



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA  
DOSIS ÓPTIMA DE TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE  
UN BENEFICIO HÚMEDO TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE**

**Rodrigo Espinosa Quinteros**

Asesorado por el Ing. Humberto Jiménez

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA DOSIS ÓPTIMA DE  
TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE UN BENEFICIO HÚMEDO  
TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RODRIGO ESPINOSA QUINTEROS**  
ASESORADO POR EL ING. HUMBERTO JIMÉNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galán Estrada
EXAMINADOR	Ing. Federico Salazar Rodríguez
EXAMINADOR	Dr. Francisco Espinosa Smith
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA DOSIS ÓPTIMA DE  
TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE UN BENEFICIO HÚMEDO  
TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha julio de 2009.



Rodrigo Espinosa Quinteros

Guatemala, 21 de octubre de 2011


Ingeniero Químico Williams Álvarez.  
Director de la Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
USAC


Respetable Ingeniero Álvarez:

Deseándole éxitos en sus actividades, por este medio me es grato informarle que he revisado el trabajo de graduación del estudiante de Ingeniería Química Rodrigo Espinosa Quinteros, titulado **"DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA DOSIS ÓPTIMA DE TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE UN BENEFICIO HÚMEDO TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE"**, y apruebo el mismo para su presentación final ante la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos.

El estudiante en cuestión porta el carnet número 2002-20130 y se identifica con la cédula de vecindad número A-1 1052339.

Sin otro particular, me suscribo atentamente,

  
Ing. Qco. Humberto Jiménez G.  
Coordinador de ANALAB  
Colegiado # 306





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 28 de noviembre 2011  
Ref.EIQ.TG.309.2011

Ingeniero  
**Williams Guillermo Álvarez Mejía**  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Presente.

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el **Acta TG-222-2011-B-IF** le informo que reunidos los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del informe final del trabajo de graduación, para optar al título de INGENIERO QUÍMICO al estudiante universitario, **Rodrigo Espinosa Quinteros**, identificado con carné No. **2002-20130**, titulado: **“DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA DOSIS OPTIMA DE TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE UN BENEFICIO HÚMEDO TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE ”**, el cual ha sido asesorado por el Ingeniero Químico Humberto Jiménez.

Habiendo encontrado el referido informe final **satisfactorio**, se procede a recomendarle autorice al estudiante **Espinosa Quinteros**, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. Teresa Lisely de León Arana, M.Sc.  
COORDINADORA

Tribunal que revisó el informe final  
Del trabajo de graduación



C.c.: archivo



El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **RODRIGO ESPINOSA QUINTEROS** titulado: **"DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA DOSIS ÓPTIMA DE TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE UN BENEFICIO HÚMEDO TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

  
Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía; C.Dr.  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, mayo de 2012



Cc: Archivo  
WGAM/ale



DTG. 210.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN A PROCESAR Y LA DOSIS ÓPTIMA DE TRES MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS MIELES DE UN BENEFICIO HÚMEDO TECNIFICADO DE CAFÉ, SEGÚN LA LEY VIGENTE**, presentado por el estudiante universitario **Rodrigo Espinosa Quinteros**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 17 de mayo de 2012.

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por permitirme culminar exitosamente este proyecto.
<b>El Universo</b>	Por confabular positivamente y permitir que se dieran todas las situaciones propicias para culminar este proyecto, en su momento.
<b>Mi madre</b>	Por enseñarme el valor del trabajo duro y la satisfacción de la perseverancia.
<b>Mi abuela</b>	Por siempre confiar en mí y animarme cuando fue necesario.
<b>Mi tía Silvia y el Ing. Lezana</b>	Por ser en su momento el único mástil familiar para continuar esta carrera

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Anacafé**

Por su valioso aporte económico, didáctico y de liderazgo, para la realización de esta investigación.

**Ing. Humberto Jiménez,  
Ing. Edgar López y  
Ing. Rolando Dávila**

Por su valioso tiempo invertido en la guía y orientación necesaria, para la realización de de esta investigación.

**Ing. Willard Toaspern**

Por haber creído en mí y presentarme en Anacafé, como una persona capaz y confiable para esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XV
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS / HIPÓTESIS.....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Orígenes e historia del café en Guatemala.....	3
2.2. Ciclo de la producción del café.....	11
2.2.1. El cultivo.....	12
2.2.2. La cosecha.....	12
2.2.3. El recibo del fruto .....	13
2.2.3.1. Tipos de recibidores .....	13
2.2.4. Clasificación del café maduro .....	14
2.2.4.1. Tipos de clasificadores de café maduro .....	15
2.2.5. El despulpado .....	16
2.2.5.1. Tipos de despulpadores .....	17
2.2.6. Clasificación y limpieza del grano despulpado.....	19
2.2.7. Remoción del mucílago.....	19
2.2.7.1. Métodos para remoción del mucílago .....	20
2.2.8. Lavado y clasificación .....	21
2.2.8.1. Tipos de clasificadores.....	22

2.2.9.	Secamiento del café .....	23
2.2.10.	Almacenamiento .....	24
2.3.	Tipos de beneficios de café.....	24
2.3.1.	Beneficio tradicional.....	24
2.3.2.	Beneficio semitecnificado .....	25
2.3.3.	Beneficio tecnificado.....	25
2.3.4.	Beneficio artesanal .....	26
2.3.5.	Beneficio comercial.....	26
2.4.	Las aguas mieles.....	27
2.4.1.	Sistemas físicos y químicos actuales para el tratamiento de las aguas residuales del café .....	27
2.4.1.1.	Procesos de tratamientos físicos y/o químicos más comunes .....	28
2.4.2.	Marco legal que regula la descarga de las aguas mieles .....	30
2.5.	Certificaciones internacionales.....	32
2.5.1.	<i>Starbucks Coffee Company</i> .....	32
2.5.2.	<i>Rainforest Alliance</i> .....	33
2.5.3.	Certificación UTZ – <i>Good Inside</i> .....	35
2.5.3.1.	Conceptos generales a considerar .....	36
2.6.	Mediciones a realizar al agua miel.....	37
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	41
3.1.	Variables.....	41
3.2.	Delimitación del campo de estudios. ....	41
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	46
3.4.	Recursos materiales disponibles .....	47
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa .....	49
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información. ....	50

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información. ....	53
3.8. Análisis estadístico.....	65
4. RESULTADOS .....	125
5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	137
CONCLUSIONES .....	157
RECOMENDACIONES .....	159
BIBLIOGRAFÍA.....	161
APÉNDICES .....	163
ANEXOS .....	167



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Estudiante de Ingeniería Química obteniendo la muestra del tonel de 200 litros .....	43
2. Estudiante de Ingeniería Química agregando producto de tratamiento a las cubetas con 15 litros cada una de AM .....	44
3. Estado en que permanecieron las cubetas de 15 litros cada una durante las 48 horas entre la aplicación de producto y muestreo .....	45
4. Muestras de medio galón ya codificadas.....	52
5. Medias de los resultados del análisis del pH para los cuatro niveles de proceso versus los diez tratamientos .....	129
6. Medias de los resultados del análisis de STS para los cuatro niveles de proceso .....	129
7. Medias de los resultados del análisis del N para los cuatro niveles de proceso .....	130
8. Medias de los resultados del análisis del DBO para los cuatro niveles de proceso .....	130
9. Medias de los resultados del análisis del DQO para los cuatro niveles de proceso .....	131
10. Medias de los resultados del análisis del P para los cuatro niveles de proceso .....	131

## TABLAS

I.	Parque de beneficio de café .....	26
II.	Límites máximos permisibles para la descarga de aguas servidas de la industria del beneficiado húmedo de café .....	31
III.	Línea basal de los parámetros contemplados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, con impacto nulo/no significativo en las aguas mieles no tratadas.....	46
IV.	Codificación de las muestras según el producto y nivel de dosis.....	51
V.	Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	54
VI.	Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	55
VII.	Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	56
VIII.	Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	57
IX.	Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	61
X.	Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	62
XI.	Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado.....	63
XII.	Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	64
XIII.	Análisis de varianza de los resultados del pH para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	70



XIV.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	71
XV.	Análisis de varianza de los resultados del pH para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	71
XVI.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	72
XVII.	Análisis de varianza de los resultados del pH para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	73
XVIII.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	73
XIX.	Análisis de varianza de los resultados del pH para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	74
XX.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	75
XXI.	Análisis de varianza de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.....	75
XXII.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados de los S.T.S. del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	76
XXIII.	Análisis de varianza de los resultados de los STS para el para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	77
XXIV.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados de los STS del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	77

XXV.	Análisis de varianza de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	78
XXVI.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados De los S.T.S. del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado.....	79
XXVII.	Análisis de varianza de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	79
XXVIII.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados de los S.T.S. del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.....	80
XXIX.	Análisis de varianza de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	81
XXX.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del nitrógeno del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.....	82
XXXI.	Análisis de varianza de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	82
XXXII.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del nitrógeno del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	83
XXXIII.	Análisis de varianza de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	84
XXXIV.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del nitrógeno del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado.....	84
XXXV.	Análisis de varianza de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	85

XXXVI.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del nitrógeno del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	86
XXXVII.	Análisis de varianza de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.....	86
XXXVIII.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del fósforo del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	87
XXXIX.	Análisis de varianza de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	88
XL.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del fósforo del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	88
XLI.	Análisis de varianza de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	89
XLII.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados fósforo del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	90
XLIII.	Análisis de varianza de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.....	90
XLIV.	Frecuencias para los análisis de varianza para los resultados del fósforo del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	91
XLV.	Análisis de varianza para los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	92
XLVI.	Frecuencias para los resultados de DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	93

XLVII.	Análisis de varianza para los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	93
XLVIII.	Frecuencias para los resultados de DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	94
XLIX.	Análisis de varianza para los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	95
L.	Frecuencias para los resultados de DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	95
LI.	Análisis de varianza para los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	96
LII.	Frecuencias para los resultados de DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	97
LIII.	Análisis de varianza para los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	98
LIV.	Frecuencias para los resultados de DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	99
LV.	Análisis de varianza para los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	99
LVI.	Frecuencias para los resultados de DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	100
LVII.	Análisis de varianza para los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	101

LVIII.	Frecuencias para los resultados de DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	101
LIX.	Análisis de varianza para los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	102
LX.	Frecuencias para los resultados de DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	103
LXI.	Diferencias de los promedios de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	105
LXII.	Diferencias de los promedios de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	106
LXIII.	Diferencias de los promedios de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	107
LXIV.	Diferencias de los promedios de los resultados de los STS para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	108
LXV.	Diferencias de los promedios de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado .....	109
LXVI.	Diferencias de los promedios de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado .....	110
LXVII.	Diferencias de los promedios de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	111

LXVIII.	Diferencias de los promedios de los resultados del nitrógeno para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.....	112
LXIX.	Diferencias de los promedios de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado ..	113
LXX.	Diferencias de los promedios de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado ..	114
LXXI.	Diferencias de los promedios de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado ..	115
LXXII.	Diferencias de los promedios de los resultados del fósforo para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado ..	116
LXXIII.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.....	117
LXXIV.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	118
LXXV.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado.....	119
LXXVI.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DQO para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.....	120
LXXVII.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.....	121
LXXVIII.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	122

LXXIX.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado .....	123
LXXX.	Diferencias de los promedios de los resultados de la DBO para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado .....	124
LXXXI.	Resultados de los análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.....	125
LXXXII.	Resultados de los análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado.....	126
LXXXIII.	Resultados de los análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado.....	127
LXXXIV.	Resultados de los análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.....	128
LXXXV.	Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento respecto del decremento porcentual del parámetro STS.....	132
LXXXVI.	Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento respecto del decremento porcentual del parámetro nitrógeno.....	132
LXXXVII.	Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento respecto del decremento porcentual del parámetro fósforo.....	133
LXXXVIII.	Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento respecto del decremento porcentual del parámetro DBO.....	133
LXXXIX.	Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento respecto del decremento porcentual del parámetro DQO .....	134
XC.	Costo económico de cada producto de tratamiento que representa la mejor eficiencia decremental de la materia orgánica .....	135
XCI.	Requerimiento de agua en metros cúbicos para cada nivel de proceso analizado .....	136





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>DBO</b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno
<b>P</b>	Fósforo
<b>N</b>	Nitrógeno
<b>pH</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>STS</b>	Sólidos totales en suspensión



## GLOSARIO

<b>Agua miel</b>	Agua recirculada utilizada en las operaciones unitarias de despulpado y lavado, del proceso de un beneficio húmedo de café.
<b>Café maduro</b>	Fruto del café listo para ser cortado.
<b>Corrida</b>	Proceso de beneficiado desde el pesado del café hasta el almacenaje.
<b>Dosis</b>	Cantidad de producto a aplicar.
<b>Experimento</b>	Procedimiento para comprobar la hipótesis planteada
<b>Hipótesis</b>	Propuesta probable basada en la lógica y los datos disponibles sobre el tema, la cual se busca confirmar.
<b>Mucílago</b>	Sustancia vegetal viscosa que recubre el grano de café directamente, por debajo de la pulpa.
<b>Nivel de proceso</b>	Cada uno de los cuatro puntos muestreados durante la cosecha de café.

<b>Parque de beneficios</b>	Conjunto de beneficios del país según su clasificación por nivel de tecnificación.
<b>Producto</b>	Sustancia química o biológica aplicada al agua miel para analizar su efecto en los parámetros de calidad.
<b>Tratamiento</b>	Combinación específica del producto y la dosis según la concentración de carga orgánica en el agua miel.

## RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en dos grandes fases: fase de campo y fase de laboratorio. En la fase de campo se tomaron las muestras a analizar, con concentraciones distintas de carga orgánica. En la fase de laboratorio se analizaron las muestras de los cuatro niveles de proceso.

Se analizaron también dos unidades menores y dos unidades mayores para el hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), respecto de la dosis inicial y la dosis propuesta por el expendedor del producto A y la mitad de la misma; y el producto B, en las dos dosis indicadas por el expendedor para este caso. Esto dio, 120 muestras en total, analizando en cada una de ellas el pH, sólidos totales suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitrógeno, fósforo y demanda química de oxígeno (DQO)

Este trabajo de investigación contó con el apoyo necesario de Anacafé, su centro de investigación en café CEDICAFE y su laboratorio ANALAB.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Determinar la correlación entre la producción de café a procesar y la dosis óptima de tres productos de tratamiento, de tal forma que dicha correlación cumpla con los parámetros de calidad para el agua residual, contenidos en el reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006.

### **Específicos**

1. Determinar el comportamiento de la disminución de la carga orgánica en cada muestra generada y tomada en cinco distintos días de proceso, con un volumen constante de agua y volúmenes distintos de producción de café.
2. Evaluar el grado de eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento respecto del testigo absoluto, en función del incremento del peso del fruto de café procesado.
3. Determinar el costo económico de cada producto de tratamiento que represente la mejor eficiencia de disminución de la materia orgánica y su valor por unidad de peso de café maduro procesado.
4. Identificar el beneficio ambiental entre los cinco niveles de proceso a evaluar, para indicar el aprovechamiento máximo de un volumen de agua determinado y la mayor cantidad en peso de café beneficiado.

## HIPÓTESIS

El requerimiento de producto químico/biológico para el tratamiento de agua residual de un beneficio húmedo tecnificado de café, es proporcional a la cantidad de café maduro que se va a procesar.

### **Hipótesis nula (H<sub>0</sub>)**

El requerimiento de producto químico/biológico para el tratamiento de agua residual de un beneficio húmedo tecnificado de café NO es proporcional a la cantidad de café madura que se va a procesar.



## INTRODUCCIÓN

El tema del tratamiento de las aguas mieles en la industria guatemalteca del café es un aspecto que está tomando cada vez más importancia, no sólo por los beneficios ambientales que un buen tratamiento puede conllevar, sino por las consecuencias legales y monetarias que son también consecuencia de la calidad del tratamiento.

Guatemala cuenta con un ejemplo actual de lo que la mala calidad de tratamiento de aguas puede hacer a un ecosistema: el lago de Amatitlán. Este nivel de contaminación es algo que todos los guatemaltecos deben evitar. Es por eso que la importancia de tratar adecuadamente las aguas-mieles, subproducto de un beneficio húmedo de café, radica en no aumentar la contaminación del entorno de dicho beneficio. Si no se cuenta por el momento con los recursos y tecnología suficiente para regresar al cuerpo receptor agua aún más limpia de lo que se tomó, por lo menos se debe regresar agua con el mismo nivel de contaminación.

A partir del 2 de mayo de 2011 comenzó a entrar en vigor el Acuerdo Gubernativo 236-2006, el cual regula la calidad de las aguas residuales de la industria guatemalteca. Este estudio de la correlación entre la cantidad de café maduro a procesar y las dosis más eficientes de producto de tratamiento, serán un paso más en el camino de cumplimiento de dicho acuerdo.

Cada vez son más las empresas internacionales importadoras de café que toman en cuenta en sus certificaciones lo “amigable” que sea la entidad productora de café con el ambiente y sus trabajadores.

Contar con una o más de estas certificaciones brindarán al caficultor una mayor ganancia al vender su café y tranquilidad al no depender de los cambiantes precios de la bolsa de valores. El presente trabajo de investigación servirá como paso inicial para que el caficultor, pequeño, mediano o grande, pueda orientarse en el camino de cumplir con los parámetros del Acuerdo Gubernativo 236-2006 o, inclusive, de cualquier certificación con parámetros de calidad más estrictos.

## 1. ANTECEDENTES

Entre los esfuerzos que la Anacafé ha realizado para enfrentar el problema, ya en el “Manual práctico de beneficios de café”, publicado en noviembre de 1973, cuyo autor fue el Ing. Juan Francisco Menchú, se mencionan algunas recomendaciones.

En 1985, el personal técnico actualizó éste y se publicó la siguiente edición como el “Manual de beneficiado de café”, donde también se abordó el tema en el capítulo 14: Aprovechamiento de los Subproductos del Café<sup>1</sup>.

En julio de 1988, el Departamento de Asistencia Técnica, Subgerencia de Asuntos Agrícolas de Anacafé publicó el folleto “Los desechos del beneficiado y la contaminación de las fuentes de agua”, escrito por César A. Rodas, jefe de la sección de Beneficios y Control de Calidad.

En 1996, Anacafé construyó el Beneficio Experimental de la finca El Manantial, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, donde el técnico Carlos Antonio Moncada Molina, el Ing. Oscar Ponce y el departamento de postcosecha, diseñaron, construyeron y evaluaron la planta de tratamiento de aguas mieles denominada “Sistema Moncada” que consistió en la aplicación de cal, floculación / decantación, filtración y disposición final en fosas de oxidación.

---

1. Anacafé 2007. Manual de beneficio húmedo del café.P.1.

En 1996 se encontraba organizada la comisión que representaba al sector cafetalero ante las instituciones y organismos privados y estatales encargados de regular en medio ambiente.

En noviembre de 2000, a solicitud de la comisión de servicios al caficultor de la Junta Directiva de Anacafé, se organizó un grupo de trabajo que elaboró una propuesta de remodelación y actualización de la planta de tratamiento de la finca El Manantial. “Se realizó un excelente trabajo de planificación, basado en las últimas experiencias de campo en el uso de tamices, encalado, pilas de floculación / decantación y filtración, pero lamentablemente debido a la crisis del café, por falta de recursos, no fue posible implementarla”<sup>2</sup>.

En 2000 / 2001, Anacafé emprende un esfuerzo organizado el Departamento de Postcosecha, a cargo del Ing. Adolfo Barrios Orozco, quien se encargaría de generar y validar tecnología apropiada para la reconversión de los beneficios que contribuirían a la minimización de la contaminación, concentrándose en la utilización de agua y logrando una reducción del 90 %.

Como consecuencia de la necesidad de las certificaciones en café para poder optar a nichos de mercado donde se obtengan precios más atractivos, es requisito que el proceso del café se realice con tecnología amigable con el medio ambiente, por lo que es imperativo entonces, continuar con la investigación en el tratamiento de las aguas mieles y así, poder darle a los caficultores alternativas viables en el control de la contaminación, que sean aceptadas por los organismos encargados del medio ambiente y entes certificadoras del proceso de beneficiado húmedo.

-----  
2. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. P.4.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Orígenes e historia del café en Guatemala

La fecha exacta y cómo se introdujo el café en Guatemala son desconocidos. Según Juan Antonio Alvarado, el café se introdujo en Guatemala en la época de Carlos III (1759 – 1788). En todo caso, cuando los terremotos de Santa Marta azotaron La Antigua Guatemala, en 1773, había varios cafetos en algunos jardines de esa ciudad, aunque se tenían solo como curiosidad o como plantas ornamentales.

“Es probable que los jesuitas fueran los primeros en introducir la planta de café a Guatemala; y es aún más probable que la orden religiosa trajera dichas plantas de los conventos que poseían en Cuba y Jamaica, a donde había llegado el café en 1730 y en 1748, respectivamente. Por lo tanto, si la primera planta de café sembrada en Guatemala fue traída por los jesuitas al país, esto debió haber ocurrido antes de 1767, año en que los miembros de la Compañía de Jesús fueron expulsados de Hispanoamérica por el Rey Carlos III”<sup>3</sup>.

Fue durante el reinado de Carlos III cuando se implantaron reformas políticas-administrativas, comerciales y fiscales en sus reinos hispanoamericanos para impulsar la economía. Como resultado, el principal cultivo de exportación del Reino durante la segunda mitad del siglo XVIII fue el añil.

---

3. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. p.6.

Sin embargo, su exportación decayó a principios del siglo XIX. Al decaer las exportaciones de añil, los funcionarios reales sugirieron la exportación de por lo menos cuarenta productos; entre estos, el café. Asimismo, para impulsar la economía, el Presidente de la Audiencia y Capitán General, Antonio González Mollinedo y Saravia (1801 – 1811), introdujo nuevas variedades de caña de azúcar, algodón, café y arroz en el país.

Después que el cultivo del café se inició durante la segunda mitad del siglo XVIII, en los jardines de la Compañía de Jesús en la Antigua Guatemala, algunas personas tomaron sus semillas y las sembraron en diversas partes del país. Su aclimatación fue asombrosa, si bien su cultivo progresó paulatinamente. “Hasta mediados del siglo XIX, el café se usaba en Guatemala más como medicina que como bebida. Poco a poco comenzó a surgir como novedad, tal es el caso de un banquete que dieron los padres de la Escuela de Cristo en la Antigua Guatemala en 1825, con motivo de la fiesta de su Patrono San Felipe Neri, en el cual a los convidados se les sirvió café en polvo para que cada uno lo preparara en su respectiva taza”<sup>4</sup>.

El café, que a mediados del siglo XVIII constituyó una planta ornamental en los jardines de los jesuitas en La Antigua Guatemala, se propagó a principios del siglo XIV y fue plantado en diferentes regiones del país: Guatemala, Villanueva, Petapa, Amatitlán, Santa Rosa y Jalapa. Sin embargo, en ese entonces el café no llegó a cultivarse a escala comercial, porque en los albores de la independencia, la cochinilla sustituyó al añil, ya en decadencia, y se convirtió en el principal artículo de exportación de Guatemala, hasta su desplazamiento por los colorantes artificiales en 1860.

-----

4. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. P.7.

Después de la independencia, en 1821, El Salvador y Nicaragua continuaron con la producción de añil. Guatemala empezó el cultivo de la cochinilla, que se convirtió en su principal artículo de exportación entre 1840 y 1860, en tanto Costa Rica emprendió el cultivo del café. La invención y exitosa aplicación de los tintes de anilina (*aminobenzol*) por Sir William Henry Perkin en 1856 y su paulatina y exitosa aplicación al algodón, la lana y el lino, significaron gradualmente el fin de la demanda de añil y grana, de manera que Guatemala y El Salvador se vieron obligados a dedicarse a otro cultivo de exportación.

