tres fases. En el fondo en condiciones anaerobias, la fase intermedia la llevan a acabo microorganismos facultativos y en la parte superior la fase aeróbica (Escalante-*et al* 2010).

A Lagunas de estabilización aerobias

Las lagunas aerobias suelen medir de 1 a 1.3 m de profundidad de tal forma que la luz solar pueda llegar hasta el fondo de la misma, de esta forma se facilita que crezcan algas y que produzcan oxígeno para las bacterias aerobias. Las lagunas deben ser aerobias en todo el contenido. Una razón para mantener las lagunas aerobias poco profundas es para controlar el crecimiento de las algas, , en lugares muy fríos no se utilizan lagunas aerobias ya que pueden congelarse completamente en invierno y paralizar el tratamiento del agua residual (AWEA 2012).

B Lagunas de estabilización facultativas

Las lagunas facultativas son aquellas que poseen una zona aerobia y una zona anaerobia, situadas respectivamente en superficie y fondo. Se recomienda una profundidad de 1.8 a 2.0 metros en las lagunas facultativas. Por tanto, en estas lagunas podemos encontrar cualquier tipo de microorganismo, desde anaerobios estrictos en el fango del fondo hasta aerobios estrictos en la zona inmediatamente adyacente a la superficie. Sin embargo, los seres vivos más adaptados al medio serán los microorganismos facultativos, que pueden sobrevivir en las condiciones cambiantes de oxígeno disuelto típicas de estas lagunas a lo largo del día y del año, el propósito de las lagunas facultativas es remover la DBO y DQO bajo condiciones aeróbicas, aprovechando principalmente la simbiosis entre las algas y bacterias (Brock 2010).

C Lagunas de estabilización anaeróbicas

Las lagunas anaerobias constituyen un proceso de tratamiento que opera bajo una condición de ausencia de oxígeno, las lagunas anaerobias se utilizan normalmente como primera fase en el tratamiento de aguas residuales urbanas o industriales con alto contenido en materia orgánica biodegradable. El propósito de estas lagunas es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual, y no la obtención de un efluente de alta calidad. Los criterios de diseño son los siguientes (Vasconez 2014).

- ✓ Carga Superficial: Se emplea para comprobar que la carga sea suficientemente alta a fin de sobrepasar la carga facultativa.
- ✓ Carga Volumétrica: esta depende de la cantidad de agua que se utilice y la cantidad de quintales que se procese.
- ✓ Profundidad y Eficiencias: Son los dos parámetros que tienen mayores divergencias, el período de retención está en relación directa con el tipo de desecho.
- ✓ Acumulación de Sólidos, esta tiene que ver con la cantidad de años en operación (ver cuadro 1)

3.5 Procesos biológicos y químicos en la digestión anaerobia

- ✓ Hidrolisis
- ✓ Acidogenesis
- ✓ Acetogenesis
- ✓ Metanogénesis

Cuadro 1. Normas de calidad para descarga de aguas residuales en cuerpos receptores

PARAMETROS	VALOR PERMISIBLE
DBO	50 mg/L
DQO	200 Mg/L
Solidos suspendidos	100 mg/L
Solidos sedimentables	1 ml/L
pH	6 a 9
Fosforo	5 mg/l
Nitrógeno	30 mg/L

(Reglamento del vertido aguas residuales de Honduras 2007)

3.6 Impacto Ambiental

El Impacto Ambiental (IA) puede ser definido como la alteración producida en el medio natural donde el hombre desarrolla su vida, ocasionada por un proyecto o actividad dados. El IA tiene una clara connotación de origen humano, dado que son las actividades, proyectos y planes desarrollados por el hombre, los que inducen las alteraciones mencionadas, las cuales pueden ser o bien positivo, cuando impliquen mejoramiento de la calidad ambiental, o bien negativas cuando ocurra la situación contraria. Los IA se caracterizan por varios factores, los cuales son usualmente considerados entre otros- en las técnicas de valoración de impactos (Sáenz 1991).

- Magnitud: calidad y cantidad del factor ambiental afectado.
- Importancia: condicionada por la intensidad, la extensión, el momento y la reversibilidad de la acción.
- Signo: si es benéfico +, o si es perjudicial

3.7 Impactos ambientales generados por el sector café.

El cultivo del café genera impactos ambientales que requieren adecuado manejo. Es por ello que se ha tomado en consideración como uno de los sectores productivos que debe de mejorar para reducir emisiones. Las actividades ligadas al procesamiento del café que generan afectaciones al medio ambiente, son en síntesis:

3.7.1 Uso del agua

El beneficio del café que requiere el empleo de beneficio tradicional se estima el uso de entre 40 y 60 litros de agua para la obtención de 1 kg. de café pergamino seco en las volúmenes importantes de agua. Con los métodos de actividades de transporte, despulpe, fermentación, clasificación y lavado. Tradicionalmente la pulpa del café que resulta del beneficio ha sido depositada a las corrientes de agua, lo que genera un aumento considerable de la demanda bioquímica de oxígeno, aumento de la carga de sólidos totales, incremento en la temperatura del agua, generación de olores y pérdida de la calidad visual en las épocas de cosecha (Informe de la Reunión Nacional de Medio Ambiente 2001).

3.7.2 Impacto social

Los impactos sociales están relacionados con la calidad de vida de los productores y pobladores aledaños, debido a los impactos ambientales que originan el beneficio húmedo del café. Afectaciones paisajísticas, tanto por la deforestación como por el vertimiento de las aguas residuales del beneficio del café a los ríos, que limitan su recreación y su posible explotación con fines recreativos. Limitaciones relacionadas con el sustento familiar por la contaminación de los ríos en épocas cafetaleras y pérdida de biodiversidad.

IV MATERIALES Y METODOS

4.1 Descripción del lugar donde se realizó el trabajo

Chinacla se ubica en el Departamento de La Paz, a unos 100 kilómetros de Tegucigalpa, situado en una planicie rodeado de montañas Sus coordenadas de ubicación UTM son las siguientes: X: 393233 Y: 1570572 a una altura de 1,348 msnm (Anexo 2 ubicación geográfica). En el municipio de Chinacla se cuenta con 8 aldeas y 41 caseríos. Tiene una superficie territorial de 57.50 km^2, una altitud de 1290 msnm y una población de 8,096 habitantes. El presente trabajo de investigación se realizó en la cooperativa cafetalera Pacayal Coffee S.A ubicado en Chinacla, La Paz, Honduras, en los meses de Febrero hasta abril de 2018 (Figura 1).