Con el ánimo de fomentar la agricultura comercial y favorecer los cultivos no conocidos en Guatemala, el Jefe de Estado de Guatemala, Doctor Mariano Gálvez (1831 – 1838), el 28 de agosto de 1832, decretó exentos de pago de impuestos “los frutos no cultivados antes de ahora y de que se hagan nuevos plantíos, y el café, el añil, el algodón y el achiote cosechados en el Estado, por diez años”<sup>5</sup>.

Cuando lluvias anticipadas malograron una tercera parte de la cosecha de la grana en 1833, el gobierno liberal pensó en la diversificación agrícola. Para ello, mandó a traducir del diccionario de ciencias naturales un artículo sobre el cultivo del café y, mediante decreto del 1 de octubre de 1834, creó un aliciente que ofrecía un premio de 200 pesos al primero en cosechar 100 quintales de café. Sin embargo, los cafetales sembrados en sitios y patios de casas, o aún emprendidos en haciendas “grandes”, probablemente sólo abarcaban unas cuantas manzanas, pues las estadísticas del comercio exterior no indican absolutamente nada sobre exportaciones de café entre 1830 y 1850.

-----  
5. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. P.8.

En agosto de 1851, el Gobierno envió una excitativa al Consulado de Comercio para que “por todos los medios que estén a su alcance se impulse la siembra de café, cuyo producto ofrece grandes utilidades, no sólo para la exportación, sino también para el consumo interior”<sup>6</sup> En la década de 1860, las plantaciones de café comenzaron a adquirir importancia en Petapa, Cobán, Escuintla y Suchitepéquez. En 1862, las estadísticas oficiales sumaban un total de 5, 543,110 cafetos de diversas edades en toda la República. Hacia 1866, extensas porciones del territorio guatemalteco, antes abandonadas, estaban destinadas al cultivo del café y, en consecuencia, las exportaciones del grano fueron creciendo año con año.

En vista de que el 4 de mayo de 1863 expiraba el plazo de diez años fijados para las primas decretadas a favor de la exportación del café, el presidente Rafael Carrera, con el deseo de proteger la agricultura y el comercio de Guatemala, prorrogó las primas otorgadas a favor de las exportaciones de café por cinco años más, hasta 1868. Cuando expiró la prórroga otorgada por el gobierno a los exportadores de café en 1868, los caficultores ya no se vieron afectados porque la producción del grano estaba adquiriendo auge.

El café sustituyó gradualmente a la cochinilla y adquirió importancia capital bajo el régimen liberal que llegó al poder en Guatemala en 1871. Ese año, las exportaciones de café alcanzaron casi el 50 % del total y continuaron aumentando; lo cual significó para los liberales no sólo la entrada de divisas, sino también la importación de tecnología para modernizar el país.

-----  
6. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. p.12.



En Guatemala, el cultivo del café se intensificó alrededor de 1875, después de que los gobiernos conservador y liberal prestaran atención seria a dicho cultivo, máxime cuando la grana perdía aceleradamente su valor comercial.

El incremento de la producción del café en el país era notorio, particularmente en Costa Cuca. Champerico se convirtió así en el puerto de mayor volumen de exportación de café de Guatemala, con 56.3 % del total de exportaciones en 1882, San José con el 37.4 % y Livingston el 6.2 %. A raíz de la creciente formación de fincas cafetaleras en la región de San Marcos, aumentaron las expectativas del puerto de Ocós, que comenzó a operar en 1887. Se esperaba que compitiera con Champerico, pero en 1891 solo cubría el 14.3 %, en tanto que Champerico solo bajó a 49.8 % de las exportaciones.

La extensión al cultivo del café, en 1892, sumaba 955 caballerías y la cosecha obtenida en oro ascendía a 484,335 quintales y en pergamino a 255,222 quintales. En la década de 1880, el envío de café en pergamino a las plazas europeas todavía se hacía en pequeñas cantidades y a manera de prueba, pero a partir de 1887, las exportaciones incluían cantidades considerables.

De 1887 a 1896 se dio una constante alza de los precios del café. La consiguiente escasez de mano de obra agrícola obligó al gobierno a promulgar la Ley de Trabajadores de 1894, que exceptuaba del servicio militar y como zapadores (construcción de obras públicas) a todos los jornaleros y colonos habilitados, que se comprometían a trabajar en fincas de café.

A pesar de la bonanza, la cosecha cafetalera en Brasil, que en 1890 había sido de 4.2 millones de sacos; en 1897 aumentó a 7 millones de sacos, de un total de 16 millones que se producían mundialmente. Creó tal sobreoferta del producto, que precipitó la caída de los precios de café en el mercado mundial. La situación de los cafetaleros del mundo en general, y de Guatemala, en particular, no pudo haber sido más desesperada, máxime cuando la especialización en un monocultivo había propiciado una fuerte dependencia del mercado exterior.

Con la crisis cafetalera de 1897 comenzó la revalorización de la agricultura. Entre 1897 y 1909 el nivel de los precios del café se mantuvo, en general, bajo; después empezó su recuperación por las medidas adoptadas por el Estado de Sao Paulo, productor del 75% de la cosecha brasileña. Para regular el mercado, dicho Estado compró café y lo almacenó en Nueva York y Europa, retirando así excedentes del mercado y generando una aparente escasez. Esto fomentó de nuevo un incremento en la producción y evitó que subieran los precios. “En Guatemala, el alza de los precios del café entre 1909 y 1913 tuvo como consecuencia, por una parte, un auge del comercio, por otra, el gobierno dejó de estimular la diversificación agrícola”<sup>7</sup>.

En 1913, las buenas circunstancias en torno al comercio del café permitieron que continuaran fundándose fincas de café en todo el país. El precio en el mercado extranjero había subido y eso hacía olvidar el desempleo, superproducción y confiar en un futuro próspero.

-----  
7. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. P.12.

Sin embargo, después de las alzas de los precios del café en 1912 y 1913, al estallar la guerra, se precipitaron los precios para desventaja de los países productores, por presentar Estados Unidos el mayor y casi único mercado para el grano. Pero al mismo tiempo que caían los precios, “en Estados Unidos aumentó el hábito de beber café y los consumidores descubrieron el sabor del café “suave” de Guatemala y de otros países latinoamericanos”<sup>7</sup>.

Si Brasil había proveído en 1914 tres cuartas partes de las importaciones de café en Estados Unidos; en 1919 ya sólo abasteció la mitad, en vista que los consumidores preferían los cafés suaves y de mejor calidad, colombianos y centroamericanos, a los que se habían acostumbrado durante los años de la Primera Guerra Mundial. Fue así como en la década de 1920 se popularizó la bebida negra en Estados Unidos. En esa época, los norteamericanos llegaron a consumir la mitad del abastecimiento mundial de café. En Guatemala, la economía empezó a recuperarse durante el gobierno del General José María Orellana. Sin embargo, se tuvo poca visión de futuro y gran desconocimiento del mercado internacional.

El 29 de octubre de 1929 se derrumbó la bolsa de valores de Nueva York y los precios de los productos básicos cayeron vertiginosamente. La Gran Depresión mundial de 1929 inauguró años de precios bajos para el café y muchos otros artículos, además de un masivo desempleo en todo el mundo. Aún así, la bebida negra continuó teniendo demanda.

---

7. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. p.13.

Las exportaciones de café se habían debilitado después de la debacle financiera mundial de 1929; sin embargo, entre 1932 y 1933, Alemania aumentó sus importaciones de café guatemalteco, sobre todo el de las buenas calidades. El impacto de la escasez de divisas en Alemania debido a las indemnizaciones que tuvo que pagar durante la posguerra, marcó el descenso en las exportaciones de café guatemalteco a Alemania, a favor de Estados Unidos. Debido a dicha situación internacional, a partir de 1934 comenzó a recuperarse la economía del país y favoreció las importaciones alemanas.

Al estallar la Segunda Guerra Mundial y quedar aislados del mercado europeo los países productores, la cosecha de 1940 y 1941 acusó una gran baja en el precio del café. “En vista de que 14 países latinoamericanos producían el 85 % de la oferta mundial, de la cual 55 % era absorbida por Estados Unidos, este país siguió la política de “buen vecino” y ofreció subscribir con los países productores un acuerdo sobre regulación de cuotas. La cuota asignada para el mercado estadounidense era mayor que en años anteriores, lo cual compensaba la disminución de sus ventas a Europa. Los países latinoamericanos aceptaron dicho ofrecimiento y Guatemala quedó en cuarto lugar, después de Brasil, Colombia y El Salvador”<sup>8</sup>.

Pasada la Segunda Guerra Mundial, los precios del café acusaron un alza constante hasta llegar a niveles de estímulo para el desarrollo económico. Sin embargo, después de más de un decenio de bonanza, la superproducción motivó una baja en los precios, a partir de 1958, con características alarmantes, en vista de que la crisis se mantuvo cerca de 12 años, hasta 1969.

-----  
8. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. P.13.

La evolución cafetalera guatemalteca de 1962 a 1986 estuvo sujeta a grandes fluctuaciones por las plagas, las alteraciones en la economía mundial a causa de la devaluación del dólar, la crisis del petróleo, así por nuevos sistemas de la Organización Internacional del Café (OIC). La exportación de café de Guatemala se vio afectada, en los años 1964 a 1965, por una disminución de su producción en áreas dañadas por la plaga del minador (*Leucoptera coffeella*). En 1966 la cuota asignada por la OIC a Guatemala no satisfizo las necesidades de exportación del país, por lo que se vendieron los excesos a mercados nuevos, aunque con pérdidas por los precios tan bajos que cotizaban estos países.

En 1961, Japón levantó las restricciones a la importación de café y, seis meses después, se inauguraron allí más de mil cafés. Ese “nuevo mercado”, importó 1, 850,000 sacos de café en 1966, de los cuales Guatemala surtió apenas 19,215 sacos. En 1968, Anacafé y la Cía. Agro-Comercial celebraron un convenio con la Misión Cafetera de Japón, para que la firma *Ueshima Coffee Co. Ltda.*, emprendiera una intensa campaña publicitaria del café 100 % puro de Guatemala, en las 50,000 cafeterías y supermercados japoneses que estaban bajo su control. En 1986, Guatemala llegó a exportar 105,622 sacos de 60 Kg de café a Japón.

## **2.2. El ciclo de la producción de café**

El café es un cultivo permanente; se siembra y empieza a producir después de cuatro años. Su vida productiva puede ser mayor a los 40 años. Su producción se da una vez al año durante lo que se llama ciclo cafetalero. Dependiendo de la zona y la altura es la época de corte. Normalmente, se inicia en septiembre y concluye en marzo.

### **2.2.1. El cultivo**

El café de Guatemala se siembra en planicies y quebradas, a diferentes alturas. El mejor café crece en suelo volcánico, entre 1,000 y 1,500 metros sobre el nivel del mar. Las más reconocidas regiones para el cultivo del café de Guatemala son, la bocacosta sureste y occidental del Pacífico, así como la región de Alta Verapaz, en donde las condiciones climáticas son excelentes para obtener un buen grano.

La limpia y preparación del terreno se inicia después de que el caficultor ha seleccionado la semilla y formado los semilleros y almácigos, protegidos del sol y en condiciones de humedad y temperatura estables.

“El árbol de café puede alcanzar hasta los 12 metros de altura (género *Libérica*, variedad *Excelsa*), por lo que es importante podar o descopar regularmente los cafetos para asegurar no sólo un mayor rendimiento, sino también facilitar la cosecha. La poda se hace a un metro o a un metro veinte de altura, cuando la parte baja de la planta está revestida de un buen follaje. Durante la florescencia, las ramas del cafeto se llenan de flores parecidas a las del jazmín que, al ser fecundadas, necesitan de seis a siete meses para desarrollarse”<sup>9</sup>.

### **2.2.2. La cosecha**

La recolección es la etapa más costosa de la producción del café. La tarea es delicada, por cuanto se debe tener cuidado de no dañar las hojas, los botones, o de cortar fruta inmadura.

-----

9. Anacafé, 2007. Manual de beneficio húmedo del café. p.14.

Existen diferencias significativas en la calidad de la bebida, que puede resultar alterada si el café se beneficia cuando está verde, completamente maduro o sobremaduro.

El grano verde tiende a producir en la taza el sabor áspero, el grano sobremaduro en el árbol se encoge y se seca y produce un saber agrio o frutoso.

En Guatemala, el café varía según el clima y la altura del terreno, y como el café no madura al mismo tiempo, se recoge entre agosto y diciembre en zonas de clima cálido y entre noviembre y abril en tierras frías. Esta etapa requiere gran cantidad de hombres, mujeres y niños, que adentran con canastos por los caminos del cafetal y con las manos arrancan los granos rojos de las ramas, utilizando a veces escaleras para los cafetos más altos.

Al final del día, los cortadores llevan la cosecha en sacos al beneficio húmedo, en donde es vertido en cajones y pesados en una romana, para retribuir el trabajo de la cosecha realizado durante el día.

### **2.2.3. El recibo del fruto**

La cantidad de café que se va a recibir depende de los volúmenes que genera el corte, conforme avanza la maduración.

#### **2.2.3.1. Tipos de recibidores**

Los recibidores más comunes son el tanque sifón tradicional, el tanque parcialmente seco y el tanque totalmente seco; los cuales se describen a continuación:

- Tanque sifón tradicional: este receptor clasificador de fruto consiste en una pirámide invertida truncada, de cuatro lados, con una inclinación mínima de 45 grados, para facilitar el movimiento de la masa de café. Debido a la presión que ejerce el peso del agua sobre la masa de café colocada en el fondo del tanque, los frutos más pesados son evacuados del fondo hacia el área de maquinaria. La importancia de este sistema es la fácil separación de materiales indeseables que por su menor peso flotan.
- Recibidor parcialmente seco: realmente es un tanque receptor totalmente seco. Su nombre obedece a que utiliza agua, en este caso recirculada mediante bombeo, para lograr mover el café. El movimiento se logra por el principio de erosionar la masa de café.
- Recibidor totalmente seco: su forma es cónica invertida con cuatro lados, similar al tanque sifón tradicional. La diferencia es que este no está lleno de agua. La abertura de salida del café está en la parte inferior.

#### **2.2.4. Clasificación del café maduro**

Posteriormente al recibo, se efectúa la clasificación, la que se realiza separando los cuerpos por densidad, utilizando agua o bien un flujo de aire; en algunos casos, combinando esto con zarandas oscilantes o cribas rotatorias para hacer una separación por peso y tamaño. La complejidad de esta operación dependerá de las exigencias de calidad del producto final. En términos generales, es recomendable no omitir esta clasificación en el proceso.



#### **2.2.4.1. Tipos de clasificadores de café maduro**

- Tanque sifón de bajo volumen: este es la réplica del tanque sifón tradicional, en diseño y funcionamiento, pero de menor tamaño, con un volumen promedio de 800 litros de agua. Se ha comprobado que la eficiencia en el funcionamiento de este sifón no depende del volumen de agua, sino de la presión que ejerce ésta sobre el fondo y la velocidad con que entra, para mantener un balance entre el caudal de entrada y salida. Su funcionamiento es hidráulico.
- Tanque canal sifón: este utiliza el mismo principio de funcionamiento que el tanque sifón de bajo volumen. Por su diseño angosto y alargado, es fácil ubicarlo dentro de la planta de beneficiado, utiliza poco espacio y el flujo del agua dentro del mismo permite una evacuación más eficiente de flotes.
- Lavador – clasificador: este retira las hojas, tallos, terrones, piedras y otras impurezas; asimismo, separa los frutos de café secos y vanos, por tamaño, a través de zarandas oscilantes, prelavando el café con agua reciclada.
- Cribas de flotes: el flote o rechazo de los sistemas de clasificación de fruto maduro que utilizan agua lo constituyen materiales que, por su composición y peso, flotan. Entre estos están los frutos que contienen un grano vano; este es un pergamino vacío que por estar lleno de aire hace flotar el fruto. El otro grano es de primera calidad y si no es separado, terminará en las partidas de segundas. Estos frutos son separados del resto, por tamaño, a través de una criba de flotes, que tiene como función

recuperar el grano bueno en el fruto vano e incorporarlo al café de primera.

### **2.2.5. El despulpado**

Es la fase mecánica del proceso en la que el fruto es transportado a los despulpadores a través de helicoidales, en canales con una corriente de agua o por gravedad y es sometido a la eliminación de la pulpa (epicarpio). Esta operación se efectúa en aparatos que aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del café, para que por presión se suelten los granos y se separen de la pulpa.

Si la operación se realiza dañando el pergamino o aún más la almendra, entonces el defecto permanecerá a través de las distintas etapas del beneficiado, provocando trastornos en el punto de fermentación y secamiento, alterando la calidad de la bebida. Como los sistemas de despulpado funcionan en forma completamente mecánica, es imposible despulpar perfectamente fruto de distintos tamaños en despulpadores de cilindro horizontal que no están provistos de pechos graduables. Por eso es preferible insistir en que es mejor que pase cereza sin ser despulpada, que producir cierta proporción de granos lastimados o quebrados.

La introducción de maquinaria que gira en un eje vertical y con cilindro en forma de cono, está sirviendo para despulpar frutos de diferentes tamaños (penagos). En la mayoría de despulpadores el cilindro de la camisa gira sobre un eje horizontal; además, están siendo adaptados a realizar el despulpado sin agua, lo que está contribuyendo a evitar la contaminación generada en el proceso de beneficiado.

### 2.2.5.1. Tipos de despulpadores

- Despulpador de cilindro horizontal pecho de hierro: la parte principal de estos equipos está constituida por un cilindro de hierro fundido y/o aluminio, en la cual va fija una camisa de cobre y/o acero inoxidable, con ponchaduras de diversos tipos y tamaños. Cuando el cilindro gira, presiona el grano maduro contra una plancha cóncava conocida como “pechero”, que posee canales por donde se ven forzados a moverse los granos sueltos, y cámaras de pulpa para desalojarla continuamente. En los últimos años, su diseño ha variado considerablemente. La modificación más reciente es el rediseño del pechero: se aumentó la curvatura de la cuchilla de despulpado, así como la de la cámara de pulpa. Esto permite mayor eficiencia y limpieza del café despulpado, aumento del rendimiento y trabajo sin agua.
- Despulpador de cilindro horizontal pecho de hule: es preferible trabajarlo en fincas altas, por los problemas que presenta con el café verde (no lo despulpa). Debe reducirse al mínimo la cantidad de agua, debido a que esta, al servir de lubricante, deja sin despulpar mucho café maduro.
- Despulpador de disco: en estos aparatos la acción despulpante es efectuada por la superficie de los discos, la cual posee botones o pesones, que arrastran la cereza y la despulpan al forzarla por la cresta despulpadora. Esta hace el trabajo de los fondos del canal en los despulpadores de cilindro. El rendimiento de los despulpadores de disco es superior, cuando están nuevos, al de los de cilindro. La solidez de los discos hace menos serio el daño por parte de piedras y objetos duros.

- Despulpador cónico vertical: este ha estado en constante evolución, con el propósito de reducir y/o eliminar el agua en el despulpado, minimizar la energía, aumentar su capacidad, etc. El cilindro está dispuesto de tal forma, que su rotación la realiza verticalmente. Así, se pueden instalar alrededor del cilindro mayor número de pecheros.
- Despulpador repasador: estos despulpadores se instalan después de los sistemas de limpieza y clasificación del café despulpado; al mismo tiempo, pueden recibir el café que flota en el tanque del sifón. Para obtener un despulpado en seco, es necesario separar el agua que conduce este grano al repasador, utilizando un desagugador (pichacha y/o filtro).

La pulpa del café representa aproximadamente el 40 % en peso del fruto fresco; es, por lo tanto, el residuo más voluminoso del beneficio húmedo. La densidad aparente de la pulpa fresca es de aproximadamente  $5.5 \text{ qq} / \text{m}^3$ , cuando está recién obtenida y suelta. Este material se compacta rápidamente y en 24 horas se tienen  $10 \text{ qq} / \text{m}^3$ .

En los beneficios tradicionales, la pulpa es conducida utilizando grandes cantidades de agua, generando el desprendimiento y la concentración de materia orgánica en el agua de arrastre. En la actualidad se viene implementando la extracción de este subproducto mecánicamente, utilizando para ellos un tornillo helicoidal o “sin fin”, combinando a este proceso el despulpado seco.

### **2.2.6. Clasificación y limpieza del grano despulpado**

Una de las características que distinguen al café procesado por la vía húmeda, son las diversas fases de clasificación y selección, desde el corte hasta la fase de lavado. El grano despulpado deberá clasificarse por tamaño y densidad, o por ambos. Esto con el objeto de separar cafés enfermos o deformados, mal despulpados, pulpas y uniformizar el tamaño del grano.

Para limpiar el café despulpado se utilizan equipos mecánicos, tales como las zarandas oscilantes y las cribas giratorias; además, se pueden encontrar en las fincas, sistemas de clasificación tradicional, como la parrilla fija con sifón, que clasifica por gravedad y tamaño, utilizando depósitos de agua de flujo continuo.

### **2.2.7. Remoción del mucílago**

En el proceso de beneficiado por vía húmeda, la etapa que sigue al despulpado es la remoción del mucílago. Algunos investigadores intentaron encontrar sistemas rápidos agregando enzimas o químicos en los tanques de fermentación, para disminuir el tiempo, lo que dio como resultado los métodos enzimático y químico. El más utilizado ha sido el método de la fermentación natural o tradicional y, recientemente, el método mecánico, utilizando desmucilaginosos de flujo ascendente.

### **2.2.7.1. Métodos para remoción del mucílago**

En el manual de beneficio húmedo de café, publicado por Anacafé, se describen los siguientes métodos para remoción del mucílago:

- Método enzimático: es un recurso para acelerar la fermentación natural acortando el tiempo de fluidificación del mucílago, y constituyen una buena alternativa cuando los tanques de fermentación son insuficientes. La compra de enzimas constituye un costo adicional en el proceso.
- Método químico: se han utilizado el hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, ácido sulfúrico, óxido de magnesio y amoníaco.
- Método de fermentación natural (bioquímico): es una de las etapas más importantes y delicadas del proceso, la cual consiste en la degradación del mucílago a una sustancia soluble. Como el mucílago es un material gelatinoso insoluble en el agua (hidrogel), es necesario solubilizarlo para convertirlo en un material de fácil remoción en el lavado (hidrosol), en tanques o pilas, en un período de 6 a 48 horas, dependiendo de las condiciones del clima, capacidad de drenaje de las pilas, altura de la masa de café, calidad del agua utilizada, madurez del fruto y microorganismos presentes.
- Método mecánico: con este método, el mucílago del grano es removido mediante fuerzas de fricción generadas por distintos tipos de máquinas. El desmucilaginado mecánico permite realizar la remoción rápida del mucílago y mejor aprovechamiento de las secadoras, ya que se puede iniciar este mismo proceso el mismo día en que se cosecha café.

### **2.2.8. Lavado y clasificación**

En los beneficios de poca capacidad, esta operación se efectúa en las pilas de fermento y tanque de lavado, utilizando para ello paletas de madera. En este caso, cuando el café está a punto de lavado, se “bailotea” sobre él, cambiando dos o tres veces el agua, de acuerdo con la facilidad con que suelte la miel. En los beneficios medianos y grandes con sistema tradicional, es común utilizarlos para lavar el café. Estos consisten en uno o varios canales que miden entre 0.45 a 0.60 metros de ancho, con una profundidad media de 0.50 metros. La longitud es variable y dependerá de la cantidad de café a lavar. El piso debe tener desniveles, los cuales dependerán de la longitud de correteo.