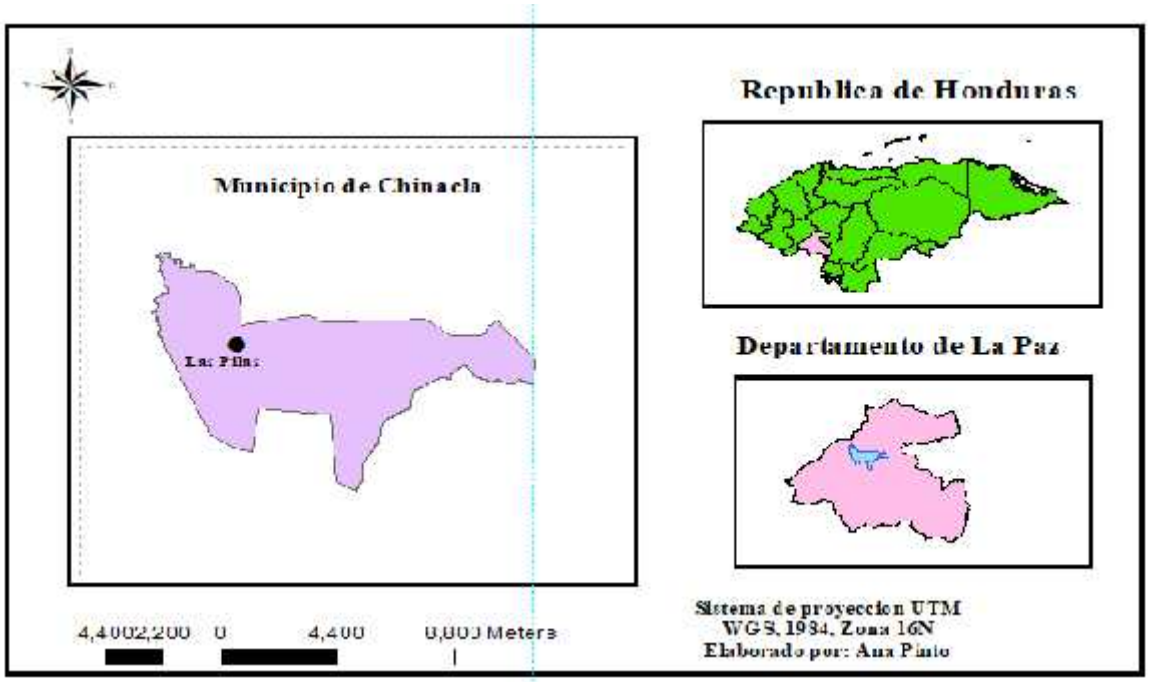


Figura 1. Ubicación geográfica del beneficio de Pacayal Coffee S.A

4.2 Materiales y Equipo

Para el desarrollo de esta investigación se necesitó:

- Baldes
- Botes de un galón
- Rotuladores
- Tape
- Etiquetas
- Peachimetro
- Calculadora
- Planos
- Hielera
- Computadora
- Lápiz tinta
- GPS

4.3 Proceso metodológico

Para esta investigación se trabajó con productores de Pacayal Coffee S.A. Ubicada en la comunidad de las Pilas, municipio de Chinacla, departamento de La Paz, con los cuales se formó el comité de investigación agrícola local (CIAL), integrado por un total de 32 productores de 7 municipios del departamento de La Paz, donde tiene influencia la cooperativa, interesados en el tratamiento de aguas mieles (Anexo 1).

4.4 Proceso de beneficiado

4.4.1 Método

Se utilizó el método participativo en el cual la gerencia general de Pacayal Coffee S.A. nos apoyó brindando información confiable y real sobre el beneficio húmedo con el cual ellos cuentan. Utilizando como herramienta la encuesta tipo entrevista. Para conocer el tipo de máquinas con el que cuentan, área de despulpado, de secado y el tratamiento que utilizan para el manejo de los subproductos. (Ver anexo 2).

También se realizó una cuantificación de aguas residuales del beneficio, esto con el objetivo de conocer que cantidad de agua se producen durante el proceso de despulpado. (Ver Anexo 3)

4.4.1 Información del beneficio de café

Para tener información acerca del beneficio se le aplico la encuesta tipo entrevista al personal de pacayal coffee para conocer como son las instalaciones y el equipo por el que está compuesto el mismo. Las preguntas que esta incluye se refieren a la capacidad y eficiencia del beneficio

4.5 Evaluación de la eficiencia de una laguna de oxidación

4.5.1 Parámetros químicos y físicos evaluados

Se evaluó la demanda química de oxigeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), fosforo y nitrógeno y pH. Parámetros físicos se evaluó sólidos sedimentables y sólidos suspendidos.

4.5.3 Muestreo

Durante toda la investigación se llevaron a cabo varias jornadas de muestreo desde febrero hasta abril en las fechas siguientes: 7 de febrero, 22 de febrero, 14 de Marzo, 27 de marzo, 11 de Abril, 23 de abril y 1 de Mayo. El monitoreo de pH se realizó desde Marzo hasta finales de Abril en las siguientes fechas 12 de Marzo, 23 de marzo, 27 de marzo, 12 de Abril, 23 de abril.

4.5.4 Criterios para la toma de muestra

Para tomar las muestras se siguieron recomendaciones del IHCAFE, se inició tomando la primera muestra durante el primer corte para verificar que condiciones presenta el agua residual en esta parte de la cosecha, la segunda muestra se tomó durante el segundo corte o el tiempo pico de la cosecha donde se estima que llega la mayor parte de café de la zona, la tercera muestra se tomó en el último corte tratando de conocer el tipo de agua residual que genera en este momento.

La siguiente muestra se tomó 15 días después de finalizado el corte para ver cómo estaba funcionando la laguna con el proceso de reducción de la materia orgánica, en esta muestra también se tomó en cuenta analizar la cantidad de fosforo y nitrógeno Kjeldahl. La quinta muestra se realizó 15 días después de la última para ver el proceso como transcurría, la sexta 10 días después para verificar si la laguna está funcionando bien y la ultima 10 días después.. El primer monitoreo de pH se realizó durante el tercer corte luego se repetía cada 10 días para conocer el funcionamiento de la laguna,

4.5.4 Protocolo de Muestreo

Para este proceso se utilizó el método más simple y con costos más ajustados al presupuesto a continuación se detalla el procedimiento utilizado.