Cuando el café es mucho y su diseño tiende a ser muy largo, lo que se ha hecho es que se han construido dobles. Su uso consiste en alimentarlo con café fermentado al principio del canal, en el que se han instalado previamente y a distintos intervalos, por lo menos tres tabiques hechos con reglas de madera, cuya altura se gradúa, agregando o quitando reglas (el primer tabique se coloca a la mitad, el segundo a los dos tercios y el último, al final) conforme se van llenando. El paleo del café con cierto flujo de agua, elimina paulatinamente los residuos y provoca la eliminación, por arrastre de agua, de los materiales más livianos, los cuales se van acumulando conforme avanza el trabajo.

La clasificación de café lavado es la etapa del beneficiado en la que, con la ayuda del agua, se separan materiales flotantes, o menos densos del café de primera que es mucho más denso. El objetivo es obtener un café más limpio, con un mejor rendimiento y de mejor calidad.

### 2.2.8.1. Tipos de clasificadores

Anacafé describe en su “Manual de beneficio húmedo del café”, los siguientes tipos de clasificadores:

- Canal de correteo tradicional: en los beneficios tradicionales es muy este tipo de canal. Es la forma más simple de usar “correteo”. En este sistema el pergamino es removido con palas y paletas de madera, a lo largo de todo el canal, para separar la miel del grano y hacer flotar los materiales livianos.
- Canal de clasificación de flujo continuo: lo característico de este canal es el ancho y la pendiente, lo cual provoca un flujo laminar que hace que el material pesado se sitúe en el fondo del mismo y los materiales no pesados floten en la superficie del agua sin provocar turbulencias; lo que hace que sea un excelente clasificador de café lavado.
- Caño clasificador: por sus características de funcionamiento continuo y tamaño reducido, es buena opción para beneficios donde no es posible la construcción de canales largos de clasificación. Consiste en un canal de 0.35 a 0.38 metros de ancho, con un largo variable de 5.00 a 9.00 metros y pendiente de 1 %. En esta sección se distribuye y relaja la corriente de agua – café, para permitir la precipitación del pergamino más denso en el sifón que está ubicado en la salida del canal.



### **2.2.9. El secamiento del café**

En el secamiento de cualquier material es decisiva la composición, forma y estructura del sólido del cual se pretende eliminar la humedad.

En el caso especial del café, hay que tomar en cuenta que después de eliminar el agua superficial durante el escurrido, se inicia una etapa en la cual el agua debe emigrar del interior del grano a la superficie del mismo. Deberá, asimismo, atravesar la película plateada para caer entonces en una cámara de aire, tanto más grande, cuanto más avanzado está el proceso de secamiento. Luego, el agua deberá atravesar en forma de vapor la cubierta o pergamino, antes de que la corriente de aire pueda arrastrarla.

El mecanismo de secado de café es más complicado que el de cualquier otro grano, no sólo por las razones expuestas, sino también por el efecto que las condiciones de operación puedan causar en el aspecto y particularmente en la bebida.

En el secamiento de cualquier material inicialmente muy húmedo y suponiendo que se seca en un aire con propiedades secadoras que se mantienen constantes (humedad relativa y temperatura) ocurre primero una etapa en la cual la velocidad de desecación es independiente del contenido de humedad del material y el agua de la superficie se evapora como si estuviera libre. A esto se le llama período de evaporación constante; sigue la desecación hasta un punto en el cual la velocidad empieza a disminuir, en este punto está la llamada humedad crítica.

Se inicia, entonces, el período de velocidad decreciente y al terminar, el material alcanza un valor mínimo en su humedad, que se llama humedad de

equilibrio o higroscópica. Por otra, parte, el volumen inicial de una partida se reduce alrededor del 10 % cuando está seca.

El “punto correcto de secamiento” se alcanza cuando en el café se está secando (al observarse el grano de café oro, del tamaño medio) aparece completamente parejo el típico color verde claro o verde azulado (según la zona), coloración que empieza a palidecer conforme avanza el resecamiento.

#### **2.2.10. Almacenamiento**

Esta práctica depende de las condiciones climáticas de las diferentes zonas cafetaleras, tales como la temperatura, la humedad relativa del ambiente y el sitio de almacenamiento. En un depósito de café, llámese silo, una caja y hasta un mismo saco, se crean diferentes grados de temperatura y humedad y es aquí donde entra a jugar un papel primordial la ventilación del mismo. El almacenamiento del café es el último paso antes de despacharlo a granel al comprador.

### **2.3. Tipos de beneficios de café**

Anacafé, en el documento Manual de beneficio húmedo de café, describe los siguientes tipos de beneficios:

#### **2.3.1. Beneficio tradicional**

Este tipo de beneficio fue construido al final del siglo pasado. Generalmente se encuentra ubicado en lugares que presentan una red hídrica con bastante caudal.

Su característica principal es que, debido a su diseño, requiere para su operación de grandes volúmenes de agua, la que es utilizada tanto para el procesamiento del grano como para la generación de energía hidráulica de operación.

Se estima que estos beneficios utilizan alrededor de 2,000 a 3,000 litros de agua para procesar un quintal de café pergamino seco (80 libras de café oro). Esta cantidad de agua utilizada sale hacia fuentes de agua, arrastrando subproductos del café, como mucílago y pulpa, provocando contaminación.

### **2.3.2. Beneficio semitecnificado**

Se ubica, por lo general, cerca de una fuente de abastecimiento de agua, ya que el proceso es el mismo de un beneficio tradicional, con un proceso de reconversión gradual; principalmente en la recirculación del agua en el proceso, logrando una disminución de hasta un 50%.

### **2.3.3. Beneficio tecnificado**

Estos beneficios pueden estar ubicados en cualquier lugar de la finca, no necesariamente a orillas de un cuerpo de agua. El desarrollo tecnológico ha permitido crear sistemas que tienden a minimizar aún más la cantidad de agua a utilizar, reduciendo volúmenes hasta en un 90 %, en comparación con el proceso del beneficio tradicional. Debido a las mínimas cantidades de agua utilizadas, éstas pueden manejarse de mejor forma al momento de salir del beneficio y evitar con ella la contaminación.

#### **2.3.4. Beneficio artesanal**

Están distribuidos regularmente dentro de las parcelas y/o viviendas de los pequeños productores, ubicados principalmente en los departamentos de Chiquimula, Zacapa, Alta y Baja Verapaz, Jalapa y Huehuetenango. La mayoría de las operaciones las realizan de forma manual.

#### **2.3.5. Beneficio comercial**

Se ubican en zonas de gran concentración de la producción y comercialización del producto. Estos beneficios encajan en cualquiera de los tipos mencionados con anterioridad, con excepción del artesanal. Los propietarios no necesariamente son productores de café.

Tabla I. **Parque de beneficios**

<b>NÚMERO ESTIMADO DE BENEFICIOS EN EL PAÍS, POR TIPO</b>					
	Tradicional	Semitecnificado	Tecnificado	Artesanal	Comercial
Número	3,094	619	412	12,000	20
Porcentaje	19,16	3,83	2,55	74,33	0,13

Fuente: elaboración propia. Información proporcionada en Anacafé.

## **2.4. Las aguas mieles**

La agroindustria contamina gran parte de los ríos del país con aguas mieles del café y los desechos del proceso de su producción.

### **2.4.1. Sistemas físicos y químicos actuales para el tratamiento de las aguas residuales del café**

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel). Su naturaleza química se encuentra 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. Así se origina su capacidad contaminante, con el aporte de materia orgánica, fósforo, nitrógeno, carbohidratos no fermentados, alcoholes, ácidos orgánicos, taninos, cafeína, ácido cafeico y ácido clorogénico.

En cuanto a este residuo, las aguas de lavado, o sea las que arrastran la principal proporción de mucílago suelto o fermentado, son las más contaminantes del proceso.

Existe una amplia gama de tratamientos para aguas residuales. Cuál seleccionar para un caso determinado depende de factores como: tipo y caudal de agua a tratar, parámetros exigidos en la descarga, situación técnica – económica, receptor de la descarga tratada, costos operacionales, etc. Los tratamientos fisicoquímicos son llamados tratamientos primarios. Su objetivo es reducir los sólidos grandes y los suspendidos, de manera que queden únicamente coloidales; y obtener una reducción promedio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de hasta el 76 %.

#### **2.4.1.1. Procesos de tratamientos físicos y/o químicos más comunes**

- Intersección de sólidos: las aguas residuales traen sólidos de diferentes tamaños, los cuales son retenidos en rejas, cribas, mallas y desarenadores, dependiendo del tamaño de sólido. Esto evita el daño de bombas, motores abrasión y obturación de tuberías.
- Sedimentación: es una operación de separación sólido – líquido. La energía para esta separación es proporcionada por la gravedad. Si el agua no está en movimiento, la partícula en su descenso está sometida a las siguientes fuerzas: la gravedad que es proporcional al diámetro y peso de la partícula, el empuje del agua que es en sentido contrario a la gravedad, una fricción entre la partícula y el agua, que es en sentido contrario al movimiento de la partícula. El resultante de estas tres fuerzas determina la velocidad de sedimentación.

En un equipo de sedimentación donde el agua entra y sale a una determinada velocidad, la partícula sólida en el interior del líquido está sometida a otra fuerza adicional, la de la bomba que la impulsa. La velocidad de sedimentación sigue siendo la resultante de esas diversas fuerzas, pero la trayectoria ya no es vertical hacia abajo, sino inclinada.

Se considera que una partícula ha sedimentado cuando llega a la superficie de sedimentación (fondo o placa paralela inclinada), pero la velocidad de sedimentación NO depende de la altura del sedimentador, sino del área superficial del equipo.

- Filtración: es una operación de separación sólida – líquida. Generalmente se utiliza después de la sedimentación, ya que quedan los sólidos más livianos, de menor tamaño, para clarificar más el agua. También se usa para clarificar aguas sometidas a coagulación – floculación. En aguas residuales se utilizan casi exclusivamente filtros de lechos porosos (grava, arena, tierra de diatomeas, carbón activado, antracita). Los filtros pueden ser de un solo lecho o combinados de varios lechos. El flujo del agua puede ser tanto de arriba hacia abajo como viceversa.
- Coagulación – floculación: es un proceso físico y químico de separación sólido – líquido. Se usa este proceso cuando las partículas suspendidas en el agua son sumamente pequeñas y livianas; por consiguiente, pueden demorar años en sedimentar. Esta partícula tiene diámetro entre un milésimo y un cien millonésimo de milímetro, tiene carga eléctrica y da turbiedad al agua. Otras partículas coloidales le dan el color.

La coagulación consiste en introducir un electrolito (sustancia que en el agua se divide en iones positivos y negativos) de manera que el ión de carga contraria al coloide, lo neutraliza permitiendo así que se unan y formen aglomerados que tienen más peso, denominados coágulos. A su vez estos racimos de coágulos aglomerados forman enlaces o puentes de carácter fisicoquímico entre ellos y nace una especie de red de pescador, que al tener suficiente diámetro y peso comienza a sedimentar, arrastrando partículas en sus descensos, clarificando el agua. Los coagulantes más utilizados son: sulfato de aluminio, sulfato ferroso, sulfato férrico, cloro férrico y cal.

- Neutralización: consiste en ajustar el pH de un agua a determinado valor. Si el agua es ácida y se quiere llevar a neutra o alcalina, se debe usar una base. Si por el contrario el agua es básica y se quiere llevarla a neutra o ácida, se debe utilizar un ácido. Los neutralizantes más usados son: los ácidos sulfúrico, clorhídrico, fosfórico y nítrico; así como las bases: hidróxido de sodio, cal y carbonato de sodio.
- Precipitación química: las partículas contaminantes se pueden encontrar en el agua en forma suspendida, coloidal o disuelta. La precipitación es una operación de separación líquido – líquido. Se introduce en el agua una sustancia química que precipita o es atrapada por la red formada durante la floculación y sedimentado. Los precipitantes más usados son los mismos mencionados para la coagulación.

#### **2.4.2. Marco legal que regula la descarga de las aguas mieles en la República de Guatemala**

Como marco legal que regula las aguas servidas (aguas mieles), subproducto de un beneficiado húmedo del café, se contaba hasta el 5 de mayo de 2006 con el “Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas” publicado el 7 de febrero de 1989, por medio del Acuerdo Gubernativo número 60-89, durante la administración del Presidente Lic. Marco Vinicio Cerezo Arévalo. Dicho reglamento, contemplaba lo siguiente para la industria del café:

Artículo 10º. Para la descarga directa de las aguas servidas provenientes de la industria del beneficiado húmedo de café en cuerpos de aguas receptores superficiales, subterráneos y costeros, se deberá



previamente cumplir con los requisitos mínimos y sus respectivos límites máximos permisibles de contaminación, establecidos en la tabla II, que a continuación aparece.

**Tabla II. Límites máximos permisibles para la descarga de las aguas servidas de la industria del beneficiado húmedo del café**

	Muestra	Sólidos Sedimentables mL / L	Demanda química de oxígeno (DQO) mg / L	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )
Beneficiado húmedo de café		Libre de pulpa	3.000	
		Libre de pulpa	2.500	
		Libre de pulpa	2.500	

Fuente: Acuerdo Gubernativo número 60-89.

Este reglamento bastante simple, regía las aguas mieles descargadas por los beneficios húmedos de café de Guatemala. Pero a raíz, en gran parte, de que el Tratado de Libre Comercio entre Guatemala y Estados Unidos, en su capítulo 15, compromete a ambas partes a que sus leyes y disposiciones ambientales proporcionen altos niveles de protección, la administración del Presidente Lic. Óscar Berger Perdomo publica regulaciones nuevas. El 5 de mayo de 2006 se publica el “Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos” por medio del Acuerdo Gubernativo 236-2006 (ver anexos).

## **2.5. Certificaciones internacionales**

Existen varias certificaciones a nivel internacional que premian la calidad del café y la producción del mismo, tomando en cuenta la protección al ambiente y el cumplimiento de los requerimientos legales del país productor. Para tener una amplitud de las certificaciones importantes para los productores de café en el país, se describen a continuación las generalidades de algunas de las más importantes:

### **2.5.1 Starbucks Coffee Company**

Es una compañía internacional de compra y venta de café arábigo, para industrializarlo. El negocio es la venta de café tostado en grano por libra y café en tazas en sus tiendas. Actualmente cuenta con 13,723 tiendas en el mundo. Para el año 2010 se esperan 20,000 tiendas.

Se guía por los lineamientos de las prácticas CAFE (*Coffee And Farmer Equity* = Equidad entre el Café y el Productor). Los interesados deben someterse a los lineamientos para ser incluidos como proveedores. El objetivo de estos lineamientos es guiar a los productores, intermediarios, procesadores y exportadores, sobre técnicas de producción sostenible. Esta guía abarca las siguientes áreas:

- Calidad del producto (del café)
- Transparencia económica
- Responsabilidad social
- Liderazgo ambiental
- En el cultivo del café
- En el proceso del café

### **2.5.2. Rainforest Alliance**

Red de Agricultura Sostenible (RAS) y *Rainforest Alliance*. La Red de Agricultura Sostenible (RAS) es una coalición de organizaciones conservacionistas independientes, sin fines de lucro, que fomentan la sostenibilidad social y ambiental de actividades agrícolas mediante el desarrollo de normas y certificación de fincas. Para el caso de Guatemala, la organización social es la Fundación Interamericana de Investigación Tropical (FIIT). *Rainforest Alliance* es la secretaria de la RAS y administra los sistemas de certificación. La RAS utiliza para los procesos de certificación el sello *Rainforest Alliance*-certificado.

La normativa para agricultura sostenible la conforman 10 principios, específicamente para la certificación de unidades productivas de café, bajo el sello "*Rainforest Alliance Certified*":

- Principio 1. Sistema de gestión social y ambiental: es un conjunto de políticas y procedimientos manejados por el productor o por la administración de la unidad productiva o finca para planificar y ejecutar operaciones o actividades, encaminadas a implementar buenas prácticas de manejo, atendiendo a la norma *Rainforest Alliance*.
- Principio 2. Conservación de ecosistemas: las fincas certificadas deben proteger los sistemas naturales y realizar actividades para recuperar ecosistemas degradados.
- Principio 3. Protección de la vida silvestre: las fincas certificadas son refugios para la vida silvestre existente y migratoria, especialmente para las especies amenazadas o en peligro de extinción. Conservan los

ecosistemas que contienen alimentos, sitios de percha o descanso para los animales silvestres, o que sirven para procesos de reproducción y cría. Se toman medidas para reducir y eliminar el cautiverio y cacería de animales silvestres.

- Principio 4. Conservación de recursos hídricos: las fincas certificadas realizan acciones para conservar el agua y evitar su desperdicio. Previenen contaminación química, por desechos sólidos o líquidos, de aguas superficiales y subterráneas. Las fincas deben garantizar mediante sistemas de tratamiento y monitoreo de aguas residuales (análisis microbiológico, físico-químico y de residuo de pesticidas), que no degradan los recursos hídricos.
- Principio 5. Trato justo y buenas condiciones para los trabajadores: todos los trabajadores que laboren en fincas certificadas y las familias que viven de estas, gozan de derechos y condiciones que concuerdan con los fundamentos expresados por las Naciones Unidas en la Declaración Universal de los Derechos Humanos y en la Convención sobre los Derechos de los Niños, así como por los convenios y recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Principio 6. Salud y Seguridad Ocupacional: todas las fincas certificadas cuentan con un programa de salud y seguridad ocupacional para reducir o prevenir los riesgos de enfermedades y/o accidentes.
- Principio 7. Relaciones con la comunidad: las fincas certificadas son buenas vecinas, se relacionan positivamente con los vecinos, comunidades aledañas y con los grupos de interés locales.

- Principio 8. Manejo integrado del cultivo: la normativa fomenta la eliminación del uso de los productos químicos, particularmente de alta toxicidad y residualidad, y aquellos no registrados o prohibidos por las entidades o convenios nacionales, regionales y/o internacionales, debido a su impacto negativo en la salud humana y los recursos naturales.
- Principio 9. Manejo y conservación del suelo: las fincas certificadas realizan actividades para prevenir o controlar la erosión, y así disminuir la pérdida de nutrientes y los impactos negativos en el suelo y los cuerpos de agua que pudiera afectar.
- Principio 10. Manejo integrado de desechos: las fincas certificadas están ordenadas y limpias. Los productores, trabajadores y habitantes cooperan con el aseo y están orgullosos de la imagen que presenta la finca. Las fincas certificadas contarán con programas para manejar los desechos según su tipo (orgánica, plásticos, metales, vidrio, etc) y cantidad.

### **2.5.3. Certificación UTZ – *Good Inside***

El café certificado de *Utz Certified Good Inside* se produce conforme a los criterios del código de conducta. Este es un conjunto de criterios sociales y ambientales reconocidos internacionalmente para la producción responsable de café. El Código se basa en los principios delineados por la Organización Internacional de Trabajo (OIT), así como el protocolo de las buenas prácticas agrícolas para frutas y vegetales GLOBALGAP.

El código de Conducta de *Utz Certified Good Inside* es oficialmente reconocido como equivalente a las normas de GLOBALGAP, específicamente para el cultivo de café. Los productores de café, independientemente del volumen que manejen o su origen, pueden demostrar que efectúan buenas prácticas agrícolas, un manejo profesional y eficiente de las fincas y una producción social y ambientalmente responsable.

Para los compradores y tostadores de café, el certificado de *Utz Certified Good Inside* representa una garantía de producción responsable, el cual ellos pueden utilizar a la hora de tomar decisiones sobre las fuentes de suministro.

El programa *Utz Certified Good Inside* guía a los productores en la implementación de prácticas de producción responsables y de efectividad de costos, para hacerse más competitivos y mejorar su calidad de vida.

#### **2.5.3.1. Conceptos generales a considerar**

- Contaminación del agua: el agua puede contaminarse en cualquiera de los diferentes modos de circulación del agua en la tierra, los cuales consisten en:
  - Evaporación: la presencia en la superficie del agua de moléculas suficientemente energizadas por el calor solar, como para que se evaporen y asciendan a la atmósfera como vapor de agua.
  - Transpiración: emisión de vapor de agua de las plantas.

- Condensación: el vapor de agua en la atmósfera se condensa sobre partículas muy finas de polvo, en el aire. Cuando se condensa se convierte nuevamente en líquido, en hielo o en nieve. Las partículas se aglomeran para formar nubes.
- Precipitación: es el enfriamiento de las nubes saturadas de agua, en donde el agua cae de regreso a la tierra como lluvia, nieve o hielo.
- Escorrentía: la excesiva lluvia produce que el flujo de agua que ya no penetra a la tierra saturada, corra hacia arroyos, quebradas y zanjas. La escorrentía es también el desborde de los lagos, lagunas, pozos, etc.
- Percolación: ocurre cuando las lluvias, deshielos y nieve fundida, se mueven penetrando a la tierra. Se percola a través de hendiduras, roturas y poros de la tierra y rocas hasta que alcanza el nivel freático convirtiéndose en agua subterránea.

## **2.6. Mediciones a realizar al agua miel**

- Sólidos suspendidos: materiales sólidos de tamaño variable que se mantienen en suspensión en el agua o en el aire. La cantidad se expresa por el peso del material sólido contenido por unidad de volumen o de peso de agua.
- Demanda química de oxígeno (DQO): es la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación completa de la materia orgánica por agentes químicos altamente oxidantes, como el permanganato de potasio, en un ambiente altamente ácido.

- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): es el parámetro de polución orgánica más utilizado y aplicable a las aguas residuales y superficiales. Supone esta determinación, la medida del oxígeno disuelto utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de materia orgánica. La medida de la DBO es importante en el tratamiento de aguas residuales y para la gestión técnica de la calidad del agua, porque se utiliza para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente. Los datos de la DBO se utilizan para dimensionar las instalaciones de tratamiento y medir el rendimiento de algunos de estos procesos.

Tanto la DBO como la DQO están basadas en la determinación de la cantidad de oxígeno necesaria para que las aguas resulten inofensivas para la vida acuática, animal y vegetal. El poder contaminante del afluente se mide en DQO y/o DBO.

- pH: la concentración del ion hidrógeno es un importante parámetro de calidad, tanto de las aguas naturales como de las residuales. El intervalo de concentración idóneo para la existencia de la mayoría de la vida biológica es muy estrecho y crítico. El agua residual con una concentración adversa de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos y si la concentración no se altera antes de la evacuación, el efluente puede alterar la concentración de las aguas naturales. El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones hidronio  $[H_3O^+]$  presentes en determinadas sustancias.

La sigla significa "potencial de hidrógeno" (pondus Hydrogenii o potentia Hydrogenii; del latín pondus, n. = peso; potentia, f. = potencia; hydrogenium, n. = hidrógeno).



- Fósforo: es también esencial para el crecimiento de las algas y otros organismos biológicos. Debido a los crecimientos explosivos nocivos que tienen lugar en las aguas superficiales, existe mucho interés en la actualidad por controlar la cantidad de los compuestos de fósforo que entran en las aguas superficiales, a través de los vertidos de aguas residuales industriales y domésticas y de las escorrentías naturales. Las formas más frecuentes en que se encuentra el fósforo en soluciones acuosas son ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico.
- Nitrógeno: ya que el nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de las proteínas, se necesitará conocer datos sobre el mismo para valorar la tratabilidad de las aguas residuales domésticas e industriales, mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, se necesitará la adición del mismo para hacer tratable el agua residual. Cuando sea necesario el control de los crecimientos de algas en el agua receptora para proteger los usos a que se destina, puede ser conveniente la eliminación o reducción del nitrógeno en las aguas residuales antes de la evacuación.

El nitrógeno amoniacal existe en solución acuosa bien como ion amonio o como amoníaco, dependiendo ello del pH de la solución, según la siguiente ecuación de equilibrio:



A niveles de pH superior a 7, el equilibrio se desplaza hacia la izquierda; a niveles de pH inferiores a 7, el ion amonio es predominante.



### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Variables**

Variables independientes:

AM = Muestra compuesta de agua miel

QC = Quintales de café procesado en el nivel de proceso respectivo

ND = Nivel de dosis de producto químico o biológico que se va a utilizar

Variables dependientes:

pH = Potencial de hidrógeno

SS = Sólidos suspendidos

DQO = Demanda química de oxígeno

DBO = Demanda bioquímica de oxígeno

P = Fósforo

N = Nitrógeno

#### **3.2. Delimitación del campo de estudio**

El universo de estudio fueron las muestras seleccionadas aleatoriamente en el beneficio húmedo del café de la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero, R. L., Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala, durante la cosecha 2009 – 2010.

Se realizó una proyección de los días en los que se esperaba se beneficiara una cantidad de café maduro, según los cinco niveles de proceso (200, 400, 600, 800 y 1000 quintales de café maduro) propuestos, partiendo de los datos de cosecha 2008 – 2009. Se logró tomar muestras de niveles de proceso exactos para 200 y 400 quintales de café maduro procesado; sin embargo, esto significaba detener el proceso de pesaje del café maduro de los miembros de la cooperativa en el nivel exacto (200 y 400 kilogramos), lo cual causaba malestar entre dichos miembros, así como obligaba la presencia de personal relacionado con la tesis y de la administración de la cooperativa durante todo un día de pesaje.

Debido a esto, se tomaron pesos aproximados a los propuestos para los siguientes dos niveles de proceso para evitar causar molestias entre los miembros de la cooperativa que llegan a pesar su café y por ser también más práctico. Los siguientes dos muestreos tomados fueron en 647 y 821 quintales de café maduro procesado. Se muestreó en cuatro niveles de proceso en lugar de cinco, debido a que no se llegó al deseado nivel de 1000 kilogramos de café procesado en un día. Esto se debió a la bianualidad del cultivo y a la competencia desleal de intermediarios, entre otros.

Tomando en cuenta que el proceso de café maduro en un beneficio húmedo tecnificado de café se comporta de forma similar a una campana de Gauss, se tomó el primer muestreo al inicio de la producción, con el último muy cerca del pico de la misma.

La unidad de análisis fue una muestra compuesta de agua miel, recolectada en 1 recipiente de 200 litros, en cada nivel de proceso, para poder aplicar cada uno de los tres productos químico-biológicos, con sus distintos niveles, de acuerdo con la tabla que se describió en el literal anterior.

Esta muestra se subdividió en 10 cubetas con capacidad para 15 litros cada una, a las cuales se les aplicaron los distintos tratamientos. A continuación, se presenta el proceso:

**Figura 1. Estudiante de Ingeniería Química obteniendo la muestra del tonel de 200 litros**



Fuente: beneficio húmedo tecnificado de café de la Cooperativa Nuevo Sendero R. L., aldea Chapas, municipio de Nueva Santa. Rosa, departamento de Santa Rosa.

**Figura 2. Estudiante de Ingeniería Química agregando producto de tratamiento a las cubetas con 15 litros cada una de AM**



Fuente: beneficio húmedo tecnificado de café de la Cooperativa Nuevo Sendero R. L., aldea Chapas, municipio de Nueva Santa. Rosa, departamento de Santa Rosa.

**Figura 3. Estado en que permanecieron las cubetas de 15 litros, cada una durante las 48 horas entre la aplicación de producto y muestreo**



Fuente: beneficio húmedo tecnificado de café de la Cooperativa Nuevo Sendero R. L., aldea Chapas, municipio de Nueva Santa. Rosa, departamento de Santa Rosa.

Se realizó también un análisis de los parámetros que se creyó no son significativos en las AM; confirmando dicha hipótesis.

**Tabla III. Línea basal de los parámetros contemplados en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, con impacto nulo / no significativo en las aguas mieles no tratadas**

<b>Parámetro</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Media</b>	<b>Cumple hasta etapa</b>
<b>Grasas y aceites</b>	37 mg/L	30 mg/L	56 mg/L	41 mg/L	DOS (2)
<b>T(TCR=20C)</b>	21.0 C	20.5 C	19.0 C	20.17 C	CUATRO (4)
<b>Mat. flotante</b>	ausente	ausente	ausente	N/A	CUATRO (4)
<b>Coliformes</b>	29.8 NMP	767.0 NMP	426.0 NMP	407.6 NMP	CUATRO (4)
<b>Color</b>	425.0 UPC	310.0 UPC	378.0 UPC	371 UPC	CUATRO (4)

Fuente: Análisis de laboratorio realizados por Anacafé / Soluciones analíticas, como aporte a esta investigación, P. 186.

Localización del trabajo: trabajo de campo: Beneficio húmedo del café de la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero, R. L., Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.

Trabajo de análisis: ANALAB, Anacafé, Calle del Café 0-50, Zona 14, ciudad de Guatemala, Guatemala.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

- Estudiante a optar al título de Ingeniero Químico, en el grado académico de Licenciado
- Personal técnico de Anacafé y Analab.
- Personal del beneficio de la Cooperativa antes mencionada
- Personal que laboran en el beneficio



### 3.4. Recursos materiales disponibles

- Beakers
- Balón aforado
- Buretas
- Pipetas
- Pipeta de precisión
- Embudo
- Cal hidratada
- Animal Waste
- Bacto-agar
- Potenciómetro
- Balanza electrónica
- Varillas agitadoras
- Fotómetro SQ 118
- Fotómetro
- Potenciómetro
- Espectrofotómetro UV-Visible
- Cono de Imhoff
- Aparato Oxitop
- Armario termostarizado
- Botellas de vidrio ámbar para las muestras
- Tapón de goma negra con deposito (contener NaOH)
- Sistema de agitación magnético
- Matraces de rebose o en su defecto probetas
- Reactivos: NaOH, Alitiourea (inhibidor de las bacterias nitrificantes), ambos necesarios para el cálculo de la DBO
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.25 N, para la determinación de nitrógeno

- HCl al 50 % para la determinación de fósforo
- Molibdato de amonio
- Ácido ascórbico

Descripción de los tratamientos conformados por los productos:

- Testigo absoluto: este será una muestra a la que no se le aplicará ningún tratamiento. El testigo absoluto se utilizará como parámetro de medición y comparación.
- Hidróxido de calcio: se le conoce comercialmente como cal apagada o cal hidratada. Actualmente, es el tratamiento más utilizado para la remoción de carga orgánica contaminante en las aguas mieles de los beneficios húmedos del café, por ser el producto más accesible en el mercado, en cuanto a disponibilidad y precio. Actualmente se utiliza un parámetro de 3 kilogramos de hidróxido de calcio por metro cúbico de agua miel a tratar, independientemente de la cantidad de café maduro a procesar.
- Producto A: este producto utiliza billones de microbios para el tratamiento de aguas residuales; es una selección de microbios de especies y subespecies de bacilos, que presentan altas actividades enzimáticas; ha sido seleccionada para reducir de una manera rápida los niveles perjudiciales de nutrientes en las aguas servidas.
- Producto B: este producto B está compuesto por derivados de un proceso de fermentación monitoreado; está diseñado con el fin de estimular el crecimiento de cierto tipo de microorganismos que aceleran el proceso de biodegradación. Este producto acelera la formación de:

*Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus megaterium*, *Saccharomyces* y enzimas digestivas. Formulación microbiológica que se utiliza para acelerar el proceso de Biodegradación en los desechos. Este producto está diseñado con el fin de estimular el crecimiento de cierto tipo de microorganismos que aceleran el proceso de biodegradación.

### 3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

Se utilizó una lluvia de ideas para determinar la mejor forma de realizar el trabajo de investigación en general, desde el beneficio a escoger, hasta la forma de tomar las muestras y analizarlas.

Métodos a utilizar para la determinación de cada parámetro:

- La DBO<sub>5</sub> es útil para valorar la materia orgánica que es biodegradable. La DBO<sub>5</sub> mide el oxígeno consumido en la degradación de materia orgánica por la acción microbiológica. Las unidades de medida son mg O<sub>2</sub>/l. La DBO<sub>5</sub> se medirá siguiendo el método 5210b de los métodos estándares para el examen de agua y agua residual. (APHA *et al.*, 2005).
- La DQO se establece por digestión y oxidación con dicromato. La D. Q. O. se medirá de acuerdo con el método 5220 de los métodos estándares para el examen de agua y agua residual. (APHA *et al.*, 2005).
- La lectura del pH se hará directamente de la muestra, utilizando para dicho propósito un potenciómetro, de acuerdo con el método 4500-H<sup>+</sup> de los métodos estándares para el examen de agua y agua residual. (APHA *et al.*, 2005).

- El nitrógeno orgánico se determina por el método de Kjeldahl, de acuerdo con el método 4500-N<sub>org</sub> de los métodos estándares para el examen de agua y agua residual. (APHA *et al.*, 2005).
- Se medirá el fósforo por el método colorimétrico, de acuerdo con el método 4500-P de los métodos estándares para el examen de agua y agua residual. (APHA *et al.*, 2005).
- Los sólidos suspendidos se medirán tomando como base el método 2540A de los métodos estándares para el examen de agua y agua residual. (APHA *et al.*, 2005).

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

Los cuatro diseños al irrestricto azar, cada uno con diferentes pesos de café maduro (200, 400, 647 y 821 quintales de café maduro), se evaluaron con tres productos químico-biológicos (cal, producto A y producto B), contando con un testigo absoluto por cada diseño, con niveles distintos de producto en función de la cantidad de café maduro a procesar y tres repeticiones para cada nivel distinto de proceso.

Se determinaron los distintos niveles de dosis a partir de la dosis de 3 gramos de hidróxido de calcio, para un nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado. Se analizaron también dos unidades menores y dos unidades mayores para el hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), respecto de la dosis inicial y la dosis propuesta por el expendedor del producto A y la mitad de la misma; y el producto B, en las dos dosis indicadas por el expendedor para este caso.

Para la codificación de las muestras se utilizó el siguiente método:

Tabla IV. **Codificación de las muestras, según el producto y nivel de dosis**

<b>PRODUCTO</b>	<b>Nivel de dosis</b>	<b>Código según la dosis</b>
Testigo absoluto	0	TO
Hidróxido de Calcio	1	C
	2	A
	3	L
	4	C1
	5	A2
Producto A	6	AW
	7	AW1/2
Producto B	8	BC
	9	BL

Fuente: elaboración propia.

Al código anterior se le agrega un número romano, para identificar cada una de las tres repeticiones por nivel de dosis. Se utilizaron los números I, V y X para diferenciarlas. Finalmente, se coloca el nivel de proceso al cual pertenece la muestra, usando para esto 200, 400, 600 y 800. Se utilizaron los números 600 y 800 en lugar de 647 y 821 para evitar confusiones y que el entendimiento con ANALAB fuera más fácil.

De esta forma, para el nivel de dosis 1 del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, repetición dos, el código de la muestra es entonces:

CV200

Y así, sucesivamente con las demás muestras.

Las muestras de medio galón debidamente codificadas se entregaban a ANALAB a más tardar 36 horas después de recolectadas. Dichas muestras se mantuvieron en refrigeración hasta que eran entregadas.

Figura 4. **Muestras de medio galón ya codificadas**



Fuente: beneficio húmedo tecnificado de café de la Cooperativa Nuevo Sendero R. L., aldea Chapas, municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa.

### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Como se indicó en la sección anterior, se partió de la dosis de 3 gramos de hidróxido de calcio para un nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado.

Los niveles de dosis del nivel de proceso de 400 quintales son el doble del de 200 quintales de café maduro a procesar.

Para los niveles de proceso de 647 y 821 quintales de café maduro a procesar, se utilizó una regla de tres simple para determinar dichas dosis de la siguiente forma:

En 200 quintales, nivel de dosis 1 es 1 gramo de hidróxido de calcio, por consiguiente para el nivel de dosis 1 del nivel de proceso de 647 quintales, sería:

$$\frac{647 \text{ quintales} \times 1 \text{ g (Ca (OH)}_2)}{200 \text{ quintales}} = 3.24 \text{ g (Ca (OH)}_2)$$

Se determinaron los demás niveles de dosis para dicho nivel de proceso y para el de 821 quintales de café procesado de la misma forma.

La cantidad de producto utilizada y aplicada en cada nivel de proceso, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla V. **Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado**

<b>PRODUCTO</b>	<b>Nivel de dosis</b>	<b>Cantidad de producto aplicada</b>
Testigo absoluto	0	nada
Hidróxido de Calcio	1	1 g
	2	2 g
	3	3 g
	4	4 g
	5	5 g
Producto A	6	0,05 mL
	7	0,024 mL
Producto B	8	0,24 mL
	9	20 mL

Fuente: elaboración propia.



Tabla VI. **Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado**

<b>PRODUCTO</b>	<b>Nivel de dosis</b>	<b>Cantidad de producto aplicada</b>
Testigo absoluto	0	nada
Hidróxido de calcio	1	4 g
	2	5 g
	3	6 g
	4	7 g
	5	8 g
Producto A	6	0,10 mL
	7	0,048 mL
Producto B	8	0,48 mL
	9	40 mL

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

<b>PRODUCTO</b>	<b>Nivel de dosis</b>	<b>Cantidad de producto aplicada</b>
Testigo absoluto	0	nada
Hidróxido de Calcio	1	7,55 g
	2	8,63 g
	3	9,71 g
	4	10,78 g
	5	11,86 g
Producto A	6	0,16 mL
	7	0,078 mL
Producto B	8	0,78 mL
	9	64,7 mL

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Producto químico / biológico aplicado en el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado**

<b>PRODUCTO</b>	<b>Nivel de dosis</b>	<b>Cantidad de producto aplicada</b>
Testigo absoluto	0	nada
Hidróxido de calcio	1	10,26 g
	2	11,29 g
	3	12,32 g
	4	13,34 g
	5	14,37 g
Producto A	6	0,21 mL
	7	0,099 mL
Producto B	8	0,99 mL
	9	82,1 mL

Fuente: elaboración propia.

Se recibió de forma electrónica e impresa las hojas de resultados de los análisis realizados en Analab. Las hojas impresas se adjuntan en el anexo I. Se ordenaron dichos resultados electrónicamente de forma que quedara el testigo absoluto primero, seguido de las dosis de cal, y finalmente, las dosis de los productos A y B. Los resultados de los análisis se incluyen en la sección de resultados.

Ya que la reducción de DBO en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 se encuentra expresada en kilogramos por día, se procedió a incluir en los resultados los valores de DBO en mg / L, como se determinó en el laboratorio, y también en Kg / día, lo cual se calculó de la siguiente forma:

$$\text{Resultado } \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{10.903 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} =$$

Resultado  $\frac{\text{Kg}}{\text{día}}$

Por ejemplo, para el TOFI200, el cálculo sería el siguiente:

$$10,290 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \times \frac{10.903 \text{ m}^3}{1 \text{ día}} = 112.19 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

De la misma forma para el resto de resultados de dicho parámetro.

Recibidos los resultados y realizado el análisis estadístico que se presenta, se determinó la eficiencia de cada uno de los tratamientos de la siguiente manera:

$$\frac{x_{\text{TO}} - x_{\text{N}}}{x_{\text{TO}}} * 100 \%$$

Donde:

$x_{\text{TO}}$  = La media de las tres repeticiones de la muestra del testigo absoluto del parámetro analizado.

$x_{\text{N}}$  = La media de las tres repeticiones de la dosis del parámetro analizado.

Esta fórmula se aplicó para determinar la eficiencia de los nueve tratamientos respecto del tratamiento testigo absoluto, para todos los niveles de proceso.

Posteriormente, se determinó el valor económico de cada una de las dosis de producto a partir de los precios proporcionados por cada una de las casas comerciales (ver anexo 4):

Costo producto hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ): 0,0012 Q/g.

Costo producto A: 0,13 Q / mL.

Costo producto B: 0,07 Q / mL.

Dicho valor económico se determinó de la siguiente manera:

Costo de producto \* cantidad de la dosis = Costo de la dosis

Así, para la dosis uno del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado el cálculo es:

$$0.0012 \text{ Q/g} * 1 \text{ g / L} = 0.0012 \text{ Q / L}$$

Para determinar el costo de la dosis para los 15 litros de la muestra de agua residual a la cual se le aplicó la dosis, el costo se calcula de la siguiente forma:

$$0.0012 \text{ Q / L} * 15 \text{ L} = 0.018 \text{ Q}$$

Luego se determinó el costo por metro cúbico de la siguiente forma:

$$0.0012 \text{ Q / L} * 1,000 \text{ L / m}^3 = 1.2 \text{ Q / m}^3$$

Adicionalmente, se determinó el costo del producto por corrida; es decir, por la cantidad total de agua utilizada en metros cúbicos:

$$1.2 \text{ Q / m}^3 * 10.903 \text{ m}^3 / \text{ corrida} = 13.084 \text{ Q / corrida}$$

Finalmente, se determinó también el costo del producto utilizado por quintal de café maduro procesado, de la siguiente forma:

$$13.084 \text{ Q / corrida} \div 200 \text{ quintales / corrida} = 0.065 \text{ Q / quintal}$$

Y así sucesivamente, para todas las dosis, en los cuatro niveles de proceso. Los costos de cada dosis se ordenaron de menor a mayor Demanda Bioquímica de Oxígeno, de la siguiente forma:

Tabla IX. Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado

Promedio de DBO total	Cantidad y tratamiento aplicado por litro de agua residual	Cantidad y tratamiento aplicado a 15 litros de agua residual	Costo del producto por litro de de agua residual (Q)	Costo del productopor 15 litros de agua residual (Q)	Costo del producto por m3 (Q)	Costo del producto por corrida (10.903 m3) (Q)	Costo del producto por quintal de café maduro beneficiado (Q)
109,00	5 g cal	75 g cal	0,006	0,09	6,00	65,42	0,33
652,33	4 g cal	60 g cal	0,0048	0,072	4,80	52,33	0,26
1353,67	3 g cal	45 g cal	0,0036	0,054	3,60	39,25	0,20
6336,67	1 g cal	15 g cal	0,0012	0,018	1,20	13,08	0,065
7198,67	0,05 mL AW	0,75 mL AW	0,006	0,09	6,00	65,42	0,33
8218,67	2 g cal	30 g cal	0,0024	0,036	2,40	26,17	0,13
8392,00	0,024 mL AW	0,36 mL AW	0,0029	0,043	2,88	31,40	0,16
8993,67	20 mL BA	300 mL BA	1,40	21,00	1400,00	15264,20	76,32
9217,17	0,24 mL BA	3,6 mL BA	0,017	0,25	16,80	183,17	0,92
10706,33	nada	nada	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado

Promedio de DBO total	Cantidad y tratamiento aplicado por litro de agua residual	Cantidad y tratamiento aplicado a 15 litros de agua residual	Costo del producto por litro de de agua residual (Q)	Costo del productopor 15 litros de agua residual (Q)	Costo del producto por m3 (Q)	Costo del producto por corrida (10.903 m3) (Q)	Costo del producto por quintal de café maduro beneficiado (Q)
330,67	7 g cal	105 g cal	0,0084	0,126	8,40	91,59	0,23
331,67	6 g cal	90 g cal	0,0072	0,108	7,20	78,50	0,20
339,33	8 g cal	120 g cal	0,0096	0,144	9,60	104,67	0,260
362,00	4 g cal	60 g cal	0,0048	0,072	4,80	52,33	0,13
491,67	5 g cal	75 g cal	0,006	0,09	6,00	65,42	0,16
9730,67	0,10 mL AW	1,5 mL AW	0,012	0,18	12,00	130,84	0,33
10166,00	0,048 mL AW	0,72 mL AW	0,0058	0,09	5,76	62,80	0,16
10377,00	0,48 mL BA	7,2 mL BA	0,0336	0,51	33,60	366,34	0,92
10749,67	20 mL BA	20 mL BA	1,40	21,00	1400,00	15264,20	38,16
11193,33	nada	nada	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.



Tabla XI. Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado

Promedio de DBO total	Cantidad y tratamiento aplicado por litro de agua residual	Cantidad y tratamiento aplicado a 15 litros de agua residual	Costo del producto en Q por litro de de agua residual	Costo del producto en Q por 15 litros de agua residual	Costo del producto por m3 (Q)	Costo del producto por corrida (10.903 m3) (Q)	Costo del producto por quintal de café maduro beneficiado (Q)
16,67	10,78 g cal	161,70 g cal	0,01	0,19	12,94	141,04	0,35
69,67	9,71 g cal	145,65 g cal	0,01	0,17	11,65	127,04	0,32
95,47	11,86 g cal	177,90 g cal	0,01	0,21	14,23	155,17	0,39
208,00	8,63 g cal	129,45 g cal	0,01	0,16	10,36	112,91	0,28
233,56	7,55 g cal	113,25 g cal	0,01	0,14	9,06	98,78	0,25
10081,67	0,078 mL AW	1,17 mL AW	0,01	0,14	9,36	102,05	0,26
15231,00	0,78 mL BA	11,7 mL BA	0,05	0,82	54,60	595,30	1,49
18647,33	64,7 mL BA	970,50 mL BA	4,53	67,94	4529,00	49379,69	123,45
24349,00	0,16 mL AW	2,4 mL AW	0,02	0,29	19,20	209,34	0,52
28001,00	nada	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Costo de las distintas dosis aplicadas al agua residual del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado

Promedio de DBO total	Cantidad y tratamiento aplicado por litro de agua residual	Cantidad y tratamiento aplicado a 15 litros de agua residual	Costo del producto en quetzales por litro de agua residual	Costo del producto en quetzales por 15 litros de agua residual	Costo del producto por m3 (Q)	Costo del producto por corrida (10,903 m3) (Q)	Costo del producto por quintal de café maduro beneficiado (Q)
134,00	10,26 g cal	153,94 g cal	0,01	0,18	12,32	134,27	0,16
287,00	11,29 g cal	169,34 g cal	0,01	0,20	13,55	147,71	0,18
329,67	12,32 g cal	184,73 g cal	0,01	0,22	14,78	161,19	0,20
356,33	13,34 g cal	200,12 g cal	0,02	0,24	16,01	174,54	0,21
450,67	14,37 g cal	215,51 g cal	0,02	0,26	17,24	188,01	0,23
14534,33	82,10 mL BA	1231,50 mL BA	5,75	86,21	5747,00	62659,54	76,32
16442,00	0,99 mL BA	14,78 mL BA	0,07	1,04	69,30	755,58	0,92
17134,00	nada	nada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18033,33	0,099 mL AW	1,48 mL AW	0,01	0,18	11,88	129,53	0,16
18374,67	0,21 mL AW	3,08 mL AW	0,03	0,38	25,20	274,76	0,33

Fuente: elaboración propia.

### 3.8. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con los resultados de cada uno de los niveles de proceso, aplicándose a cada parámetro por separado, para determinar si existe un tratamiento significativamente diferente de los demás, desde el punto de vista estadístico.

Para dicho análisis se realizaron los siguientes cálculos:

Se determinó la sumatoria de las tres repeticiones de la siguiente forma:

$$\Sigma = I + V + X$$

Lo cual para las tres repeticiones del TO del nivel de proceso de 200 quintales, sería:

$$\Sigma = TOI200 + TOV200 + TOX200$$

$$\Sigma = 4,10 + 4,10 + 4,10$$

$$\Sigma = 12,30$$

A partir de esta fórmula se calculó la sumatoria para el resto de repeticiones, parámetros y niveles de proceso; tanto para las repeticiones, como para la sumatoria de estas.