A **Muestreo de agua**

Al momento del muestreo, por recomendación de técnicos del IHCAFE se tomaron seis submuestras en diferentes puntos de la laguna, luego se depositaban en un recipiente para homogenizar la mezcla y se depositaba en un contenedor plástico de un galón, se tapaban y guardaba en una hielera. (Anexo 5)

B **Monitoreo de pH**

Para medir el PH en la laguna se utilizó agua de la laguna se colocaba en una recipiente pequeño, en esta agua se introducía el peachimetro previamente calibrado en solución buffer y se esperaba que se estabilizara para obtener el dato de pH, para este procedimiento se utilizó un peachimetro portátil, PHIMETRO DIGITAL PH -2011 DE 0^0-50^0C. (Ver anexo 6)

C **Identificación de las muestras**

Los botes con las muestras de agua se identificaron con la información siguiente:

- Departamento
- Municipio
- Comunidad
- Nombre de la empresa
- Responsable del muestreo
- Tipo de muestra
- Hora y fecha de muestreo
- Sitio de la muestra

D **Envió de las muestras al laboratorio**

Después de la recolección de las muestras, sin ser expuestas al sol se depositaron en una hielera con el fin de reducir los niveles de temperatura y evitar los procesos que puedan llevarse a cabo mientras las muestras eran transportadas hacia el laboratorio, el cual fue en un periodo de seis horas después de ser colectadas las muestras

4.6 Evaluación de impacto ambiental.

Para determinar el impacto ambiental que tienen las aguas mieles generadas por el beneficio de café en Pacayal Coffee S.A se analizó todo el proceso del beneficiado utilizando la matriz de Leopold el cual es un método ampliamente utilizado para la evaluación cualitativa y permite designar el carácter del impacto positivo y negativo (Peláez 2014).

4.6.1 Matriz de Leopold

Es una técnica de relación causa-efecto se realizó con el propósito de sistematizar la relación entre las acciones implementadas en el proyecto y su posible efecto en factores ambientales.

La técnica se realizó de la siguiente manera:

Se determinaron las acciones como ser recibo de café, despulpado, manejo de subproductos, secado. Y factores ambientales están el agua, suelo, aire, empleo, calidad de vida, que se ven afectados positiva o negativamente y se procedió a crear la matriz (ver anexo 9).

Los valores de la magnitud del impacto y el valor de la importancia de la misma han sido preestablecidos en tablas de referencia. Los valores de la magnitud del impacto varían entre + 1 hasta +10 si el impacto es positivo. Cuando el impacto se evalúa como negativo se asignan valores entre -1 a -10. La valoración de la importancia del impacto sobre el ambiente siempre tiene valores positivos que van desde el 1 hasta el 10.

V DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Pacayal Coffee S.A. es una empresa constituida con 49 socios de siete municipios de la paz (Chinacla, San José, Santa maría, Santiago, Márcala, Cabañas, Opatoro y Santa Ana), que inicia operaciones en el año 2014. Cuenta con un beneficio compacto con una área de diez metros cuadrados instalado en la comunidad de las Pilas municipio de Chinacla, este beneficio cuenta con la capacidad de procesar 100 qq de café en uva por hora con un consumo de agua de 22 litros de agua por qq de café oro despulpado, de acuerdo al IHCAFE 2015, un beneficio tradicional haciendo un buen uso del agua utiliza entre 300 y 350 litros de agua por quintal de café oro despulpado. Lo que nos indica que esta cooperativa hace uso racional del agua para el proceso de despulpado.

La cosecha en esta zona inicia en el mes de Enero y finaliza los primeros días de Abril debido a que es una zona que está ubicada a 1,348 m.s.n.m. y en la cual venden sus cafés productores de siete municipios donde el tiempo de cosecha varía de acuerdo a la variedad de café como también al clima de la zona. Siendo estos meses donde se realiza el proceso de beneficiado y por ende se producen las aguas mieles y la pulpa como subproductos del procesamiento del fruto de café. Sin embargo Esta empresa trabaja durante todo el año ya que se dedica a diferentes actividades referente al procesamiento del café desde la recolección en las fincas hasta la exportación de cafés especiales a diferentes partes del mundo.

5.1 Fases del proceso de beneficiado del café

Para el procesamiento del café dentro del beneficio se realizan tres fases:

5.1.1 Primera fase

Recibo: Los productores llevan su café donde es recibido por personal encargado en el área, este es seleccionado con el objetivo de verificar que el fruto este en su punto óptimo para conservar la calidad del fruto, luego es pesado y depositado en la tolva, se hace en seco aprovechando la gravedad, mediante la tolva construida de metal con una medida de 3 metros cuadrados con capacidad para 50 qq uva. El ángulo formado entre sus paredes y el piso es de 45 grados, es decir, con una pendiente que permita el café se desliza solo hasta el área donde es despulpado (figura 2).



Figura 2. Tolva para recibir el café uva de la cooperativa.

5.1.2 Segunda Fase

Despulpado: Este proceso inicia al momento que pasa de la tolva y entra al desempedrador donde es clasificado para evitar que lleve alguna piedra y que estas lleguen a la despulpadora y causar algún daño luego pasa a la despulpadora donde se le extrae la pulpa y se obtiene el grano de café después de esto pasa al desmucilaginador donde se le quita el mucilago utilizando agua, al salir de aquí pasa a las cribas que donde se clasifica y se termina de quitar los restos de mucilago que le han quedado y finalmente llega a la lavadora donde se enjagua y el café es enviado a través de tubos ya sea a los sacos o a los patios de secado. Como se considera un beneficio ecológico se estima que por cada quintal oro despulpado el consumo de agua es de 22 litros ayudando esto a reducir la cantidad de aguas residuales (mieles) lo que ayuda a reducir el impacto ambiental del beneficio. (Figura 3).



Figura 3. Área donde se encuentra el beneficio de la cooperativa

5.1.3 Tercera Fase

Manejo de Subproductos: Como resultado del beneficiado de café se obtienen sub productos como ser pulpa y aguas mieles. Para el manejo de la pulpa se aplicó cal en el área destinada a la misma, para evitar malos olores, luego esta era transportada a un plantel donde fue utilizada para elaborar abonos orgánicos. En los cuales se buscaba utilizar la pulpa y aplicar agua miel para generar abono que cumpliera con los requisitos para agregarlo al cafetal de los productores socios de la cooperativa. (Figura 4)



Figura 4. Área de pulpa en la cooperativa

En cuanto a las aguas mieles, para realizar esta investigación se trabajó con una laguna de oxidación con las siguientes medidas 17m de largo por 10m de ancho y 1.5m de profundidad, al momento de salir las aguas residuales del beneficiado son enviadas a la laguna donde son tratadas. Por recomendación del IHCAFE que indica que por cada quintal de café oro despulpado.