Se determinó la media de la sumatoria anteriormente descrita, de la siguiente forma:

$$x = \Sigma / (\text{número de repeticiones})$$

$$x = 12,30 / 3$$

$$x = 4,10$$

De esta manera se determinó la media para el resto de sumatorias, tanto de las repeticiones, como en cualquier otro cálculo, donde dicha herramienta estadística es necesaria.

Se determinó el factor de corrección (FC), de la siguiente forma:

$$FC = (\sum_{total})^2 / n$$

Donde n es el número de muestras involucradas. De esta forma, para los resultados del análisis de pH del nivel de proceso de 200 quintales, sería:

$$FC = (203,50)^2 / 30$$

$$FC = 1.380,41$$

Para el mismo caso descrito para el factor de corrección, se determinó la suma de cuadrados totales (SCT), de la siguiente forma:

$$SCT = (n_1^2 + n_2^2 + n_3^2 + \dots + n_{30}^2) - FC$$

$$SCT = (4.10^2 + 4.10^2 + \dots + 4.00^2) - 1.380,41$$

$$SCT = 379,38$$

Continuando con los datos del pH para el nivel de proceso ya mencionado, se determinó la suma de cuadrados de tratamiento (SCT) de la siguiente forma:

$$SCT = \sum[(\sum^2) / 3] - FC$$

$$SCT = \sum[(12,30^2 + 15,60^2 + \dots + 12,00^2) / 3] - FC$$

$$SCT = 379,36$$

Se determinó la suma de cuadrados de repetición de la siguiente forma:

$$SCR = [\sum (\sum_{\text{TOTALES}}^2) / a] - FC$$

$$SCR = [(67,92 + \dots + 67,80^2) / 10] - FC$$

$$SCR = 0$$

Donde a es el número de tratamientos involucrados. Se determinó la suma de cuadrados del error de la siguiente forma:

$$SCE = SCT - (SCR + SCT)$$

$$SCE = 379,38 - (0 + 379,36)$$

$$SCE = 0,02$$

Se determinaron los grados de libertad mediante la fórmula:

$$GL = n - 1$$

Por lo que para el número de tratamientos, los grados de libertad serían:

$$GL = 10 - 1$$

$$GL = 9$$

Con los grados de libertad determinados, se encontró el cuadrado de medias (CM) de la siguiente forma:

$$CM = SCT + GL$$

Por lo que para los tratamientos, el cuadrado de medias queda de la siguiente forma:

$$CM = 379,36 * 9$$

$$CM = 3.414,255$$

La frecuencia calculada se determinó dividiendo ya fuera el CM de los tratamientos o las repeticiones, dentro del CM del error experimental, de la siguiente forma:

$$F_{cal} = CM / CM_{error}$$

Por lo que la F calculada para los tratamientos quedaría:

$$F_{calTRAT} = 3.414,255 / 0,3480$$

$$F_{calTRAT} = 9.811,08$$

Con dicho cálculo pueden compararse las frecuencias calculadas con las frecuencias teóricas y determinar si existe o no, una significancia estadística.

El coeficiente de variación (CV) se determina a partir del cuadrado de medias del error ( $CM_{error}$ ) y de la sumatoria de las medias  $\sum x$ , a través de la siguiente fórmula:

$$CV = [(\sqrt{CM_{error}}) / \sum x] * 100$$

Por lo que el CV para los resultados del pH, en el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, sería:

$$CV = [(\sqrt{0,36})/6,78] * 100$$

$$CV = 8,85 \%$$

El error típico de un promedio se calculó de la siguiente forma:

$$ET_x = \pm \sqrt{(CM_{error}/n)}$$

Por lo que para el ejemplo en cuestión, el resultado sería:

$$ET_x = \pm \sqrt{(0,36 / 3)}$$
$$ET_x = \pm 0,34 \text{ mg / L}$$

El límite de confianza se calculó de la siguiente forma:

$$LC = \pm 2 * ET_x$$

Para el ejemplo en cuestión, el LC sería:

$$LC = 2 * 0,34 \text{ mg / L}$$
$$LC = \pm 0,69 \text{ mg / L}$$

Los cálculos antes descritos se utilizaron para determinar el análisis de varianza para cada uno de los distintos parámetros evaluados, en cada uno de los cuatro niveles de proceso.

Potencial de hidrógeno (pH):

Tabla XIII. **Análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0 (0 g / L)</b>	4,10	4,10	4,10	12,30	4,10
<b>CAL</b>	<b>1, (1 g / L)</b>	5,20	5,20	5,20	15,60	5,20
	<b>2, (2 g / L)</b>	6,20	6,10	6,10	18,40	6,13
	<b>3, (3 g / L)</b>	12,00	12,10	12,10	36,20	12,07
	<b>4, (4 g / L)</b>	12,20	12,20	12,20	36,60	12,20
	<b>5, (5 g / L)</b>	12,10	12,10	12,10	36,30	12,10
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,05 mL / L)</b>	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
	<b>0,5 (0,024 mL / L)</b>	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,24 mL / L)</b>	4,10	4,00	4,00	12,10	4,03
	<b>Lab. (20 mL / L)</b>	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
	<b>TOTALES</b>	<b>67,90</b>	<b>67,80</b>	<b>67,80</b>	<b>203,50</b>	<b>67,83</b>
	<b>X</b>	<b>6,79</b>	<b>6,78</b>	<b>6,78</b>	<b>20,35</b>	<b>6,78</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 1380,41

Suma de cuadrados totales (SCT) = 379,38

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 379,36

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 0,00

Suma de cuadrados del error (SCE) = 0,02



Tabla XIV. Frecuencias para el análisis de varianza, para los resultados del pH del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	379,36	9	3 414,2550	9 811,08	3,55	6,01
Repeticiones	0,00	2	0,0013	0,00	2,46	3,60
Error exper.	0,02	18	0,3480			
Totales		29				

\*\*  
NS

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 8,70

Error típico de un promedio =  $\pm 0,34$

Límite de confianza =  $\pm 0,68$

Tabla XV. Análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<i>Testigo</i>	0	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
<b>CAL</b>	1, (4 g / L)	12,40	12,30	12,30	37,00	12,33
	2, (5 g / L)	12,40	12,50	12,50	37,40	12,47
	3, (6 g / L)	12,60	12,60	12,50	37,70	12,57
	4, (7 g / L)	12,50	12,50	12,60	37,60	12,53
	5, (8 g / L)	12,50	12,50	12,50	37,50	12,50
<b>Animal Waste</b>	1, (0,1 mL / L)	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
	0,5 (0,048 mL / L)	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
<b>Bacto-Agar</b>	Campo (0,48 mL / L)	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
	Lab (40 mL / L)	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
	<b>TOTALES</b>	<b>82,40</b>	<b>82,40</b>	<b>82,40</b>	<b>247,20</b>	<b>82,40</b>
	<b>X</b>	<b>8,24</b>	<b>8,24</b>	<b>8,24</b>	<b>24,72</b>	<b>8,24</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2 036,93

Suma de cuadrados totales (SCT) = 539,45

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 539,43

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 0,00

Suma de cuadrados del error (SCE) = 0,03

Tabla XVI. **Frecuencias para el análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	539,43	9	4 854,8280	10 114,23	3,55	6,01	**
Repeticiones	0,00	2	0,0000	0,00	2,46	3,60	NS
Error exper,	0,03	18	0,4800				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 8,41%

Error típico de un promedio =  $\pm 0,40$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 0,80$  mg / L

Tabla XVII. **Análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	6,20	6,50	5,70	18,40	<b>6,13</b>
<b>CAL</b>	<b>1, (7,55 g / L)</b>	12,40	12,40	12,40	37,20	12,40
	<b>2, (8,63 g / L)</b>	12,40	12,40	12,40	37,20	12,40
	<b>3, (9,71 g / L)</b>	12,40	12,40	12,40	37,20	12,40
	<b>4, (10,78 g / L)</b>	12,60	12,60	12,60	37,80	12,60
	<b>5, (11,86 g / L)</b>	12,40	12,50	12,50	37,40	12,47
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,16 mL / L)</b>	4,90	4,90	4,90	14,70	4,90
	<b>0,5, (0,078 mL / L)</b>	4,80	4,90	4,90	14,60	4,87
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,78 mL / L)</b>	4,80	4,80	4,80	14,40	4,80
	<b>Lab (64,7 mL / L)</b>	4,80	4,80	4,80	14,40	4,80
	<b>TOTALES</b>	<b>87,70</b>	<b>88,20</b>	<b>87,40</b>	<b>263,30</b>	<b>87,77</b>
	<b>X</b>	<b>8,77</b>	<b>8,82</b>	<b>8,74</b>	<b>26,33</b>	<b>8,78</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2 310,90

Suma de cuadrados totales (SCT) = 409,99

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 409,65

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 0,03

Suma de cuadrados del error (SCE) = 0,31

Tabla XVIII. **Frecuencias para el análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	409,65	9	3686,8830	666,46	3,55	6,01	** NS
Repeticiones	0,03	2	0,0653	0,01	2,46	3,60	
Error exper,	0,31	18	5,5320				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 26,80 %

Error típico de un promedio =  $\pm 1,36$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 2,72$  mg / L

Tabla XIX. **Análisis de varianza para los resultados del pH del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	4,00	4,00	4,00	12,00	4,00
<b>CAL</b>	<b>1, (10,26 g / L)</b>	12,50	12,50	12,50	37,50	12,50
	<b>2, (11,29 g / L)</b>	12,40	12,40	12,40	37,20	12,40
	<b>3, (12,32 g / L)</b>	12,50	12,60	12,50	37,60	12,53
	<b>4, (13,34 g / L)</b>	12,50	12,60	12,50	37,60	12,53
	<b>5, (14,37 g / L)</b>	12,50	12,50	12,50	37,50	12,50
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,21 mL / L)</b>	3,90	3,80	3,80	11,50	3,83
	<b>0,5 (0,099 mL / L)</b>	3,90	3,90	3,90	11,70	3,90
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,99 mL / L)</b>	3,80	3,80	3,80	11,40	3,80
	<b>Lab (82,1 mL / L)</b>	3,80	4,00	3,90	11,70	3,90
	<b>TOTALES</b>	<b>81,80</b>	<b>82,10</b>	<b>81,80</b>	<b>245,70</b>	<b>81,90</b>
	<b>X</b>	<b>8,18</b>	<b>8,21</b>	<b>8,18</b>	<b>24,57</b>	<b>8,19</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2012,28

Suma de cuadrados totales (SCT) = 555,71

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 555,67

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 0,01

Suma de cuadrados del error (SCE) = 0,03

Tabla XX. Frecuencias calculadas y teórica para los resultados del pH el análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	555,67	9	5001,0030	8171,57	3,55	6,01
Repeticiones	0,01	2	0,0120	0,02	2,46	3,60
Error exper,	0,03	18	0,6120			
Totales		29				

\*\*  
NS

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 9,55 %

Error típico de un promedio =  $\pm 0,45$  mg/L

Límite de confianza =  $\pm 0,90$  mg/L

Sólidos totales en suspensión (STS):

Tabla XXI. Análisis de varianza para los resultados de STS del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	1600,00	1800,00	1600,00	5000,00	1666,67
<b>CAL</b>	<b>1, (1 g / L)</b>	1400,00	1000,00	1400,00	3800,00	1266,67
	<b>2, (2 g / L)</b>	4600,00	1000,00	1200,00	6800,00	2266,67
	<b>3, (3 g / L)</b>	7800,00	8000,00	7800,00	23600,00	7866,67
	<b>4, (4 g / L)</b>	4800,00	9200,00	12200,00	26200,00	8733,33
	<b>5, (5 g / L)</b>	7400,00	7400,00	9400,00	24200,00	8066,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,05 mL / L)</b>	2000,00	1800,00	2800,00	6600,00	2200,00
	<b>0,5 (0,024 mL / L)</b>	1800,00	1200,00	1400,00	4400,00	1466,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,24 mL / L)</b>	3800,00	1800,00	1000,00	6600,00	2200,00
	<b>Lab (20 mL / L)</b>	1200,00	800,00	1000,00	3000,00	1000,00
	<b>TOTALES</b>	<b>36400,00</b>	<b>34000,00</b>	<b>39800,00</b>	<b>110200,00</b>	<b>36733,33</b>
	<b>X</b>	<b>3640,00</b>	<b>3400,00</b>	<b>3980,00</b>	<b>11020,00</b>	<b>3673,33</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 404801333,33

Suma de cuadrados totales (SCT) = 315638666,67

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 271 932 000,00

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 1 698 666,67

Suma de cuadrados del error (SCE) = 42 008 000,00

Tabla XXII. **Frecuencias para los resultados de los STS el análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	271 932 000,00	9	2 447 388 000,00	3,24	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	1 698 666,67	2	3 397 333,33	0,00	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	42 008 000,00	18	756 144 000,00				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 748,59 %

Error típico de un promedio =  $\pm 15876,02$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 31752,04$  mg / L

Tabla XXIII. **Análisis de varianza para los resultados de los STS del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	2 600,00	3 200,00	2 400,00	8 200,00	2 733,33
<b>CAL</b>	<b>1, (4 g / L)</b>	10 000,00	10 400,00	9 600,00	30 000,00	10 000,00
	<b>2, (5 g / L)</b>	9 600,00	11 200,00	9 200,00	30 000,00	10 000,00
	<b>3, (6 g / L)</b>	10 600,00	5 400,00	7 400,00	23 400,00	7 800,00
	<b>4, (7 g / L)</b>	13 200,00	8 000,00	14400,00	35 600,00	11 866,67
	<b>5, (8 g / L)</b>	14 000,00	13 200,00	11200,00	38 400,00	12 800,00
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,1 mL / L)</b>	2 800,00	2 400,00	2200,00	7400,00	2 466,67
	<b>0,5 (0,48 mL / L)</b>	1 200,00	1 800,00	2600,00	5600,00	1 866,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,48 mL/L)</b>	2 200,00	2 000,00	2000,00	6200,00	2 066,67
	<b>Lab (40 mL / L)</b>	2 400,00	2 000,00	1000,00	5400,00	1 800,00
	<b>TOTALES</b>	<b>68 600,00</b>	<b>59 600,00</b>	<b>62000,00</b>	<b>190200,00</b>	<b>63 400,00</b>
	<b>X</b>	<b>6 860,00</b>	<b>5 960,00</b>	<b>6 200,00</b>	<b>19 020,00</b>	<b>6340,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 1 205 868 000,00

Suma de cuadrados totales (SCT) = 610 492 000,00

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 564 278 666,67

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 4 344 000,00

Tabla XXIV. **Frecuencias para los resultados de los STS el análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro**

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	564 278 666,67	9	5 078 508 000,00	6,74	3,55	6,01
Repeticiones	4 344 000,00	2	8 688 000,00	0,01	2,46	3,60
Error exper.	41 869 333,33	18	753 648 000,00			
Totales		29				

\*\*  
N.S.

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 433,01 %

Error típico de un promedio =  $\pm 15849,79$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 31699,59$  mg / L

Tabla XXV. **Análisis de varianza para los resultados de los STS del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	10600,00	10 600,00	5 600,00	26800,00	8 933,33
<b>CAL</b>	<b>1, (7,55 g / L)</b>	1 200,00	1 800,00	7 600,00	10600,00	3 533,33
	<b>2, (8,63 g / L)</b>	1 200,00	1 000,00	1 000,00	3 200,00	1 066,67
	<b>3, (9,71 g / L)</b>	1 000,00	1 000,00	1 600,00	3 600,00	1 200,00
	<b>4, (10,78 g / L)</b>	1 200,00	3 200,00	2 800,00	7 200,00	2 400,00
	<b>5, (11,86 g / L)</b>	800,00	400,00	200,00	1 400,00	466,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,16 mL / L)</b>	2 400,00	3 000,00	2 800,00	8 200,00	2 733,33
	<b>0,5, (0,078 mL/L)</b>	3 800,00	3 400,00	2 800,00	10000,00	3 333,33
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,78 mL/L)</b>	6 000,00	5 400,00	4 800,00	16200,00	5 400,00
	<b>Lab (64,7 mL/L)</b>	2 600,00	1 800,00	2 200,00	6 600,00	2 200,00
	<b>TOTALES</b>	<b>30800,00</b>	<b>31600,00</b>	<b>31400,00</b>	<b>93800,00</b>	<b>31 266,67</b>
	<b>X</b>	<b>3080,00</b>	<b>3160,00</b>	<b>3140,00</b>	<b>9380,00</b>	<b>3 126,67</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 293281333,33

Suma de cuadrados totales (SCT) = 213078666,67

Suma de cuadrados de tratamiento (SCT) = 166 998 666,67

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 34 666,67

Suma de cuadrados del error (SCE) = 46 045 333,33



Tabla XXVI. Frecuencias para los resultados de los STS el análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	166 998 666,67	9	1 502 988 000,00	1,81	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	34 666,67	2	69 333,33	0,00	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	46 045 333,33	18	828 816 000,00				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 920,76 %

Error típico de un promedio =  $\pm 16621,43$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 33242,86$  mg / L

Tabla XXVII. Análisis de varianza para los resultados de los STS del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	7 200,00	7 400,00	7 000,00	21 600,00	7 200,00
<b>CAL</b>	<b>1, (10,26 g / L)</b>	6 000,00	5 200,00	1 600,00	12 800,00	4 266,67
	<b>2, (11,29 g / L)</b>	1 600,00	1 600,00	2 200,00	5 400,00	1 800,00
	<b>3, (12,32 g / L)</b>	2 600,00	7400,00	1 400,00	11 400,00	3 800,00
	<b>4, (13,34 g / L)</b>	6 800,00	7200,00	4 800,00	18 800,00	6 266,67
	<b>5, (14,37 g / L)</b>	14 400,00	18000,00	21 000,00	53 400,00	17800,00
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,21 mL / L)</b>	6 600,00	3 800,00	4 000,00	14 400,00	4 800,00
	<b>0,5 (0,099 mL / L)</b>	1 800,00	7 000,00	7 600,00	16 400,00	5 466,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,99 mL / L)</b>	5 000,00	4 800,00	6 200,00	16 000,00	5 333,33
	<b>Lab (82,1 mL / L)</b>	2 400,00	1 600,00	2 200,00	6 200,00	2 066,67
	<b>TOTALES</b>	<b>54400,00</b>	<b>64000,00</b>	<b>58 000,00</b>	<b>176400,00</b>	<b>58800,00</b>
	<b>X</b>	<b>5 440,00</b>	<b>6 400,00</b>	<b>5 800,00</b>	<b>17640,00</b>	<b>5 880,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 1 037 232 000,00

Suma de cuadrados totales (SCT) = 634 528 000,00

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 551 194 666,67

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 4 704 000,00

Suma de cuadrados del error (SCE) = 78 629 333,33

Tabla XXVIII. **Frecuencias para los resultados de los STS el análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	551 194 666,67	9	4 960 752 000,00	3,51	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	4 704 000,00	2	9 408 000,00	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	78 629 333,33	18	1 415 328 000,00				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 639,81 %

Error típico de un promedio =  $\pm 21720,41$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 43440,81$  mg / L

Nitrógeno total (N):

Tabla XXIX. **Análisis de varianza para los resultados de nitrógeno del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	154,00	189,00	210,00	553,00	184,33
<b>CAL</b>	<b>1, (1 g / L)</b>	140,00	143,50	140,00	423,50	141,17
	<b>2, (2 g / L)</b>	126,00	175,00	168,00	469,00	156,33
	<b>3, (3 g / L)</b>	294,00	329,00	280,00	903,00	301,00
	<b>4, (4 g / L)</b>	196,00	217,00	280,00	693,00	231,00
	<b>5, (5 g / L)</b>	245,00	217,00	182,00	644,00	214,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,05 mL / L)</b>	175,00	189,00	175,00	539,00	179,67
	<b>0,5 (0,024 mL / L)</b>	182,00	147,00	189,00	518,00	172,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,24 mL / L)</b>	175,00	252,00	175,00	602,00	200,67
	<b>Lab (20 mL / L)</b>	182,00	182,00	168,00	532,00	177,33
	<b>TOTALES</b>	<b>1 869,00</b>	<b>2 040,50</b>	<b>1 967,00</b>	<b>5 876,50</b>	<b>1 958,83</b>
	<b>X</b>	<b>186,90</b>	<b>204,05</b>	<b>196,70</b>	<b>587,65</b>	<b>195,88</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 1151108,41

Suma de cuadrados totales (SCT) = 70816,84

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 55 488,01

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 1 480,62

Suma de cuadrados del error (SCE) = 13 848,22

Tabla XXX. Frecuencias para los resultados del nitrógeno del análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	55 488,01	9	499 392,08	2,00	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	1 480,62	2	2961,23	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	13 848,22	18	249267,90				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 254,88 %

Error típico de un promedio =  $\pm 288,25$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 576,50$  mg / L

Tabla XXXI. Análisis de varianza para los resultados de nitrógeno del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	217,00	224,00	210,00	651,00	217,00
<b>CAL</b>	<b>1, (4 g / L)</b>	483,00	322,00	350,00	1155,00	385,00
	<b>2, (5 g / L)</b>	371,00	462,00	420,00	1253,00	417,67
	<b>3, (6 g / L)</b>	665,00	343,00	280,00	1288,00	429,33
	<b>4, (7 g / L)</b>	245,00	210,00	182,00	637,00	212,33
	<b>5, (8 g / L)</b>	315,00	280,00	273,00	868,00	289,33
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,1 mL / L)</b>	217,00	189,00	245,00	651,00	217,00
	<b>0,5 (0,48 mL / L)</b>	189,00	196,00	224,00	609,00	203,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,48 mL/L)</b>	210,00	217,00	210,00	637,00	212,33
	<b>Lab (40 mL / L)</b>	196,00	206,50	182,00	584,50	194,83
	<b>TOTALES</b>	<b>3 108,00</b>	<b>2 649,50</b>	<b>2 576,00</b>	<b>8333,50</b>	<b>2777,83</b>
	<b>X</b>	<b>310,80</b>	<b>264,95</b>	<b>257,60</b>	<b>833,35</b>	<b>277,78</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2 314 907,41

Suma de cuadrados totales (SCT) = 357 711,84

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 247 780,34

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 16 621,62

Suma de cuadrados del error (SCE) = 93 309,88

Tabla XXXII. **Frecuencias para los resultados del nitrógeno del análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	247780,34	9	2230023,08	1,33	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	16621,62	2	33243,23	0,02	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	93309,88	18	1679577,90				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 466,55 %

Error típico de un promedio =  $\pm 748,24$

Límite de confianza =  $\pm 1496,47$

Tabla XXXIII. **Análisis de varianza para los resultados de nitrógeno del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	532,00	427,00	322,00	1 281,00	427,00
<b>CAL</b>	<b>1, (7,55 g / L)</b>	427,00	238,00	350,00	1 015,00	338,33
	<b>2, (8,63 g / L)</b>	252,00	259,00	280,00	791,00	263,67
	<b>3, (9,71 g / L)</b>	294,00	224,00	294,00	812,00	270,67
	<b>4, (10,78 g / L)</b>	147,00	294,00	161,00	602,00	200,67
	<b>5, (11,86 g / L)</b>	287,00	224,00	259,00	770,00	256,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,16 mL / L)</b>	252,00	273,00	266,00	791,00	263,67
	<b>0,5, (0,078 mL/L)</b>	287,00	280,00	287,00	854,00	284,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,78 mL/L)</b>	322,00	315,00	308,00	945,00	315,00
	<b>Lab (64,7 mL/L)</b>	245,00	189,00	294,00	728,00	242,67
	<b>TOTALES</b>	<b>3 045,00</b>	<b>2 723,00</b>	<b>2 821,00</b>	<b>8 589,00</b>	<b>2 863,00</b>
	<b>X</b>	<b>304,50</b>	<b>272,30</b>	<b>282,10</b>	<b>858,90</b>	<b>286,30</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2 459 030,70

Suma de cuadrados totales (SCT) = 168 986,30

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 104 142,97

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 5 448,80

Suma de cuadrados del error (SCE) = 59 394,53

Tabla XXXIV. **Frecuencias para los resultados del nitrógeno del análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	104142,97	9	937286,70	0,88	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	5448,80	2	10897,60	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	59394,53	18	1069101,60				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 361,15 %

Error típico de un promedio =  $\pm 596,96$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 1193,93$  mg / L

Tabla XXXV. **Análisis de varianza para los resultados de nitrógeno del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	252,00	315,00	315,00	882,00	294,00
<b>CAL</b>	<b>1, (10,26 g / L)</b>	161,00	189,00	175,00	525,00	175,00
	<b>2, (11,29 g / L)</b>	154,00	168,00	147,00	469,00	156,33
	<b>3, (12,32 g / L)</b>	147,00	224,00	147,00	518,00	172,67
	<b>4, (13,34 g / L)</b>	161,00	168,00	140,00	469,00	156,33
	<b>5, (14,37 g / L)</b>	231,00	294,00	301,00	826,00	275,33
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,21 mL / L)</b>	203,00	175,00	231,00	609,00	203,00
	<b>0,5 (0,099 mL/L)</b>	252,00	343,00	336,00	931,00	310,33
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,99 mL/L)</b>	21,00	224,00	245,00	490,00	163,33
	<b>Lab (82,1 mL/L)</b>	175,00	175,00	168,00	518,00	172,67
	<b>TOTALES</b>	<b>1757,00</b>	<b>2275,00</b>	<b>2205,00</b>	<b>6237,00</b>	<b>2079,00</b>
	<b>X</b>	<b>175,70</b>	<b>227,50</b>	<b>220,50</b>	<b>623,70</b>	<b>207,90</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 1296672,30

Suma de cuadrados totales (SCT) = 147994,70

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 100040,03

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 15797,60

Suma de cuadrados del error (SCE) = 32157,07

Tabla XXXVI. Frecuencias para los resultados del nitrógeno del análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	100 040,03	9	900 360,30	1,56	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	15 797,60	2	31595,20	0,05	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	32 157,07	18	578 827,20				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 365,95 %

Error típico de un promedio =  $\pm 439,25$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 878,50$  mg / L

Fósforo total (P):

Tabla XXXVII. Análisis de varianza para los resultados de fósforo del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	10,30	9,31	10,33	29,94	9,98
<b>CAL</b>	<b>1, (1 g / L)</b>	7,95	27,44	5,58	40,97	13,66
	<b>2, (2 g / L)</b>	9,20	12,95	10,60	32,75	10,92
	<b>3, (3 g / L)</b>	6,00	16,25	28,80	51,05	17,02
	<b>4, (4 g / L)</b>	22,80	19,70	26,40	68,90	22,97
	<b>5, (5 g / L)</b>	15,59	18,04	17,02	50,65	16,88
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,05 mL / L)</b>	6,54	8,63	8,50	23,67	7,89
	<b>0,5 (0,024 mL / L)</b>	9,60	8,01	6,87	24,48	8,16
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo(0,24 mL/L)</b>	10,65	12,35	8,65	31,65	10,55
	<b>Lab (20 mL / L)</b>	9,20	9,75	9,60	28,55	9,52
	<b>TOTALES</b>	<b>107,83</b>	<b>142,43</b>	<b>132,35</b>	<b>382,61</b>	<b>127,54</b>
	<b>X</b>	<b>10,78</b>	<b>14,24</b>	<b>13,24</b>	<b>38,26</b>	<b>12,75</b>

Fuente: elaboración propia.



Factor de corrección (FC) = 4 879,68

Suma de cuadrados totales (SCT) = 1 230,00

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 634,52

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 63,33

Suma de cuadrados del error (SCE) = 532,14

Tabla XXXVIII. **Frecuencias para los resultados del fósforo del análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	634,52	9	5 710,70	0,60	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	63,33	2	126,67	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	532,14	18	9 578,57				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 767,39 %

Error típico de un promedio =  $\pm 56,51$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 113,01$  mg / L

Tabla XXXIX. **Análisis de varianza para los resultados del fósforo del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	6,40	7,48	17,95	31,83	10,61
<b>CAL</b>	<b>1, (4 g / L)</b>	26,20	28,80	31,00	86,00	28,67
	<b>2, (5 g / L)</b>	16,24	20,10	26,95	63,29	21,10
	<b>3, (6 g / L)</b>	8,45	24,25	18,40	51,10	17,03
	<b>4, (7 g / L)</b>	12,30	9,85	11,95	34,10	11,37
	<b>5, (8 g / L)</b>	22,05	32,65	21,55	76,25	25,42
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,1 mL / L)</b>	7,85	6,95	9,85	24,65	8,22
	<b>0,5 (0,48 mL/L)</b>	6,60	7,40	8,35	22,35	7,45
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo(0,48 mL/L)</b>	7,95	8,85	6,03	22,83	7,61
	<b>Lab (40 mL/L)</b>	5,60	5,60	5,65	16,85	5,62
	<b>TOTALES</b>	<b>119,64</b>	<b>151,93</b>	<b>157,68</b>	<b>429,25</b>	<b>143,08</b>
	<b>X</b>	<b>11,96</b>	<b>15,19</b>	<b>15,77</b>	<b>42,93</b>	<b>14,31</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 6141,85

Suma de cuadrados totales (SCT) = 2201,48

Suma de cuadrados de tratamiento (SCT) = 1829,86

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 84,09 mg / L

Suma de cuadrados del error (SCE) = 287,53 mg / L

Tabla XL. **Frecuencias para los resultados del fósforo del análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	1829,86	9	16468,73	3,18	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	84,09	2	168,18	0,03	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	287,53	18	5175,48				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 502,79 %

Error típico de un promedio =  $\pm 41,54$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 83,07$  mg / L

Tabla XLI. **Análisis de varianza para los resultados de fósforo del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	17,50	33,50	30,50	81,50	27,17
<b>CAL</b>	<b>1, (7,55 g / L)</b>	19,50	20,00	27,50	67,00	22,33
	<b>2, (8,63 g / L)</b>	21,00	16,50	18,50	56,00	18,67
	<b>3, (9,71 g / L)</b>	19,50	21,00	20,00	60,50	20,17
	<b>4, (10,78 g / L)</b>	12,00	16,50	17,50	46,00	15,33
	<b>5, (11,86 g / L)</b>	17,00	11,00	13,50	41,50	13,83
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,16 mL / L)</b>	13,00	20,00	22,50	55,50	18,50
	<b>0,5, (0,078 mL/L)</b>	23,50	18,50	18,00	60,00	20,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,78 mL/L)</b>	27,50	25,00	26,50	79,00	26,33
	<b>Lab (64,7 mL/L)</b>	22,00	20,00	21,50	63,50	21,17
	<b>TOTALES</b>	<b>192,50</b>	<b>202,00</b>	<b>216,00</b>	<b>610,50</b>	<b>203,50</b>
	<b>X</b>	<b>19,25</b>	<b>20,20</b>	<b>21,60</b>	<b>61,05</b>	<b>20,35</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 12 423,80

Suma de cuadrados totales (SCT) = 786,62

Suma de cuadrados de tratamiento (SCT) = 482,78

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 27,94 mg / L

Suma de cuadrados del error (SCE) = 275,90 mg / L

Tabla XLII. Frecuencias para los resultados del fósforo del análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	482,78	9	4345,00	0,87	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	27,94	2	55,89	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	275,90	18	4966,14				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 346,29 %

Error típico de un promedio =  $\pm 40,69$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 81,37$  mg / L

Tabla XLIII. Análisis de varianza para los resultados de fósforo del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep 1	Rep 2	Rep 3	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	35,91	47,37	44,80	128,08	42,69
<b>CAL</b>	<b>1, (10,26 g / L)</b>	14,30	16,34	11,65	42,29	14,10
	<b>2, (11,29 g / L)</b>	13,60	13,10	13,95	40,65	13,55
	<b>3, (12,32 g / L)</b>	15,20	17,69	13,63	46,52	15,51
	<b>4, (13,34 g / L)</b>	14,45	17,43	16,81	48,69	16,23
	<b>5, (14,37 g / L)</b>	26,00	39,70	24,00	89,70	29,90
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,21 mL / L)</b>	22,00	6,85	25,50	54,35	18,12
	<b>0,5 (0,099 mL/L)</b>	13,50	26,60	12,00	52,10	17,37
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,99 mL/L)</b>	9,50	11,60	16,50	37,60	12,53
	<b>Lab (82,1 mL/L)</b>	5,50	9,00	7,15	21,65	7,22
	<b>TOTALES</b>	<b>169,96</b>	<b>205,68</b>	<b>185,99</b>	<b>561,63</b>	<b>187,21</b>
	<b>X</b>	<b>17,00</b>	<b>20,57</b>	<b>18,60</b>	<b>56,16</b>	<b>18,72</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 10514,28  
 Suma de cuadrados totales (SCT) = 3412,03  
 Suma de cuadrados de tratamiento (SCT) = 2811,42  
 Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 64,02  
 Suma de cuadrados del error (SCE) = 536,59

Tabla XLIV. **Frecuencias para los resultados del fósforo del análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	2 811,42	9	25 302,78	2,62	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	64,02	2	128,04	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	536,59	18	9 658,68				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 524,96 %  
 Error típico de un promedio = ± 56,74 mg / L  
 Límite de confianza = ± 113,48 mg / L

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

Tabla XLV. **Análisis de varianza para los resultados de DBO del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	10 290,00	11 049,00	10 780,00	32 119,00	10706,33
<b>CAL</b>	<b>1, (1 g / L)</b>	3 685,00	7 650,00	7 675,00	19 010,00	6 336,67
	<b>2, (2 g / L)</b>	8 673,00	6 683,00	9 300,00	24 656,00	8 218,67
	<b>3, (3 g / L)</b>	526,00	1 680,00	1 855,00	4061,00	1 353,67
	<b>4, (4 g / L)</b>	256,00	1 122,00	579,00	1957,00	652,33
	<b>5, (5 g / L)</b>	50,00	50,00	227,00	327,00	109,00
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,05 mL / L)</b>	4 389,00	8 142,00	9 065,00	21 596,00	7 198,67
	<b>0,5 (0,024 mL / L)</b>	8 319,00	7 963,00	8 894,00	25 176,00	8 392,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo(0,24 mL/L)</b>	9 996,00	9 154,00	8 501,50	27 651,50	9 217,17
	<b>Lab (20 mL/ L)</b>	8 415,00	9 648,00	8 918,00	26 981,00	8 993,67
	<b>TOTALES</b>	<b>54 599,00</b>	<b>63 141,00</b>	<b>65 794,50</b>	<b>183534,50</b>	<b>61178,17</b>
	<b>X</b>	<b>5459,90</b>	<b>6314,10</b>	<b>6579,45</b>	<b>18353,45</b>	<b>6117,82</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) =1 122 830 423,01

Suma de cuadrados totales (SCT) = 445 845 700,24

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 415 221 277,41

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 6 844 868,22

Suma de cuadrados del error (SCE) = 23 779 554,62

Tabla XLVI. Frecuencias para los resultados de la DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	415221277,41	9	3736991496,68	8,73	3,55	6,01
Repeticiones	6844868,22	2	13689736,43	0,03	2,46	3,60
Error exper.	23779554,62	18	428031983,10			
Totales		29				

\*\*  
N.S.

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 338,18 %

Error típico de un promedio = ± 11944,76 mg / L

Límite de confianza = ± 23889,52 mg / L

Tabla XLVII. Análisis de varianza para los resultados de la DBO del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	Σ	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	11454,00	10 902,00	11 224,00	33 580,00	11 193,33
<b>CAL</b>	<b>1, (4 g / L)</b>	368,00	387,00	331,00	1 086,00	362,00
	<b>2, (5 g / L)</b>	336,00	379,00	760,00	1 475,00	491,67
	<b>3, (6 g / L)</b>	366,00	323,00	306,00	995,00	331,67
	<b>4, (7 g / L)</b>	349,00	260,00	383,00	992,00	330,67
	<b>5, (8 g / L)</b>	362,00	317,00	339,00	1018,00	339,33
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,1 mL / L)</b>	11063,00	11 808,00	6 321,00	29 192,00	9 730,67
	<b>0,5 (0,48 mL/L)</b>	10164,00	9 198,00	11 136,00	30 498,00	10 166,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo(0,48 mL/L)</b>	10584,00	12 825,00	7 722,00	31 131,00	10 377,00
	<b>Lab (40 mL/L)</b>	9 844,00	11 712,00	10 693,00	32 249,00	10 749,67
	<b>TOTALES</b>	<b>54890,00</b>	<b>58 111,00</b>	<b>49 215,00</b>	<b>162216,00</b>	<b>54072,00</b>
	<b>X</b>	<b>5489,00</b>	<b>5811,10</b>	<b>4921,50</b>	<b>16221,60</b>	<b>5407,20</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 877134355,20

Suma de cuadrados totales (SCT) = 799375860,80

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) 764672266,13

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 4057309,40

Suma de cuadrados del error (SCE) = 30646285,27

**Tabla XLVIII. Frecuencias para los resultados de la DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	764672266,13	9	6882050395,20	12,48	3,55	6,01
Repeticiones	4 057 309,40	2	8 114 618,80	0,01	2,46	3,60
Error exper.	30 646 285,27	18	551633 134,80			
Totales		29				

\*\*  
NS

Fuente: elaboración propia.

Coefficiente de variación (CV) = 434,36 %

Error típico de un promedio =  $\pm$  13560,15 mg / L

Límite de confianza =  $\pm$  27120,30 mg / L



Tabla XLIX. **Análisis de varianza para los resultados de la DBO del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	31224,00	28 035,00	24 744,00	84003,00	28001,00
<b>CAL</b>	<b>1, (7,55 g / L)</b>	50,00	50,00	2 002,00	2102,00	700,67
	<b>2, (8,63 g / L)</b>	50,00	50,00	1 772,00	1872,00	624,00
	<b>3, (9,71 g / L)</b>	527,00	50,00	50,00	627,00	209,00
	<b>4, (10,78 g / L)</b>	50,00	50,00	50,00	150,00	50,00
	<b>5, (11,86 g / L)</b>	50,00	50,00	760,00	860,00	286,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,16 mL / L)</b>	25 872,00	23 876,00	23 299,00	73047,00	24349,00
	<b>0,5, (0,078 mL/L)</b>	6 040,00	4030,00	20 175,00	30245,00	10081,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,78 mL/L)</b>	17 712,00	20 475,00	7 506,00	45693,00	15231,00
	<b>Lab (64,7 mL/L)</b>	17 672,00	18 595,00	19 675,00	55942,00	18647,33
	<b>TOTALES</b>	<b>99 247,00</b>	<b>9 5261,00</b>	<b>100033,00</b>	<b>294541,00</b>	<b>98180,33</b>
	<b>X</b>	<b>9 924,70</b>	<b>9 526,10</b>	<b>10003,30</b>	<b>29454,10</b>	<b>9818,03</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2891813356,03

Suma de cuadrados totales (SCT) = 3565862522,97

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 3286041268,30

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 1309265,87

Suma de cuadrados del error (SCE) = 278511988,80

Tabla L. **Frecuencias para los resultados de la DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	3 286 041 268,30	9	2 957 4371 414,7000	5,90	3,55	6,01
Repeticiones	1 309 265,87	2	2 618 531,7333	0,00	2,46	3,60
Error exper.	278 511 988,80	18	5 013 215 798,4000			
Totales		29				

\*\*  
NS

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 721,16 %

Error típico de un promedio = ± 40878,75 mg / L

Límite de confianza = ± 81757,49 mg / L

Tabla LI. **Análisis de varianza para los resultados de la DBO del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	Σ	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	16 786,00	17 319,00	17297,00	51 402,00	17 134,00
<b>CAL</b>	<b>1, (10,26 g / L)</b>	50,00	50,00	302,00	402,00	134,00
	<b>2, (11,29 g / L)</b>	290,00	291,00	280,00	861,00	287,00
	<b>3, (12,32 g / L)</b>	312,00	356,00	321,00	989,00	329,67
	<b>4, (13,34 g / L)</b>	332,00	370,00	367,00	1069,00	356,33
	<b>5, (14,37 g / L)</b>	378,00	503,00	471,00	1352,00	450,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,21 mL / L)</b>	20 261,00	15 141,00	19722,00	55 124,00	18 374,67
	<b>0,5 (0,099 mL/L)</b>	13 528,00	21 315,00	19257,00	54 100,00	18 033,33
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,99 mL/L)</b>	18 635,00	10 332,00	20359,00	49 326,00	16 442,00
	<b>Lab (82,1 mL/L)</b>	14 469,00	13 209,00	15925,00	43 603,00	14 534,33
	<b>TOTALES</b>	<b>85 041,00</b>	<b>78 886,00</b>	<b>94301,00</b>	<b>258228,00</b>	<b>86076,00</b>
	<b>X</b>	<b>8 504,10</b>	<b>7 888,60</b>	<b>9430,10</b>	<b>25 822,80</b>	<b>8607,60</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2 222 723 332,80

Suma de cuadrados totales (SCT) = 2 202 671 427,20

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 2 092 862 859,20

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 12 041 795,00

Suma de cuadrados del error (SCE) = 97 766 773,00

Tabla LII. **Frecuencias para los resultados de la DBO del análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	2092862859,20	9	18835765732,8000	10,70	3,55	6,01	**
Repeticiones	12041795,00	2	24083590,0000	0,01	2,46	3,60	N. S.
Error exper.	97766773,00	18	1759801914,0000				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 487.36 %

Error típico de un promedio =  $\pm 24219.84$

Límite de confianza =  $\pm 48439.68$

Demanda química de oxígeno (DQO):

Tabla LIII. **Análisis de varianza para los resultados de la DQO del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep 1	Rep 2	Rep 3	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	8400,00	9035,00	8800,00	26235,00	8745,00
<b>CAL</b>	<b>1, (1 g / L)</b>	6710,00	6120,00	6145,00	18975,00	6325,00
	<b>2, (2 g / L)</b>	7095,00	6535,00	7540,00	21170,00	7056,67
	<b>3, (3 g / L)</b>	10520,00	9610,00	10615,00	30745,00	10248,33
	<b>4, (4 g / L)</b>	10240,00	11225,00	11590,00	33055,00	11018,33
	<b>5, (5 g / L)</b>	8140,00	10490,00	9080,00	27710,00	9236,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,05 mL / L)</b>	7985,00	7080,00	7405,00	22470,00	7490,00
	<b>0,5 (0,024 mL /L)</b>	7080,00	6515,00	7275,00	20870,00	6956,67
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo(0,24 mL/L)</b>	8170,00	7960,00	6945,00	23075,00	7691,67
	<b>Lab (20 mL/ L)</b>	7480,00	8055,00	7290,00	22825,00	7608,33
	<b>TOTALES</b>	<b>81820,00</b>	<b>82625,00</b>	<b>82685,00</b>	<b>247130,00</b>	<b>82376,67</b>
	<b>X</b>	<b>8182,00</b>	<b>8262,50</b>	<b>8268,50</b>	<b>24713,00</b>	<b>8237,67</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 2 035 774 563,33

Suma de cuadrados totales (SCT) = 70 165 136,67

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 629 32420,00

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 46 661,67

Suma de cuadrados del error (SCE) = 7 186 055,00

Tabla LIV. Frecuencias para los resultados de la DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 200 quintales de café maduro

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F		
				Calculado	5%	1%
Tratamientos	62932420,00	9	566391780,00	4,38	3,55	6,01
Repeticiones	46661,67	2	93323,33	0,00	2,46	3,60
Error exper.	7186055,00	18	129348990,00			
Totales		29				

\* NS

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 138,06 %

Error típico de un promedio =  $\pm 6566,30$  mg / L

Límite de confianza =  $\pm 13132,61$  mg / L

Tabla LV. Análisis de varianza para los resultados de la DQO del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	9 972,00	9 480,00	9 760,00	29 212,00	9 737,33
<b>CAL</b>	<b>1, (4 g / L)</b>	14 725,00	15 485,00	13 150,00	43 360,00	14 453,33
	<b>2, (5 g / L)</b>	13 425,00	15 140,00	15 210,00	43 775,00	14 591,67
	<b>3, (6 g / L)</b>	14 670,00	12 915,00	12 225,00	39 810,00	13 270,00
	<b>4, (7 g / L)</b>	13 945,00	12 380,00	15 330,00	41 655,00	13 885,00
	<b>5, (8 g / L)</b>	14 465,00	12 675,00	13 550,00	40 690,00	13 563,33
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,1 mL / L)</b>	9 620,00	9 840,00	5 174,00	24 634,00	8 211,33
	<b>0,5 (0,48 mL/L)</b>	9 245,00	8 765,00	9 290,00	27300,00	9 100,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo(0,48 mL/L)</b>	10 095,00	10 260,00	9 375,00	29 730,00	9 910,00
	<b>Lab (40 mL/L)</b>	8 575,00	9 760,00	9 100,00	27 435,00	9 145,00
	<b>TOTALES</b>	<b>118737,00</b>	<b>116700,00</b>	<b>112164,00</b>	<b>347601,00</b>	<b>115867,00</b>
	<b>X</b>	<b>11 873,70</b>	<b>11 670,00</b>	<b>11 216,40</b>	<b>34 760,10</b>	<b>11 586,70</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 4027548506,70

Suma de cuadrados totales (SCT) = 206440478,30

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 1 77120984,97

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 2264299,80

Suma de cuadrados del error (SCE) = 27055193,53

**Tabla LVI. Frecuencias para los resultados de la DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 400 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	177120984,97	9	1594088864,70	3,27	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	2264299,80	2	4528599,60	0,01	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	27055193,53	18	486993483,60				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 190,46 %

Error típico de un promedio =  $\pm 12740,92$

Límite de confianza =  $\pm 25481,85$

Tabla LVII. **Análisis de varianza para los resultados de la DQO del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	26 024,00	23 864,00	20 634,00	70 522,00	23 507,33
<b>CAL</b>	<b>1. (7.55 g / L)</b>	17 640,00	16 910,00	20 025,00	54 575,00	18 191,67
	<b>2. (8.63 g / L)</b>	16 935,00	16 430,00	17 720,00	51 085,00	17 028,33
	<b>3. (9.71 g / L)</b>	21 084,00	22 127,00	21 056,00	64 267,00	21 422,33
	<b>4. (10.78 g / L)</b>	16 140,00	18 855,00	20 635,00	55 630,00	18 543,33
	<b>5. (11.86 g / L)</b>	17 440,00	17 560,00	15 210,00	50 210,00	16 736,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1. (0.16 mL / L)</b>	21 574,00	20 321,00	20 265,00	62 160,00	20 720,00
	<b>0.5. (0.078 mL/L)</b>	15 114,00	16 122,00	16 140,00	47 376,00	15 792,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0.78 mL/L)</b>	17 286,00	16 398,00	16 686,00	50 370,00	16 790,00
	<b>Lab (64.7 mL/L)</b>	15 048,00	15 198,00	15 756,00	46 002,00	15 334,00
	<b>TOTALES</b>	<b>184285,00</b>	<b>183 785,00</b>	<b>184127,00</b>	<b>552197,00</b>	<b>184065,67</b>
	<b>X</b>	<b>18 428,50</b>	<b>18 378,50</b>	<b>18 412,70</b>	<b>55 219,70</b>	<b>18 406,57</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 10164050893,63

Suma de cuadrados totales (SCT) = 230163517,37

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 192322607,37

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 13064,27

Suma de cuadrados del error (SCE) = 37827845,73

Tabla LVIII. **Frecuencias para los resultados de la DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 647 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	192322607,37	9	1730903466,30	2,54	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	13064,27	2	26128,53	0,00	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	37827845,73	18	680901223,20				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 141,77 %

Error típico de un promedio =  $\pm 15065,43$

Límite de confianza =  $\pm 30130,85$

Tabla LIX. **Análisis de varianza para los resultados de la DQO del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado**

	Tratamiento:	Rep I	Rep V	Rep X	$\Sigma$	X
<b>Testigo</b>	<b>0</b>	15 270,00	15 060,00	14 130,00	44 460,00	14 820,00
<b>CAL</b>	<b>1, (10,26 g / L)</b>	12 600,00	13 105,00	12 115,00	37 820,00	12 606,67
	<b>2, (11,29 g / L)</b>	11 592,00	11 650,00	11 180,00	34 422,00	11 474,00
	<b>3, (12,32 g / L)</b>	12 480,00	14 245,00	12 845,00	39 570,00	13 190,00
	<b>4, (13,34 g / L)</b>	13 280,00	14 800,00	14 685,00	42 765,00	14 255,00
	<b>5, (14,37 g / L)</b>	15 125,00	20108,00	18 865,00	54 098,00	18 032,67
<b>Animal Waste</b>	<b>1, (0,21 mL / L)</b>	16 541,00	14 420,00	16 110,00	47 071,00	15 690,33
	<b>0,5 (0,099 mL/L)</b>	16 625,00	17415,00	15 715,00	49 755,00	16 585,00
<b>Bacto-Agar</b>	<b>Campo (0,99 mL/L)</b>	15 870,00	15 885,00	16 635,00	48 390,00	16 130,00
	<b>Lab (82,1 mL/L)</b>	13 460,00	14 290,00	13 005,00	40 755,00	13 585,00
	<b>TOTALES</b>	<b>142843,00</b>	<b>150978,00</b>	<b>145285,00</b>	<b>439106,00</b>	<b>146368,67</b>
	<b>X</b>	<b>14 284,30</b>	<b>15 097,80</b>	<b>14 528,50</b>	<b>43 910,60</b>	<b>14 636,87</b>

Fuente: elaboración propia.