Se le debe agregar 1 libra de cal para el tratamiento de las aguas residuales. En este beneficio el tratamiento se le aplicaba directamente a la laguna y como es ecológico la cal se le agregaba de acuerdo a los litros de agua utilizados aplicando 3 gramos por cada litro de agua para llevar el pH a 6.5-7. También se le aplicaba microorganismos de montaña sólidos que también ayudan a estabilizar el pH, la dosis de estos fue recomendada por el proveedor, que nos indica que para una laguna con estas dimensiones se utilizan de libras de microorganismos. (Figura 5)



Figura 5 Laguna de oxidación de la cooperativa

5.2 Evaluación de la eficiencia de una laguna de oxidación

Para evaluar la eficiencia de la laguna se hicieron análisis químicos por lo cual se trabajó con el laboratorio de análisis industriales MQ, empresa que se dedica especialmente a este tipo de análisis, dicha empresa realiza los ensayos utilizando los métodos Standard Methods for Examination of Wáter and Waste Wáter 23ND Edition. Ubicado en Tegucigalpa.

5.3 Parámetros evaluados

5.3.1 Parámetros Químicos: Demanda química de oxigeno (DQO), utilizando el método ME 5220 D, lo cual es el equivalente al grado de contaminación de régimen orgánico que el agua posee la cantidad y disponibilidad de oxígeno.

Demanda biológica de oxigeno (DBO), utilizando el método ME 2510 B, la cual es la cantidad de oxigeno que necesitan los microorganismos para depurar la materia orgánica. Fosforo mediante el método ME 4500 P C para medir la concentración de nutrientes en el agua residual y Nitrógeno total de Kjeldahl ya que este tiene gran efecto en la depuración de las aguas residuales

5.3.2 Parámetros Físicos: Solidos sedimentables mediante el método ME 2540 F, para verificar si la laguna hace reducción considerable del total de solidos que ingresan al sistema. Y Solidos suspendidos, mediante el método ME 2540 D, para conocer la cantidad de solidos capaces de ser removidos del agua por litro de agua.

Cuadro 2. Concentraciones de contaminaciones en la laguna de oxidación

Resultados de análisis de agua Las Pilas, Chinacla La Paz					
Fecha	Tiempo (Días)	DBO mg/L	DQO mg/L	S. Sedimentables mg/l/h	S. Suspendidos Mg/l
7/2/19	0	16300	53678	1790	39
22/2/19	15	19400	43163	350	4400
14/3/19	35	13900	31819	20	2050
27/3/19	48	16766	27811	610	2
11/4/19	63	8580	13717	201.3	0.5
23/4/19	74	14000	25164	1.7	696.7
1/5/19	82	13450	24232	1.7	445.7
Valor máximo permisible según norma técnica		50 mg/L	200 mg/L	1 mg/L/l/h	100 mg/L

Se muestran las concentraciones de contaminantes que se presentaron en cada uno de los parámetros en cada muestra, además aparecen las fechas de la toma de muestras y el tiempo de concentración del agua.

Desde que entro a la laguna la primera agua producto del beneficiado del café. También se presentan los valores permisibles según la norma técnica permitida en la legislación hondureña para que estas aguas puedan ser descargadas en cuerpos de agua naturales. Como se muestra en el grafico la concentración de contaminantes sufría una reducción dependiendo el tiempo de residencia en la laguna, esto debido a la remoción de materia biodegradable por organismos encargados de este proceso. Sin embargo en la última muestra se puede observar que los parámetros aumentaron (Figura 6).

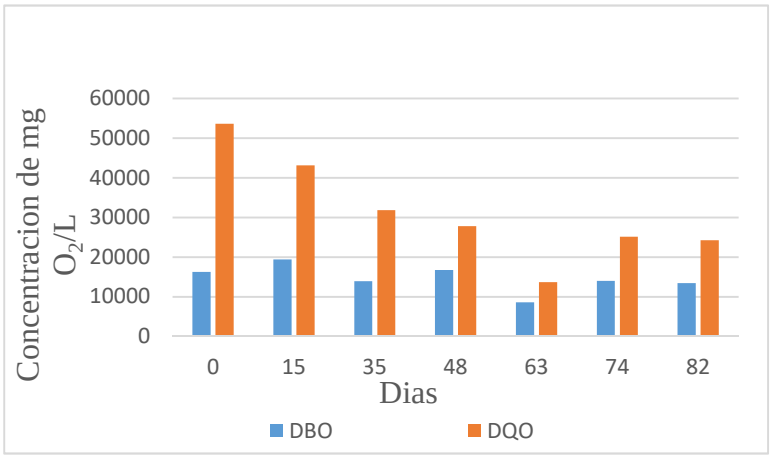


Figura 6. Concentraciones de DBO y DQO dentro de La laguna

Se muestran las concentraciones de DBO Y DQO expresado en mg O_2/L que estaban presentes al momento de la colección de muestras, y el tiempo que fueron tomadas. Analizando las cantidades se puede determinar que en esta laguna se encuentra poco materia orgánica biodegradable ya que los niveles de DQO se encuentran bastantes elevados por lo cual la mayoría de sustancias no biodegradables presentes en la laguna son recalcitrantes. Otro factor que puede afectar en cuanto a la reducción de DBO, es el pH, entre más acido es el agua residual menos disponibilidad de oxigeno existe para la remoción de materia biodegradable (Gonzales 2015) (Figura 6).

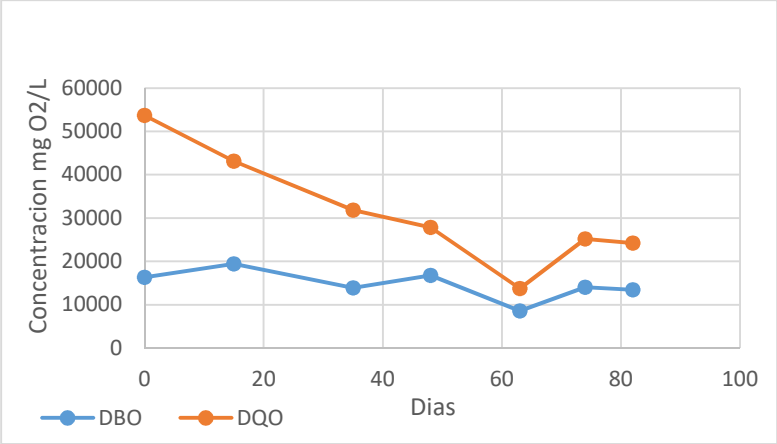


Figura 7. Relación DBO y DQO con factor tiempo

Se muestra el comportamiento que ha tenido la demanda biológica de oxigeno con respecto al tiempo de concentración en la laguna, se puede observar que es un manera no muy satisfactoria ya que los primeros días la laguna hacia su trabajo bien luego tuvo un ligero aumento lo que nos indica que algo no estaba bien. La tendencia de este parámetro es bastante variable sube y baja esto debido a que la laguna no cumplió con todas sus etapas de funcionamiento y los microorganismos no pudieron reproducirse y la cantidad de materia biodegradable es poca (Figura 7).