Factor de corrección (FC) = 6427135974,53

Suma de cuadrados totales (SCT) = 131684959,47

Suma de cuadrados de tratamiento (SCt) = 108511693,47

Suma de cuadrados de repetición (SCR) = 3485061,27

Suma de cuadrados del error (SCE) = 19688204,73



Tabla LX. **Frecuencias para los resultados de la DQO del análisis de varianza del nivel de proceso de 821 quintales de café maduro**

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado de medias	F			
				Calculado	5%	1%	
Tratamientos	108511693,47	9	976605241,20	2,76	3,55	6,01	N.S.
Repeticiones	3 485 061,27	2	6970 122,53	0,02	2,46	3,60	N.S.
Error exper.	19 688 204,73	18	354387685,20				
Totales		29					

Fuente: elaboración propia.

Coeficiente de variación (CV) = 128,61 %

Error típico de un promedio = ± 10868,73

Límite de confianza = ± 21737,45

Luego de determinar el análisis de varianza, el cual no mostró una diferencia significativa para ninguno de los parámetros, con excepción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO); se aplicó la prueba de Tukey, para determinar si existe alguna diferencia de promedios.

La prueba de Tukey indica que dos medias son significativamente diferentes si el valor absoluto de sus diferencias muestrales excede:

$$w = q(a, f) * S_x$$

$$\text{Donde } q = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{\sqrt{(CM_E/n)}}$$

El valor de  $q$  se encuentra en la bibliografía como 5.07. El valor “ $a$ ” se refiere a la cantidad de promedios a comparar y  $f$  a los grados de libertad del error experimental.

Esta herramienta estadística se aplicó a todos los parámetros excepto al potencial de Hidrógeno, pues en este no se buscaba un valor mínimo en los resultados, sino un intervalo puntual de valores ( $6 < \text{pH} < 9$ ).

De tal forma, que para el parámetro de sólidos totales en suspensión, el valor de  $w$  sería:

$$\begin{aligned}w &= q(10, 18) * S_x \\w &= 5.07 * 15,876.02 \\w &= 80,491.42\end{aligned}$$

Lo cual significa, que al determinar la diferencia de promedios, existirá una diferencia entre estos si la misma es mayor al valor de  $w$ . De modo que, por ejemplo, al comparar el mayor valor con el menor valor de los promedios de sólidos totales en suspensión, para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, la diferencia sería:

$$\begin{aligned}\text{Diferencia de promedios} &= X_{\text{nivel de dosis 4}} - X_{\text{nivel de dosis Prod B lab}} \\ \text{Diferencia de promedios} &= 8,733.33 - 1,000 \\ \text{Diferencia de promedios} &= 7,733.33\end{aligned}$$

Dado que este valor, NO es mayor al valor de  $w$ , se concluye que no existe una diferencia de promedios entre estos dos niveles de dosis.

Para facilitar el cálculo de la prueba de Tukey, se realizó una tabla colocando los valores de todos los promedios de cada nivel de dosis para cada uno de los parámetros, excepto el pH; del promedio mayor al menor de forma descendente vertical y del menor al mayor de izquierda a derecha.

Tabla LXI. Diferencias de los promedios de los resultados de sólidos totales en suspensión (STS) para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, w = 54.037,22

	<b>1000,00</b>	<b>1266,67</b>	<b>1466,67</b>	<b>1666,67</b>	<b>2200,00</b>	<b>2200,00</b>	<b>2200,00</b>	<b>2266,67</b>	<b>7866,67</b>	<b>8066,67</b>	<b>8733,33</b>
<b>8733,33</b>	7733,33	7466,66	7266,66	7066,66	6533,33	6533,33	6533,33	6466,67	866,67	66,00	0,00
<b>8066,67</b>	7066,67	6800,00	6600,00	6400,00	5866,67	5866,67	5866,67	5800,00	200,00	0,00	
<b>7866,67</b>	6866,67	6600,00	6400,00	6200,00	5666,67	5666,67	5666,67	5600,00	0,00		
<b>2266,67</b>	1266,67	1000,00	800,00	600,00	66,67	66,67	66,67	0,00			
<b>2200,00</b>	1200,00	933,33	733,33	533,33	0,00	0,00	0,00				
<b>2200,00</b>	1200,00	933,33	733,33	533,33	0,00	0,00					
<b>1666,67</b>	666,67	400,00	200,00	0,00							
<b>1466,67</b>	466,67	200,00	0,00								
<b>1266,67</b>	266,67	0,00									
<b>1000,00</b>	0,00										

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Diferencias de los promedios de los resultados de sólidos totales en suspensión (STS) para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado, w = 54047,80**

	<b>1800,00</b>	<b>1866,67</b>	<b>2066,67</b>	<b>2466,67</b>	<b>2733,33</b>	<b>7806,00</b>	<b>10000,00</b>	<b>10000,00</b>	<b>10000,00</b>	<b>11866,67</b>	<b>12800,00</b>
<b>12800,00</b>	11000,00	10933,33	10733,33	10333,33	10066,67	4994,00	2800,00	2800,00	2800,00	933,33	0,00
<b>11866,67</b>	10066,67	10000,00	9800,00	9400,00	9133,34	4060,67	1866,67	1866,67	1866,67	0,00	
<b>10000,00</b>	8200,00	8133,33	7933,33	7533,33	7266,67	2194,00	0,00	0,00	0,00		
<b>10000,00</b>	8200,00	8133,33	7933,33	7533,33	7266,67	2194,00	0,00	0,00			
<b>7806,00</b>	6006,00	5939,33	5739,33	5339,33	5072,67	0,00					
<b>2733,33</b>	933,33	866,66	666,66	266,66	0,00						
<b>2466,67</b>	666,67	600,00	400,00	0,00							
<b>2066,67</b>	266,67	200,00	0,00								
<b>1866,67</b>	66,67	0,00									
<b>1800,00</b>	0,00										

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. Diferencias de los promedios de los resultados de sólidos totales en suspensión (STS) para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado, w = 56679,08

	<b>466,67</b>	<b>1066,67</b>	<b>1200,00</b>	<b>2200,00</b>	<b>2400,00</b>	<b>2733,33</b>	<b>3333,33</b>	<b>3533,33</b>	<b>5400,00</b>	<b>8933,33</b>
<b>8933,33</b>	8466,66	7866,66	7733,33	6733,33	6533,33	6200,00	5600,00	5400,00	3533,33	0,00
<b>5400,00</b>	4933,33	4333,33	4200,00	3200,00	3000,00	2666,67	2066,67	1866,67	0,00	
<b>3533,33</b>	3066,66	2466,66	2333,33	1333,33	1133,33	800,00	200,00	0,00		
<b>3333,33</b>	2866,66	2266,66	2133,33	1133,33	933,33	600,00	0,00			
<b>2733,33</b>	2266,66	1666,66	1533,33	533,33	333,33	0,00				
<b>2400,00</b>	1933,33	1333,33	1200,00	200,00	0,00					
<b>2200,00</b>	1733,33	1133,33	1000,00	0,00						
<b>1200,00</b>	733,33	133,33	0,00							
<b>1066,67</b>	600,00	0,00								
<b>466,67</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. **Diferencias de los promedios de los resultados de sólidos totales en suspensión (STS) para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado, w = 74066,59**

<b>17800,00</b>	<b>1800,00</b>	<b>2066,67</b>	<b>3800,00</b>	<b>4266,67</b>	<b>4800,00</b>	<b>5333,33</b>	<b>5466,67</b>	<b>6266,67</b>	<b>7200,00</b>	<b>17800,00</b>
	16000,00	15733,33	14000,00	13533,33	13000,00	12466,67	12333,33	11533,33	10600,00	0,00
<b>7200,00</b>	5400,00	5133,33	3400,00	2933,33	2400,00	1866,67	1733,33	933,33	0,00	
<b>6266,67</b>	4466,67	4200,00	2466,67	2000,00	1466,67	933,34	800,00	0,00		
<b>5466,67</b>	3666,67	3400,00	1666,67	1200,00	666,67	133,34	0,00			
<b>5333,33</b>	3533,33	3266,66	1533,33	1066,66	533,33	0,00				
<b>4800,00</b>	3000,00	2733,33	1000,00	533,33	0,00					
<b>4266,67</b>	2466,67	2200,00	466,67	0,00						
<b>3800,00</b>	2000,00	1733,33	0,00							
<b>2066,67</b>	266,67	0,00								
<b>1800,00</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. Diferencias de los promedios de los resultados de nitrógeno total (N) para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, w = 982,93

	<b>141,17</b>	<b>156,33</b>	<b>172,67</b>	<b>177,33</b>	<b>179,67</b>	<b>184,33</b>	<b>200,67</b>	<b>214,67</b>	<b>231,00</b>	<b>301,00</b>
<b>301,00</b>	159,83	144,67	128,33	123,67	121,33	116,67	100,33	86,33	70,00	0,00
<b>231,00</b>	89,83	74,67	58,33	53,67	51,33	46,67	30,33	16,33	0,00	
<b>214,67</b>	73,50	58,34	42,00	37,34	35,00	30,34	14,00	0,00		
<b>200,67</b>	59,50	44,34	28,00	23,34	21,00	16,34	0,00			
<b>184,33</b>	43,16	28,00	11,66	7,00	4,66	0,00				
<b>179,67</b>	38,50	23,34	7,00	2,34	0,00					
<b>177,33</b>	36,16	21,00	4,66	0,00						
<b>172,67</b>	31,50	16,34	0,00							
<b>156,33</b>	15,16	0,00								
<b>141,17</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Diferencias de los promedios de los resultados de nitrógeno total (N) para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado, w = 2551,49**

	<b>194,83</b>	<b>203,00</b>	<b>212,33</b>	<b>212,33</b>	<b>212,33</b>	<b>217,00</b>	<b>217,00</b>	<b>217,00</b>	<b>289,33</b>	<b>385,00</b>	<b>417,67</b>	<b>429,33</b>
<b>429,33</b>	234,50	226,33	217,00	217,00	212,33	212,33	212,33	212,33	140,00	44,33	11,66	0,00
<b>417,67</b>	222,84	214,67	205,34	205,34	200,67	200,67	200,67	200,67	128,34	32,67	0,00	
<b>385,00</b>	190,17	182,00	172,67	172,67	168,00	168,00	168,00	168,00	95,67	0,00		
<b>289,33</b>	94,50	86,33	77,00	77,00	72,33	72,33	72,33	72,33	0,00			
<b>217,00</b>	22,17	14,00	4,67	4,67	0,00	0,00	0,00	0,00				
<b>217,00</b>	22,17	14,00	4,67	4,67	0,00	0,00	0,00					
<b>212,33</b>	17,50	9,33	0,00	0,00								
<b>212,33</b>	17,50	9,33	0,00	0,00								
<b>203,00</b>	8,17	0,00										
<b>194,83</b>	0,00											

Fuente: elaboración propia.



Tabla LXVII. **Diferencias de los promedios de los resultados de nitrógeno total (N) para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado, w = 2035,65**

<b>427,00</b>	<b>200,67</b>	<b>242,67</b>	<b>256,67</b>	<b>263,67</b>	<b>263,67</b>	<b>263,67</b>	<b>270,67</b>	<b>284,67</b>	<b>315,00</b>	<b>338,33</b>	<b>427,00</b>
	226,33	184,33	170,33	163,33	163,33	163,33	156,33	142,33	112,00	88,67	0,00
<b>338,33</b>	137,66	95,66	81,66	74,66	74,66	74,66	67,66	53,66	23,33	0,00	
<b>315,00</b>	114,33	72,33	58,33	51,33	51,33	51,33	44,33	30,33	0,00		
<b>284,67</b>	84,00	42,00	28,00	21,00	21,00	21,00	14,00	0,00			
<b>270,67</b>	70,00	28,00	14,00	7,00	7,00	7,00	0,00				
<b>263,67</b>	63,00	21,00	7,00	0,00	0,00	0,00					
<b>263,67</b>	63,00	21,00	7,00	0,00	0,00						
<b>256,67</b>	56,00	14,00	0,00								
<b>242,67</b>	42,00	0,00									
<b>200,67</b>	0,00										

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVIII. **Diferencias de los promedios de los resultados de nitrógeno total (N) para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado, w = 1497,85**

<b>156,33</b>	<b>310,33</b>	<b>294,00</b>	<b>275,33</b>	<b>203,00</b>	<b>175,00</b>	<b>172,67</b>	<b>172,67</b>	<b>163,33</b>	<b>156,33</b>	<b>156,33</b>
	154,00	137,67	119,00	46,67	18,67	16,34	16,34	7,00	0,00	0,00
<b>156,33</b>	154,00	137,67	119,00	46,67	18,67	16,34	16,34	7,00	0,00	0,00
<b>163,33</b>	147,00	130,67	112,00	39,67	11,67	9,34	9,34	0,00		
<b>172,67</b>	137,66	121,33	102,66	30,33	2,33	0,00	0,00			
<b>172,67</b>	137,66	121,33	102,66	30,33	2,33	0,00	0,00			
<b>175,00</b>	135,33	119,00	100,33	28,00	0,00					
<b>203,00</b>	107,33	91,00	72,33	0,00						
<b>275,33</b>	35,00	18,67	0,00							
<b>294,00</b>	16,33	0,00								
<b>310,33</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIX. **Diferencias de los promedios de los resultados de fósforo total (P) para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, w = 192,68**

<b>7,89</b>	<b>8,16</b>	<b>9,52</b>	<b>9,98</b>	<b>10,55</b>	<b>10,92</b>	<b>13,66</b>	<b>16,88</b>	<b>17,02</b>	<b>22,97</b>
<b>22,97</b>	15,08	14,81	13,45	12,99	12,42	12,05	9,31	6,09	5,95
<b>17,02</b>	9,13	8,86	7,50	7,04	6,47	6,10	3,36	0,14	0,00
<b>16,88</b>	8,99	8,72	7,36	6,90	6,33	5,96	3,22	0,00	
<b>13,66</b>	5,77	5,50	4,14	3,68	3,11	2,74	0,00		
<b>10,92</b>	3,03	2,76	1,40	0,94	0,37	0,00			
<b>10,55</b>	2,66	2,39	1,03	0,57	0,00				
<b>9,98</b>	2,09	1,82	0,46	0,00					
<b>9,52</b>	1,63	1,36	0,00						
<b>8,16</b>	0,27	0,00							
<b>7,89</b>	0,00								

Fuente: elaboración propia,

Tabla LXX. **Diferencias de los promedios de los resultados de fósforo total (P) para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado, w = 141,63**

<b>28,67</b>	<b>5,62</b>	<b>7,45</b>	<b>7,61</b>	<b>8,22</b>	<b>10,61</b>	<b>11,37</b>	<b>17,03</b>	<b>21,10</b>	<b>25,42</b>	<b>28,67</b>
	23,05	21,22	21,06	20,45	18,06	17,30	11,64	7,57	3,25	0,00
<b>25,42</b>		19,80	17,97	17,81	14,81	14,05	8,39	4,32	0,00	
	15,48	13,65	13,49	12,88	10,49	9,73	4,07	0,00		
<b>21,10</b>		11,41	9,58	8,81	6,42	5,66	0,00			
	5,75	3,92	3,76	3,15	0,76	0,00				
<b>17,03</b>		4,99	3,16	2,39	0,00					
	2,60	0,77	0,61	0,00						
<b>11,37</b>		1,99	0,16	0,00						
	1,83	0,00								
<b>10,61</b>		0,00								
	0,00									
<b>8,22</b>										
<b>7,61</b>										
<b>7,45</b>										
<b>5,62</b>										

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. Diferencias de los promedios de los resultados de fósforo total (P) para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado, w = 138,74

	<b>13,83</b>	<b>15,33</b>	<b>18,50</b>	<b>18,67</b>	<b>20,00</b>	<b>20,17</b>	<b>21,17</b>	<b>22,33</b>	<b>26,33</b>	<b>27,17</b>
<b>27,17</b>	13,34	11,84	8,67	8,50	7,17	7,00	6,00	4,84	0,84	0,00
<b>26,33</b>	12,50	11,00	7,83	7,66	6,33	6,16	5,16	4,00	0,00	
<b>22,33</b>	8,50	7,00	3,83	3,66	2,33	2,16	1,16	0,00		
<b>21,17</b>	7,34	5,84	2,67	2,50	1,17	1,00	0,00			
<b>20,17</b>	6,34	4,84	1,67	1,50	0,17	0,00				
<b>20,00</b>	6,17	4,67	1,50	1,33	0,00					
<b>18,67</b>	4,84	3,34	0,17	0,00						
<b>18,50</b>	4,67	3,17	0,00							
<b>15,33</b>	1,50	0,00								
<b>13,83</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXII. **Diferencias de los promedios de los resultados de fósforo total (P) para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado, w = 193,49**

<b>42,69</b>	<b>7,22</b>	<b>12,53</b>	<b>13,55</b>	<b>14,10</b>	<b>15,51</b>	<b>16,23</b>	<b>17,37</b>	<b>18,12</b>	<b>29,90</b>	<b>42,69</b>
	35,47	30,16	29,14	28,59	27,18	26,46	25,32	24,57	12,79	0,00
<b>29,90</b>	22,68	17,37	16,35	15,80	14,39	13,67	12,53	11,78	0,00	
	10,90	5,59	4,57	4,02	2,61	1,89	0,75	0,00		
<b>18,12</b>	10,15	4,84	3,82	3,27	1,86	1,14	0,00			
	9,01	3,70	2,68	2,13	0,72	0,00				
<b>17,37</b>	8,29	2,98	1,96	1,41	0,00					
	6,88	1,57	0,55	0,00						
<b>16,23</b>	6,33	1,02	0,00							
	5,31	0,00								
<b>15,51</b>	0,00									
<b>14,10</b>										
<b>13,55</b>										
<b>12,53</b>										
<b>7,22</b>										

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIII. Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado,  $w = 22391,08$

<b>11018,33</b>	<b>6325,00</b>	<b>6956,67</b>	<b>7056,67</b>	<b>7490,00</b>	<b>7608,33</b>	<b>7691,67</b>	<b>8745,00</b>	<b>9236,67</b>	<b>10248,33</b>	<b>11018,33</b>
	4693,33	4061,66	3961,66	3528,33	3410,00	3326,66	2273,33	1781,66	770,00	0,00
<b>10248,33</b>	<b>3923,33</b>	<b>3291,66</b>	<b>3191,66</b>	<b>2758,33</b>	<b>2640,00</b>	<b>2556,66</b>	<b>1503,33</b>	<b>1011,66</b>	<b>0,00</b>	
<b>9236,67</b>	<b>2911,67</b>	<b>2280,00</b>	<b>2180,00</b>	<b>1746,67</b>	<b>1628,34</b>	<b>1545,00</b>	<b>491,67</b>	<b>0,00</b>		
<b>8745,00</b>	<b>2420,00</b>	<b>1788,33</b>	<b>1688,33</b>	<b>1255,00</b>	<b>1136,67</b>	<b>1053,33</b>	<b>0,00</b>			
<b>7691,67</b>	<b>1366,67</b>	<b>735,00</b>	<b>635,00</b>	<b>201,67</b>	<b>83,34</b>	<b>0,00</b>				
<b>7608,33</b>	<b>1283,33</b>	<b>651,66</b>	<b>551,66</b>	<b>118,33</b>	<b>0,00</b>					
<b>7490,00</b>	<b>1165,00</b>	<b>533,33</b>	<b>433,33</b>	<b>0,00</b>						
<b>7056,67</b>	<b>731,67</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>							
<b>6956,67</b>	<b>631,67</b>	<b>0,00</b>								
<b>6325,00</b>	<b>0,00</b>									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIV. **Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado, w = 43446,55**

<b>14591,67</b>	<b>8211,33</b>	<b>9100,00</b>	<b>9145,00</b>	<b>9737,33</b>	<b>9910,00</b>	<b>13270,00</b>	<b>13563,33</b>	<b>13885,00</b>	<b>14453,33</b>	<b>14591,67</b>
	6380,34	5491,67	5446,67	4854,34	4681,67	1321,67	1028,34	706,67	138,34	0,00
<b>14453,33</b>	6242,00	5353,33	5308,33	4716,00	4543,33	1183,33	890,00	568,33	0,00	
<b>13885,00</b>	5673,67	4785,00	4740,00	4147,67	3975,00	615,00	321,67	0,00		
<b>13563,33</b>	5352,00	4463,33	4418,33	3826,00	3653,33	293,33	0,00			
<b>13270,00</b>	5058,67	4170,00	4125,00	3532,67	3360,00	0,00				
<b>9910,00</b>	1698,67	810,00	765,00	172,67	0,00					
<b>9737,33</b>	1526,00	637,33	592,33	0,00						
<b>9145,00</b>	933,67	45,00	0,00							
<b>9100,00</b>	888,67	0,00								
<b>8211,33</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.