Tambien se pueden apreciar los valores de la demanda quimica de oxigen(DQO), que se obtuvieron durante los muestreos. Nos damos cuenta que la laguna hace una reduccion de la DQO considerable, en cuanto a la remocion de materia organica en relacion al tiempo de concentracion dentro de la laguna, la mayor reduccion de este parametro se obtuvo a finales de la investigacion alcanzo niveles de 8,580 mg/L. teniendo un aumento en la ultima muestra lo que nos indica que no esta trabajando correctamente.

En cuanto a los niveles maximos permisibles Metcalf y Eddy en (2003) nos dicen que se consideran medias a las concentraciones de DQO que se encuentran en un rango de 500 y mayor a 250 mg de O_2, el cual el caso de Pacayal Coffee S.A. las cantidades se encuentran arriba. Analizando las concentraciones que se encontraron en la laguna nos damos cuenta

Que es mayor a la cantidad de DQO que la normativa tecnica nacional acuerda para descarga de aguas residuales a cuerpos receptores la cual es de 200.00 mg de 0_2/L.

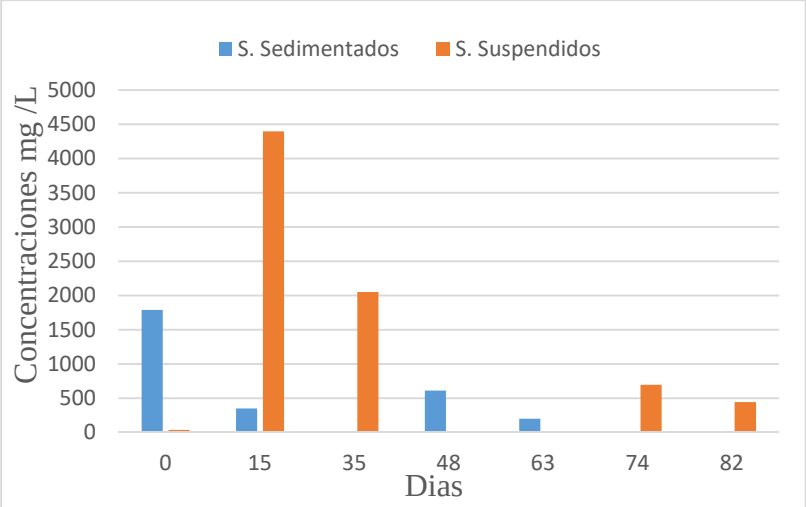


Figura 8. Concentraciones de S. Sedimentables y S. Suspendidos en la laguna

Se muestra el comportamiento de solidos sedimentables y solidos suspendidos durante la investigación mostrando una tendencia inesperada, los sólidos suspendidos representan una disminución lo cual indica que los sólidos se fueron sedimentando debido al tiempo que tiene el agua de estar en la laguna (Figura 8).

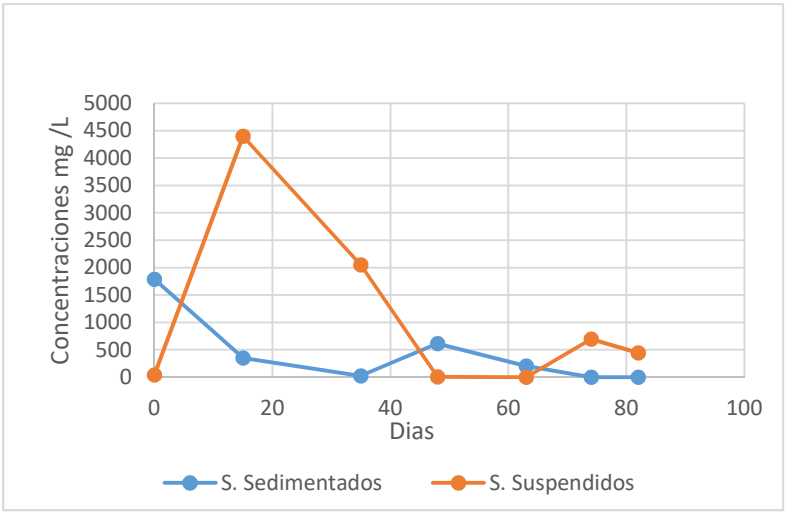


Figura 9. Relación S. Sedimentables y S. Suspendidos con el factor tiempo

Se muestran los diferentes niveles de solidos sedimentables encontrados en la laguna durante toda la investigación presentado 16,100 mg/L/h al momento de salir del beneficio y reduciendo considerablemente al momento de llegar a la laguna presentando 1,790 mg/L/h. los cuales se han sedimentando mediante el tiempo de residencia dentro de la laguna hasta llegar a 1.7 mg/L nivel un poco ajustado a lo permisible dentro de las normas técnicas de agua residual en Honduras. Esta norma estipula que el valor máximo permisible es de 1 ml/l/h, lo que nos indica que el agua de la laguna está por encima de los límites acordados. (Normas técnicas de descargas de aguas residual a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario 1996) (Figura 9).

En cuanto al porcentaje de remoción obtenido en el sistema de tratamientos de lagunas de oxidación de Pacayal Coffee S.A. la organización de Colombia mediante un grupo de ingenieros establece porcentajes de remoción de 70 a 85%, para sistemas de lagunas secundarios (EIA 2012).

También se muestra las concentraciones de solidos suspendidos con relación al tiempo de estadía dentro de la laguna, el porcentaje de depuración de este parámetro es bastante bajo, lo que nos indica que la laguna no está trabajando muy bien con la eliminación de solidos suspendidos. La revista EIA en (2012) nos dice que la laguna debería de realizar una reducción de solidos de entre 60 y 99% para que se considere que su funcionamiento es el adecuado.

En Honduras según la normativa vigente se considera que para que el agua de esta laguna sea vertida en cuerpos receptores de tener una concentración máxima de 100 mg/L, y según los resultados arrojados por los análisis esta laguna no realizó ninguna reducción de solidos suspendidos. Esto se podría deber a las condiciones que estaba expuesta la laguna.

5.4 Fosforo

Se realizaron análisis de fosforo para determinar la concentración de este parámetro en la laguna después de finalizada la cosecha de café y poder reutilizar el agua. La cantidad de fosforo fue de 242.6 mg/l, según la normativa de descarga vigente indica que esta cantidad está por encima de los niveles permisibles ya que ella sugiere de 5 mg de P/l. una de las causas en cuanto a la poca reducción de estos puede ser la poca disponibilidad de O_2 en el agua de la laguna lo cual causaría condiciones anaerobias y sería imposible la vida de los organismos degradadores los cuales son de origen facultativo (Barnard y Meiring 1988)

5.5 Nitrógeno total de Kjeldahl

En cuanto a nitrógeno Kjeldahl los resultados fueron de 138.8 mg/l y la normativa nos indica que el nivel permisible es de 30 mg/l. La eliminación de nitrógeno se da básicamente por nitrificación- desnitrificación. Este proceso es básicamente convertir el N en nitrógeno amoniacal a este proceso se le conoce como amonizacion (Fernández 2011) lo que nos indica que la laguna no está cumpliendo con esta función.

5.6 Mediciones de pH en la laguna

El pH es un factor de gran importancia ya que este nos indica cómo está funcionando la laguna, este nos indica como la presencia de oxígeno en la misma, factor que ayuda al crecimiento de microorganismos encargados de la descomposición de materia orgánica en la laguna y que ayudan a reducir los parámetros antes mencionados. Si el pH esta acido indica que no hay suficiente oxígeno para realizar la descomposición.

Cuadro 3. Mediciones de pH en la laguna

Medición de pH en Laguna facultativa			
No.	Fecha	Hora	pH
1	12/3/2019	11.30 am	8.01
2		12.30 pm	7.97
3		1.30 pm	7.98
4	22/3/2019	1.10 pm	4.55
5	27/3/2019	1.10 pm	4.66
6	12/4/2019	9.00 am	4.5
7	23/4/2019	10.00 am	5.3
7	26/4/2019	10.00 am	5.3

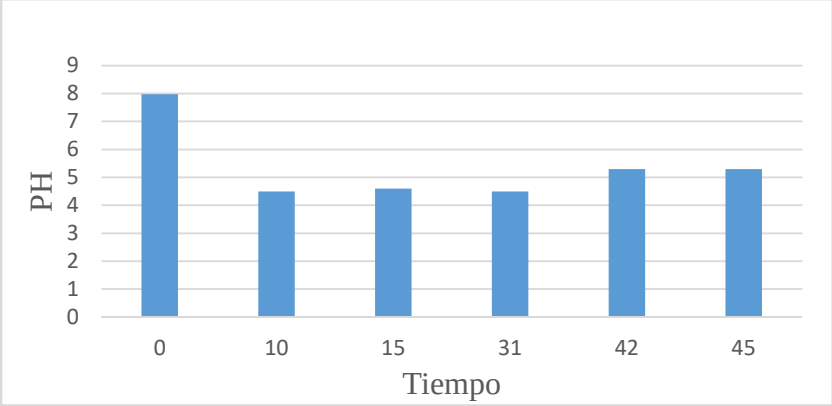


Figura 10. Comportamiento de pH en la laguna de Pacayal Coffee S.A

Como podemos observar, el pH de la laguna de Pacayal Coffee S.A. al inicio estaba dentro de los rangos considerables en una laguna que esta entre 6.5 y 7.5, luego este fue bajando hasta llegar a 4.5 los que nos indica que la laguna no estaba funcionando, y no paso a la siguiente etapa que es la acetogenesis para corregir este pH tan bajo después de hacer las mediciones se le aplicó a la laguna un tratamiento de cal y microorganismos de montaña. Con el objetivo de subir pH, la dosis utilizada de cal se obtuvo de conocer el volumen de agua que tenía la laguna hasta ese momento (Cuadro 3).

Se midió lo largo y el ancho de la laguna y la profundidad del agua hasta ese momento, luego esto se multiplico para tener la cantidad de metros cúbicos de agua, dando como resultado 17m largo por 10m de ancho por 0.8m de profundidad nos dio 136 m^3 de agua y por recomendación de IHCAFE por cada metro cubico de agua se le aplica una libra de cal. En ese momento a la laguna se le aplicaron 136 libras de cal y 10 libras de microorganismo solidos la dosis de estos últimos por recomendación del proveedor de los mismos. Después de una semana de aplicado el tratamiento se volvió a medir pH y este ya había subido a 5.3 lo que nos indica que el tratamiento estaba funcionando para corregir pH.

5.7 Evaluación del impacto ambiental generado por el beneficio de Pacayal Coffee S.A

5.7.1 Calidad del Aire: Durante la fase de operación las actividades realizadas por el beneficiado de café genera impactos significativos en el tratamiento de los subproductos del café como ser generación de gases, generación de lixiviados, malos olores entre otros. Lo que representa uno de los factores ambientales más afectados con un impacto negativo de -98 (Cuadro 4).

5.7.2 Calidad del suelo: Las actividades de generación y tratamiento de lixiviados generan un impacto significativo al momento de ser vertidas las aguas de la laguna en el suelo afectan la vegetación lo cual podría generar erosión en el suelo al estar expuesto.

5.7.3 Agua: Al momento de ser vertidas las aguas en el suelo, estas son filtradas al subsuelo llegando a contaminar las aguas subterráneas y produciendo un impacto negativo significativo, con un -98 ya que afecta el manto freático con las descargas de los lixiviados.

5.7.4 Empleo: En el proceso de recibo, despulpado y manejo de los subproductos del beneficiado del café, siembra de barreras vivas entre otras actividades generan impactos benéficos.

5.7.5 Condiciones de vida: En el proceso de operación del beneficio puede generar un impacto altamente significativo para las personas que allí trabajan

Cuadro 4. Evaluación del impacto ambiental con la matriz de Leopold

Acción	Recibo	Despulpado	Lavado	M. Pulpa	M. Aguas mieles	Secado	Afectaciones positivas	Afectaciones Negativas	Agregado de impacto
Factor Ambiental									
Agua	0	+48	-56	0	-90	0	0	3	-98
Aire	0	0	0	-56	-42	0	0	2	-98
Suelo	0	0	0	-18	-56	0	0	2	-74
Empleo	+10	+3	0	+25	+12	-4	5	0	+46
C. de vida	+3	-2	0	+4	0	0	3	0	5
Afecciones positivas	2	2	0	2	1	1			
Afecciones negativas	0	1	1	2	3	0			-219
Agregado de impacto	13	+49	-56	-45	-176	-4		-219	

VI CONCLUSIONES

El beneficio de Pacayal Coffee S.A. realiza un buen uso del agua en su proceso de beneficiado de café utilizando solo 22 litros de agua por quintal oro despulpado lo que viene a reducir La cantidad de aguas mieles que se puedan producir por el mismo

Según los parámetros fisicoquímico evaluados en el sistema de tratamiento de aguas mieles de la cooperativa Pacayal Coffee S.A, se determinó que no realiza una eficiente remoción de la materia orgánica.

Según los resultados obtenidos en cuanto a los análisis de P 242.6 mg/L y N 138.8 mg/L, estos se encuentran en cantidades altas con respecto a la normativa técnica hondureña 5 mg/L y 30 mg/L respectivamente lo que nos indica que la laguna está teniendo un mal funcionamiento en cuanto a la reducción de nutrientes, estas cantidades son significativas para un medio receptor.

Según los resultados obtenidos el impacto ambiental es de carácter negativo, el beneficiado de café afecta ambientalmente debido a que sus actividades afecta varios factores ambientales entre los más importantes están el agua y el aire que se ven afectados por el manejo de los subproductos del café como ser la pulpa a través de los gases que expulsa así mismo las aguas mieles debido a sus altos contenidos de materia orgánica.

VII RECOMENDACIONES

Realizar mediciones de pH en el agua cruda que entra al beneficio para así determinar la cantidad de cal se necesita para el tratamiento de las aguas residuales del café.

Se recomienda un sistema lagunar que cumpla con los requisitos para el tratamiento de aguas mieles del beneficio que tenga un afluente y un efluente y así reducir la cantidad de materia orgánica del agua de las lagunas. Para evitar malos olores u otro tipo de contaminación ambiental.

Realizar evaluaciones de pH en las lagunas de manera más periódica, así de esta manera descubrir alteraciones y cambios que se puedan estar dando dentro de la laguna.

Realizar un plan de manejo para las aguas mieles y no depositarlas directamente al suelo ya que esto provoca efectos significativos al ambiente.

VII BIBLIOGRAFIA

Alberto, C; Sierra, S; Enrique, M; Bertel, C. 2013. BÁSICOS EN AGUAS Marlon Enrique Castillo Bertel. :101.

Antecedentes del tratamiento de aguas residuales 2003. Caracteristicas de las aguas residuales.(en Linea) consultado el 23 de marzo de 2019. Disponible en http://www.capac,org/web/portals/0/biblioteca_virtual/doc003/capitulo2.pdf

AWEA, C. 2012. Metodos normalizados para el analisis de aguas potables y residuales. Diaz de santos, Madrid. :46.

Brock, M. 2010. Lagunas facultativas y los distintos mecanismos para su uso y manejo.

Cairncross, DM y Sa. 1990. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura. .

CIID, CI de I para el D. 2014. Manejo de subproductos del cafe, composicion, tecnologia y utilizacion. s.l., s.e.

Clavijo. 2016. Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. .

Erickson, N. 2001. Manejo y conservación de suelos, manual de conferencias, ciencias d suelo, Zamorano. .

Escalante-estrada, VE; Garzón-zuñiga, MA. 2010. Opciones de tratamiento para aguas residuales de tres granjas porcícolas. 2(2):87–90. DOI: https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2010.10.015

García, NO. 2006. Lodos residuales : estabilización y manejo. (figura 1):51–58.

Gonda, H. 2016. Medición de Gases de Efecto Invernadero en efluentes de feedlot. .

González, M. E; Navas, R. 2002. El impacto de los residuales del beneficio industrial del café. Perspectiva como bioestimulador del crecimiento vegetal para sistemas productivos. I. N. C. A. Estación Central de Investigación de Café y Cacao. Cuba

Informe de la reunión nacional de medio ambiente". Septiembre del 2001.

Javier, Á; Smeltekop, H; Manuel, L; Articulo, D. 2011. Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del prebeneficiado de café (Coffea arabica) implementado en la comunidad Carmen Pampa provincia Nor Yungas del Departamento de La Paz Evaluation of a treatment system wastewater prebeneficiado of coffee (Coffea arabica) implemented in the community Carmen Pampa province of Nor Yungas of La Paz Department Resumen. .

Jorge Enrique Gonzales Vargas, 2018. Manejo adecuado de las aguas mieles del café para reducir la contaminación ambiental en la finca María Piedad ubicada en el municipio de Garzón (HUILA), pag. 1-68.

Sorrequieta A. 2004. Aguas residuales: reusó y tratamiento. Lagunas de estabilización una opción para latino América, departamento de bioquímica clínica. SP.30 p.

Magloire, I; Tilley, E. 2009. Lechos de Secado con Plantas. .

MARTINEZ, F. 2007. Descripcion de los tipos de plantas de tratamientos de aguas residuales domesticas. .

Mercado, A. 2013. Lagunas de estabilización, Centro de aguas y saneamiento ambiental UMSS. .

MIFIC. 2007. Taller ll d de C Capacitación ó Sistema de Aguas Residuales para el Sector Café Taller de Capacitación Si t Sistema de d A Aguas Residuales R id l para el l Sector S t Café C fé Impartido por el Centro de Producción más Limpia de Nicaragua. .

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2014. Guía práctica de captación de agua lluvia. .

Natalia, L; Calle, A. 2015. Diseño de cámara estática cerrada y medición de flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en suelos. .

OMS. 2013. Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas. :1–22.

Osorio, C. 2017. Huella de Carbono del café (Coffea arabica) en Empresa Asociativa Campesina Aruco en Copán, Honduras para el año 2016-2017. .

Osorio, PC; Peña, D. 2014. Determinación de la relación DQO/DBO 5 en aguas residuales de comunas con población menor a 25.000 habitantes en la VIII región.:0–18.

Palacios, A. 2010. Cámaras estáticas para la estimación de gases de efecto invernadero en lagunas de estabilización para el tratamiento de aguas residuales domésticas. :86.

Roberto, C; Mejía, P; Oseguera, FA; Roberto, C; Mejía, P; Oseguera, FA. 2014.

Beneficiado y calidad del café. .

Rodie, E. 2015. Tratamiento de aguas residuales ingenieria sanitaria, Mexico D,F. .

SENA. 2003. Calidad de aguas . :peg. 48.

Secretaria de salud (1996). normas tecnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillados sanitarios. Tegucigalpa M.D.C. 25 de marzo 201. disponible en http://www.honducompras.gob.hn/does/lic480BID-Mdej-001-2009407

ULADECH (Universidad los ángeles de Chimbote) (2009). Medio ambiente y desarrollo sostenible, impacto ambiental: definición. Medición del impacto ambiental. Estudios de impacto ambiental. Evaluación del impacto ambiental. Pag, 1-12.

Vasconez, J. 2014. Curso practico sobre lagunas de estabilizacion. .

Yanez, F. 2013. lagunas de estabilizacion, Centro panamericano de ingenieria sanitaria y ciencias del ambiente. s.l., s.e.

Zelaya, R; Patricia, D; Hernández, G. 2015. Emisiones de gases de efecto invernadero en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales. :19.

ANEXOS

Anexo 1. Lista de asistencia para socializar el trabajo

Nombre	No. Identidad	Comunidad
Marvin Zavala	1212-1990-00082	Guascotoro
Ramón Carrillo	1212-1985-00138	Florida
Mercedes Mejía	1205-1968-00045	Choacapa
Santos Alfredo Carrillo	1208-195000067	Márcala
Juan mejía	1212-1973-00027	Choacapa
Yeni Ramírez	0803-1979-01060	Trapiche
Lilian Pérez	1212-1998-00021	Guascotoro
Reina Ventura	1212-1953-00045	Aguacatal
Sotero Hernández	1216-1969-00039	Choacapa
Hilario García	1212-1944-00033	San Martin
Sandra Claros	1205-1996-00105	Sirara
Eufemia Claros	1212-1970-00011	Sirara
Basilio Mejía	1212-1984-00192	Trapiche
Esperanza Pineda	1205-1967-00005	Las pilas
María Carrillo	1205-1967-00028	Nuevo paraíso
Mirna Vásquez	1212-1988-00033	Las pilas
María Gonzales	1212-1979-00182	Aguacatal
Fidencio Gonzales	1205-1951-00038	Las pilas
Deysi Pineda	1208-1984-00609	Florida
Natalia Pineda	1205-1966-00035	Las pilas
María Pineda	1205-1979-00045	Márcala
Aníbal Hernández	1217-1977-00060	Santa María
José Tito Rodríguez	1217-1967-00007	Barrio Nuevo
Dina Pineda	1205-1983-00112	Las pilas
Nélida Rodríguez	1208-1977-00244	Las pilas
Yadira Domínguez	1208-1983-00038	Las pilas
Dilcia Domínguez	1212-1998-00038	Las pilas
Erick Manrique	1205-1997-00047	Las pilas
Will Vásquez	1212-1991-00003	Las pilas
Ednar Méndez	1205-1993-00182	Las pilas
Karen Carrillo	1205-1999-00052	Las pilas
Domingo Argueta	1203-2000-00087	Barrio Nuevo

Anexo 2. Encuesta aplicada a la gerencia general de la cooperativa

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

INVENTARIO DE BENEFICIOS HUMEDOS EN HONDURAS

Formulario para levantamiento de información de campo

DIRECCION

Departamento_____

Municipio _____

Aldea _____

Zona cafetalera _____

UTM _____

INFORMACION DEL BENEFICIO

Nombre de la empresa _____ # Registro _____

Nombre del propietario _____ # I _____# Clave_____

Modelo y capacidad de proceso hora _____

DESCRIPCION

- Tanque de almacenar agua (si___ no___)
- Área de recibo (si___ no___) Dimensiones_____m2
- Tolva(s) de recibo (si___ no___), #___Tamaño ____m3 Capacidad____ Qq. Uva
- Área de máquinas descripción:
- Tamaño ____M2 Despulpadora(s) ____ Marca(s) _____Capacidad_____
  Motor(s)____ Combustible____ Eléctricos____
  Cribas ____ Zarandas____ Desmucilaginador_____ Helicoide para pulpa_____
  Sifón_____
- Pilas Numero____ Tamaño_____ Dreno (si__ no__) Construcción _____
- Canal de mieles(si__ no___)
- Canal de clasificación (si__ no__) Tamaño _____Escurridero_____
- Patio de secado (si___ no___) Tipo ____Tamaño____ Otro sistema de secado___
  Capacidad total_____
- Secadoras mecánicas _____Tipo _____Tamaño_____ Capacidad total_____
- Bodega de almacenamiento (si___ no___)Tamaño_____ Capacidad total_____
- Manejo de pulpa (si__ no__)Techado (si__ no__) Lombricultivo (si_ no_)
  Otros _____
- Manejo de aguas mieles (si__ no__) Sistema de tratamiento _____

Fecha de levantamiento (dd-mm-aa) _____

Responsable _____

Anexo 3. Encuesta de cuantificación de aguas residuales de la cooperativa

Caracterización de aguas residuales del beneficiado húmedo del café

Datos Generales

Nombre del beneficio_____

Fecha de muestreo_____

Departamento: _____ Municipio _____

Aldea_____

Altura m .s. n. m_____

Tipo de beneficio: Compacto ( ) tradicional ( ) combinado ( )

Datos del café

Variedad de café_____

Cantidad de café procesado: _____

Hora de inicio del despulpado: _____

Hora final de despulpadora: _____

Medición gasto de agua

Altura inicial del tanque_____

Altura final del tanque _____

Diámetro del taque _____

Calidad del agua para procesamiento:

Escorrentía ( ) Pozo ( ) Nacimiento de agua ( ) Rio ( ) Agua captada de la lluvia ()

Otro, especifique: _____

*Si el agua es captada de la lluvia, especifique como la capta y la almacena

Anexo 4. Socialización del trabajo con los socios de la cooperativa





Anexo 5. Recolección de muestras para análisis









Anexo 6. Monitoreo de pH en la laguna de la cooperativa



Anexo 7. Laguna de oxidación de la cooperativa Pacayal Coffee S.A.



Anexo 8. Siembra de barrera viva a las orillas de la laguna



Anexo 9. Matriz de Leopold para determinar el impacto ambiental

Acción	Recibo	Despulpado	Lavado	M. Pulpa	M. Aguas mieles	Secado	Afectaciones positivas	Afec Nega
Factor Ambiental								
Agua	0	+6 / +8	-8 / +7	0	-10 / +9	0	0	3
Aire	0	0	0	-8 / +7	-7 / +6	0	0	2
Suelo	0	0	0	-3 / +6	-7 / +8	0	0	2
Empleo	+2 / +5	+1 / +3	0	+5 / +5	+3 / +5	+1 / +4	5	0
C. de vida	+1 / +3	-1 / +2	0	+2 / +3	0	0	3	0
Afecciones positivas	2	2	0	2	1	1		
Afecciones negativas	0	1	1	2	3	0		
Agregado de impacto	3	-1	-8	-3	-21	1		