Tabla LXXV. Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado, w = 51373,10

15334,00	15792,00	16736,67	16790,00	17028,33	18191,67	18543,33	20720,00	21422,33	23507,33
23507,33	8173,33	7715,33	6770,66	6717,33	6479,00	5315,66	4964,00	2787,33	2085,00
21422,33	6088,33	5630,33	4685,66	4632,33	4394,00	3230,66	2879,00	702,33	0,00
20720,00	5386,00	4928,00	3983,33	3930,00	3691,67	2528,33	2176,67	0,00	
18543,33	3209,33	2751,33	1806,66	1753,33	1515,00	351,66	0,00		
18191,67	2857,67	2399,67	1455,00	1401,67	1163,34	0,00			
17028,33	1694,33	1236,33	291,66	238,33	0,00				
16790,00	1456,00	998,00	53,33	0,00					
16736,67	1402,67	944,67	0,00						
15792,00	458,00	0,00							
15334,00	0,00								

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVI. **Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO) para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado, w = 37062,36**

<b>11474,00</b>	<b>12606,67</b>	<b>13190,00</b>	<b>13585,00</b>	<b>14255,00</b>	<b>14820,00</b>	<b>15690,33</b>	<b>16130,00</b>	<b>16585,00</b>	<b>18032,67</b>
6558,67	5426,00	4842,67	4447,67	3777,67	3212,67	2342,34	1902,67	1447,67	0,00
<b>16585,00</b>	5111,00	3395,00	3000,00	2330,00	1765,00	894,67	455,00	0,00	
<b>16130,00</b>	4656,00	2940,00	2545,00	1875,00	1310,00	439,67	0,00		
<b>15690,33</b>	4216,33	3083,66	2105,33	1435,33	870,33	0,00			
<b>14820,00</b>	3346,00	2213,33	1630,00	565,00	0,00				
<b>14255,00</b>	2781,00	1648,33	1065,00	670,00	0,00				
<b>13585,00</b>	2111,00	978,33	395,00	0,00					
<b>13190,00</b>	1716,00	583,33	0,00						
<b>12606,67</b>	1132,67	0,00							
<b>11474,00</b>	0,00								

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVII. **Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado, w = 40731,64**

<b>10706,33</b>	<b>109,00</b>	<b>652,33</b>	<b>1353,67</b>	<b>6336,67</b>	<b>7198,67</b>	<b>8218,67</b>	<b>8392,00</b>	<b>8993,67</b>	<b>9217,17</b>	<b>10706,33</b>
	10597,33	10054,00	9352,66	4369,66	3507,66	2487,66	2314,33	1712,66	1489,16	0,00
<b>9217,17</b>	9108,17	8564,84	7863,50	2880,50	2018,50	998,50	825,17	223,50	0,00	
<b>8993,67</b>	8884,67	8341,34	7640,00	2657,00	1795,00	775,00	601,67	0,00		
<b>8392,00</b>	8283,00	7739,67	7038,33	2055,33	1193,33	173,33	0,00			
<b>8218,67</b>	8109,67	7566,34	6865,00	1882,00	1020,00	0,00				
<b>7198,67</b>	7089,67	6546,34	5845,00	862,00	0,00					
<b>6336,67</b>	6227,67	5684,34	4983,00	0,00						
<b>1353,67</b>	1244,67	701,34	0,00							
<b>652,33</b>	543,33	0,00								
<b>109,00</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVIII. **Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado, w = 46240,12**

<b>11193,33</b>	<b>330,67</b>	<b>331,67</b>	<b>339,33</b>	<b>362,00</b>	<b>491,67</b>	<b>9730,67</b>	<b>10166</b>	<b>10377,00</b>	<b>10749,67</b>	<b>11193,33</b>
	10862,66	10861,66	10854,00	10831,33	10701,66	1462,66	1027,33	816,33	443,66	0,00
<b>10749,67</b>	10419,00	10418,00	10410,34	10387,67	10258,00	1019,00	583,67	372,67	0,00	
<b>10377,00</b>	10046,33	10045,33	10037,67	10015,00	9885,33	646,33	211,00	0,00		
<b>10166,00</b>	9835,33	9834,33	9826,67	9804,00	9674,33	435,33	0,00			
<b>9730,67</b>	9400,00	9399,00	9391,34	9368,67	9239,00	0,00				
<b>491,67</b>	161,00	160,00	152,34	129,67	0,00					
<b>362,00</b>	31,33	30,33	22,67	0,00						
<b>339,33</b>	8,66	7,66	0,00							
<b>331,67</b>	1,00	0,00								
<b>330,67</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXIX. Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado,  $w = 139396,53$

<b>10706,33</b>	<b>109,00</b>	<b>652,33</b>	<b>1353,67</b>	<b>6336,67</b>	<b>7198,67</b>	<b>8218,67</b>	<b>8392,00</b>	<b>8993,67</b>	<b>9217,17</b>	<b>10706,33</b>
	10597,33	10054,00	9352,66	4369,66	3507,66	2487,66	2314,33	1712,66	1489,16	0,00
<b>9217,17</b>	9108,17	8564,84	7863,50	2880,50	2018,50	998,50	825,17	223,50	0,00	
<b>8993,67</b>	8884,67	8341,34	7640,00	2657,00	1795,00	775,00	601,67	0,00		
<b>8392,00</b>	8283,00	7739,67	7038,33	2055,33	1193,33	173,33	0,00			
<b>8218,67</b>	8109,67	7566,34	6865,00	1882,00	1020,00	0,00				
<b>7198,67</b>	7089,67	6546,34	5845,00	862,00	0,00					
<b>6336,67</b>	6227,67	5684,34	4983,00	0,00						
<b>1353,67</b>	1244,67	701,34	0,00							
<b>652,33</b>	543,33	0,00								
<b>109,00</b>	0,00									

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXX. **Diferencias de los promedios de los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) para el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.**

<b>18374,67</b>	<b>134,00</b>	<b>287,00</b>	<b>329,67</b>	<b>356,33</b>	<b>450,67</b>	<b>14534,33</b>	<b>16442,17134,</b>	<b>18033,33</b>	<b>18374,67</b>
	18240,67	18087,67	18045,00	18018,34	17924,00	3840,34	1932,67	341,34	0,00
<b>18033,33</b>	17899,33	17746,33	17703,66	17677,00	17582,66	3499,00	1591,33	899,33	0,00
<b>17134,00</b>	17000,00	16847,00	16804,33	16777,67	16683,33	2599,67	692,00	0,00	
<b>16442,00</b>	16308,00	16155,00	16112,33	16085,67	15991,33	1907,67	0,00		
<b>14534,33</b>	14400,33	14247,33	14204,66	14178,00	14083,66	0,00			
<b>450,67</b>	316,67	163,67	121,00	94,34	0,00				
<b>356,33</b>	222,33	69,33	26,66	0,00					
<b>329,67</b>	195,67	42,67	0,00						
<b>287,00</b>	153,00	0,00							
<b>134,00</b>	0,00								

Fuente: elaboración propia.

## 4. RESULTADOS

Tabla LXXXI. **Resultado de análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 200 quinales de café maduro a procesar**

Identificación	pH	miligramos/litro					Kg/día	
		S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total	DBO	
TOFI200	4,10	1.600,00	8.400,00	10.290,00	154,00	10,30	112,18	
TOFV200	4,10	1.800,00	9.035,00	11.049,00	189,00	9,31	120,46	
TOFX200	4,10	1.600,00	8.800,00	10.780,00	210,00	10,33	117,52	
CI 200	5,20	1.400,00	6.710,00	3.685,00	140,00	7,95	40,17	
CV 200	5,20	1.000,00	6.120,00	7.650,00	143,50	27,44	83,40	
CX 200	5,20	1.400,00	6.145,00	7.675,00	140,00	5,58	83,67	
AI 200	6,20	4.600,00	7.095,00	8.673,00	126,00	9,20	94,55	
AV 200	6,10	1.000,00	6.535,00	6.683,00	175,00	12,95	72,86	
AX 200	6,10	1.200,00	7.450,00	9.300,00	168,00	10,60	101,39	
LI200	12,00	7.800,00	10.520,00	526,00	294,00	6,00	5,73	
LV200	12,10	8.000,00	9.610,00	1.680,00	329,00	16,25	18,32	
LX200	12,10	7.800,00	10.615,00	1.855,00	280,00	28,80	20,22	
C11	12,20	4.800,00	10.240,00	256,00	196,00	22,80	2,79	
CIV200	12,20	9.200,00	11.225,00	1.122,00	217,00	19,70	12,23	
CIX200	12,20	12.200,00	11.590,00	579,00	280,00	26,40	6,31	
AZI200	12,10	7.400,00	8.140,00	50,000	245,00	15,59	0,55	
A2V200	12,10	7.400,00	10.490,00	50,00	217,00	18,04	0,55	
A2X200	12,10	9.400,00	9.080,00	227,00	182,00	17,02	2,47	
AWI200	4,00	2.000,00	7.985,00	4.389,00	175,00	6,54	47,85	
AWV200	4,00	1.800,00	7.080,00	8.142,00	189,00	8,63	88,76	
AWX200	4,00	2.800,00	7.405,00	9.065,00	175,00	8,50	98,83	
AW1/2I200	4,00	1.800,00	7.080,00	8.319,00	182,00	9,60	90,69	
AW1/2V200	4,00	1.200,00	6.515,00	7.963,00	147,00	8,01	86,81	
AW1/2X200	4,00	1.400,00	7.275,00	8.894,00	189,00	6,87	96,96	
BCI200	4,10	3.800,00	8.170,00	9.996,00	175,00	10,65	108,98	
BCV200	4,00	1.800,00	7.960,00	9.154,00	252,00	12,35	99,80	
BCX200	4,00	1.000,00	6.945,00	8.501,50	175,00	8,65	92,68	
BLI200	4,00	1.200,00	7.480,00	8.415,00	182,00	9,20	91,74	
BLV200	4,00	800,00	8.055,00	9.648,00	182,00	9,75	105,18	
BLX200	4,00	1.000,00	7.290,00	8.918,00	168,00	9,60	97,22	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXII. Resultado de análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 400 quinales de café maduro a procesar

Identificación	pH	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total	Kg / día	
							D.B.O.	D.B.O.
T0 I 400*	4,00	2.600,00	9.972,00	11.454,00	217,00	6,40	124,87	124,87
T0 V 400*	4,00	3.200,00	9.480,00	10.902,00	224,00	7,48	118,85	118,85
T0 X 400*	4,00	2.400,00	9.760,00	11.224,00	210,00	17,95	122,36	122,36
CI 400	12,40	10.000,00	14.725,00	368,00	483,00	26,20	4,01	4,01
CV 400	12,30	10.400,00	15.485,00	387,00	322,00	28,80	4,22	4,22
CX 400	12,30	9.600,00	13.150,00	331,00	350,00	31,00	3,61	3,61
AI 400	12,40	9.600,00	13.425,00	336,00	371,00	16,24	3,66	3,66
AV 400	12,50	11.200,00	15.140,00	379,00	462,00	20,10	4,13	4,13
AX 400	12,50	9.200,00	15.210,00	760,00	420,00	26,95	8,29	8,29
LV 400	12,60	10.600,00	14.670,00	366,00	665,00	8,45	3,99	3,99
LI 400	12,60	5.400,00	12.915,00	323,00	343,00	24,25	3,52	3,52
LX 400	12,50	7.400,00	12.225,00	306,00	280,00	18,40	3,34	3,34
CI I 400*	12,50	13.200,00	13.945,00	349,00	245,00	12,30	3,80	3,80
CI V 400*	12,50	8.000,00	12.380,00	260,00	210,00	9,85	2,83	2,83
CI X 400*	12,60	14.400,00	15.330,00	383,00	182,00	11,95	4,18	4,18
A2 I 400	12,50	14.000,00	14.465,00	362,00	315,00	22,05	3,95	3,95
A2 V 400	12,50	13.200,00	12.675,00	317,00	280,00	32,65	3,46	3,46
A2 X 400	12,50	11.200,00	13.550,00	339,00	273,00	21,55	3,70	3,70
AW I 400*	4,00	2.800,00	9.620,00	11.063,00	217,00	7,85	120,61	120,61
AW V 400*	4,00	2.400,00	9.840,00	11.808,00	189,00	6,95	128,73	128,73
AW X 400	4,00	2.200,00	5.174,00	6.321,00	245,00	9,85	68,91	68,91
AW 1/2 I 400	4,00	1.200,00	9.245,00	10.164,00	189,00	6,60	110,81	110,81
AW 1/2 V 400	4,00	1.800,00	8.765,00	9.198,00	196,00	7,40	100,28	100,28
AW 1/2 X 400	4,00	2.600,00	9.290,00	11.136,00	224,00	8,35	121,40	121,40
BCI 400	4,00	2.200,00	10.095,00	10.584,00	210,00	7,95	115,39	115,39
BCV 400	4,00	2.000,00	10.260,00	12.825,00	217,00	8,85	139,82	139,82
BCX 400	4,00	2.000,00	9.375,00	7.722,00	210,00	6,03	84,19	84,19
BLI 400	4,00	2.400,00	8.575,00	9.844,00	196,00	5,60	107,32	107,32
BLV 400	4,00	2.000,00	9.760,00	11.712,00	206,50	5,60	127,68	127,68
BLX 400	4,00	1.000,00	9.100,00	10.693,00	182,00	5,65	116,58	116,58

Fuente: elaboración propia.



Tabla LXXXIII. Resultado de análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 647 quinales de café maduro a procesar

Identificación	pH	miligramos/litro						Kg / día	
		S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>s</sub>	N total	P total	DBO		
TO I 600	6,2	10.600,00	26.024,00	31.224,00	532,00	17,50	340,404048		
TO V 600	6,5	10.600,00	23.864,00	28.035,00	427,00	33,50	305,63757		
TO X 600	5,7	5.600,00	20.634,00	24.744,00	322,00	30,50	269,759088		
CI600	12,4	1200,00	17.640,00	<50	427,00	19,50	<50		
CV600	12,4	1800,00	16.910,00	<50	238,00	20,00	<50		
CX600	12,4	7600,00	20.025,00	2.002,00	350,00	27,50	21,825804		
AI600	12,4	1200,00	16935,00	<50	252,00	21,00	<50		
AV600	12,4	1000,00	16.430,00	<50	259,00	16,50	<50		
AX600	12,4	1000,00	17.720,00	1.772,00	280,00	18,50	19,318344		
LI600	12,4	1000,00	21.084,00	527,00	294,00	19,50	5,745354		
LV600	12,4	1000,00	22.127,00	<50	224,00	21,00	<50		
LX600	12,4	1600,00	21.056,00	<50	294,00	20,00	<50		
C1 I 600	12,6	1.200,00	16.140,00	<50	147,00	12,00	<50		
C1 V 600	12,6	3.200,00	18.855,00	<50	294,00	16,50	<50		
C1 X 600	12,6	2.800,00	20.635,00	<50	161,00	17,50	<50		
A2I600	12,4	800,00	17.440,00	<50	287,00	17,00	<50		
A2V600	12,5	400,00	17.560,00	<50	224,00	11,00	<50		
A2X600	12,5	200,00	15.210,00	760,00	259,00	13,50	8,28552		
AWI600	4,9	2400,00	21.574,00	25.872,00	252,00	13,00	282,056544		
AWV600	4,9	3000,00	20.321,00	23.876,00	273,00	20,00	260,296152		
AWX 600	4,9	2.800,00	20.265,00	23.299,00	266,00	22,50	254,005698		
AW1/2 I 600	4,8	3.800,00	15.114,00	6.040,00	287,00	23,50	65,84808		
AW1/2 V 600	4,9	3.400,00	16.122,00	4.030,00	280,00	18,50	43,93506		
AW 1/2 X	4,9	2.800,00	16.140,00	20.175,00	287,00	18,00	219,94785		
BL I 600	4,8	6.000,00	17.286,00	17.712,00	322,00	27,50	193,096224		
BL V 600	4,8	5.400,00	16.398,00	20.475,00	315,00	25,00	223,21845		
BL X 600	4,8	4.800,00	16.686,00	7.506,00	308,00	26,50	81,830412		
BC I 600	4,8	2.600,00	15.048,00	17.672,00	245,00	22,00	192,660144		
BC V 600	4,8	1.800,00	15.198,00	18.595,00	189,00	20,00	202,72269		
BC X 600	4,8	2.200,00	15.756,00	19.675,00	294,00	21,50	214,49685		

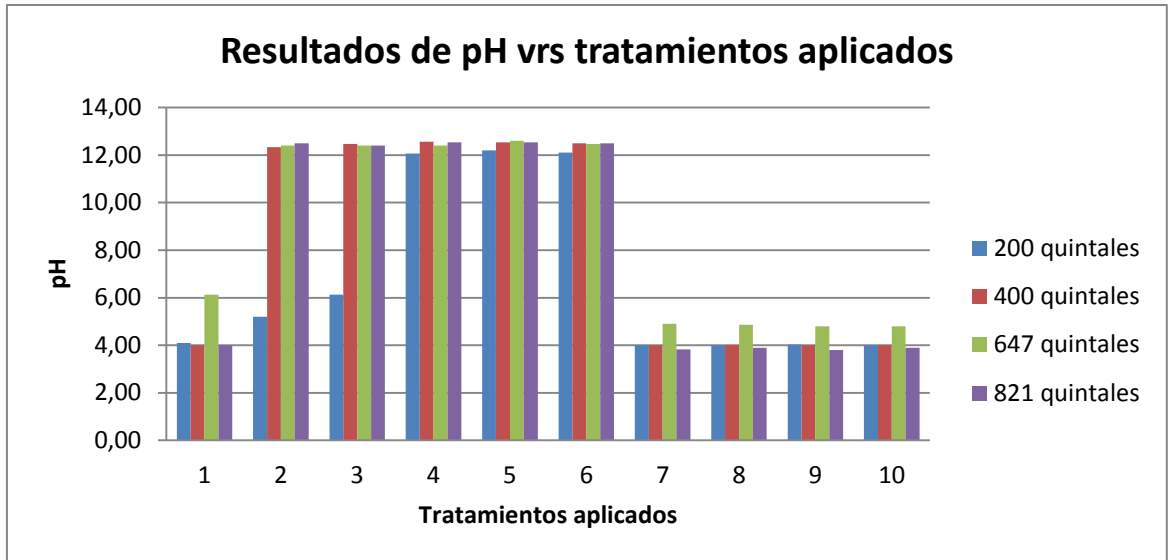
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIV. Resultado de análisis realizados a las 30 muestras del nivel de proceso de 821 quinales de café maduro a procesar

Identificación	pH	miligramo / litro						Kg / día	
		S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O.-5	N total	P total	DBO		
T 0 I 800	4,0	7.200,00	15.270,00	16.786,00	252,00	35,91	183,00		
T 0 V 800	4,0	7.400,00	15.060,00	17.319,00	315,00	47,37	188,81		
T 0 X 800	4,0	7.000,00	14.130,00	17.297,00	315,00	44,80	188,57		
C I 800	12,5	6000,00	12.600,00	<50	161,00	14,30	<50		
C V 800	12,5	5200,00	13.105,00	<50	189,00	16,34	<50		
C X 800	12,5	1.600,00	12.115,00	302,00	175,00	11,65	3,29		
AI 800	12,40	1.600,00	11.592,00	290,00	154,00	13,60	3,16		
AV 800	12,40	1.600,00	11.650,00	291,00	168,00	13,10	3,17		
AX 800	12,40	2.200,00	11.180,00	280,00	147,00	13,95	3,05		
LI 800	12,5	2.600,00	12.480,00	312,00	147,00	15,20	3,40		
LV 800	12,6	7.400,00	14.245,00	356,00	224,00	17,69	3,88		
LX 800	12,5	1.400,00	12.845,00	321,00	147,00	13,63	3,50		
C 1 I 800	12,5	6.800,00	13.280,00	332,00	161,00	14,45	3,62		
C 1 V 800	12,6	7.200,00	14.800,00	370,00	168,00	17,43	4,03		
C 1 X 800	12,5	4.800,00	14.685,00	367,00	140,00	16,81	4,00		
A2I 800	12,50	14.400,00	15.125,00	378,00	231,00	26,00	4,12		
A2V 800	12,50	18.000,00	20.108,00	503,00	294,00	39,70	5,48		
A2X 800	12,50	21.000,00	18.865,00	471,00	301,00	24,00	5,13		
AW I 800	3,9	6600,00	16541,00	20261,00	203,00	22,00	220,89		
AW V 800	3,8	3800,00	14.420,00	15141,00	175,00	6,85	165,07		
AW X 800	3,8	4000,00	16.110,00	19722,00	231,00	25,50	215,01		
AW 1/2 I 800	3,9	1800,00	16.625,00	13528,00	252,00	13,50	147,48		
AW 1/2 V 800	3,9	7000,00	17.415,00	21315,00	343,00	26,60	232,38		
AW 1/2 X 800	3,9	7600,00	15.715,00	19257,00	336,00	12,00	209,94		
BC I 800	3,8	5000,00	15.870,00	18635,00	21,00	9,50	203,16		
BC V 800	3,8	4800,00	15.885,00	10322,00	224,00	11,60	112,53		
BC X 800	3,9	6200,00	16.635,00	20359,00	245,00	16,50	221,95		
BL I 800	3,8	2400,00	13.460,00	14469,00	175,00	5,50	157,74		
BL V 800	4,0	1600,00	14.290,00	13209,00	175,00	9,00	144,00		
BL X 800	3,9	2200,00	13.005,00	15925,00	168,00	7,15	173,61		

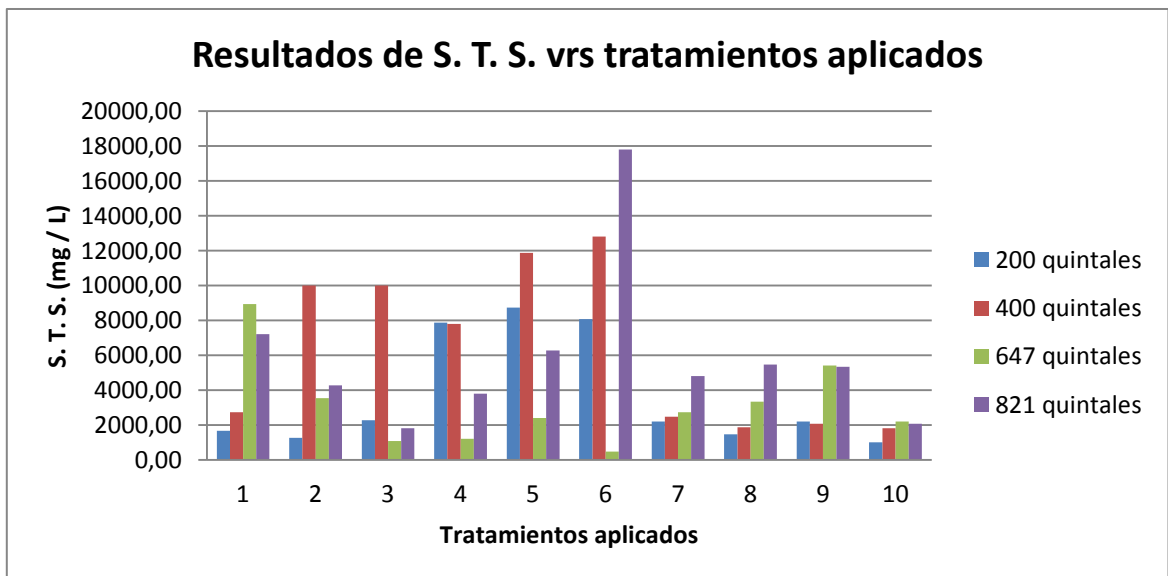
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Medias de los resultados del análisis del pH para los cuatro niveles de proceso versus los diez tratamientos**



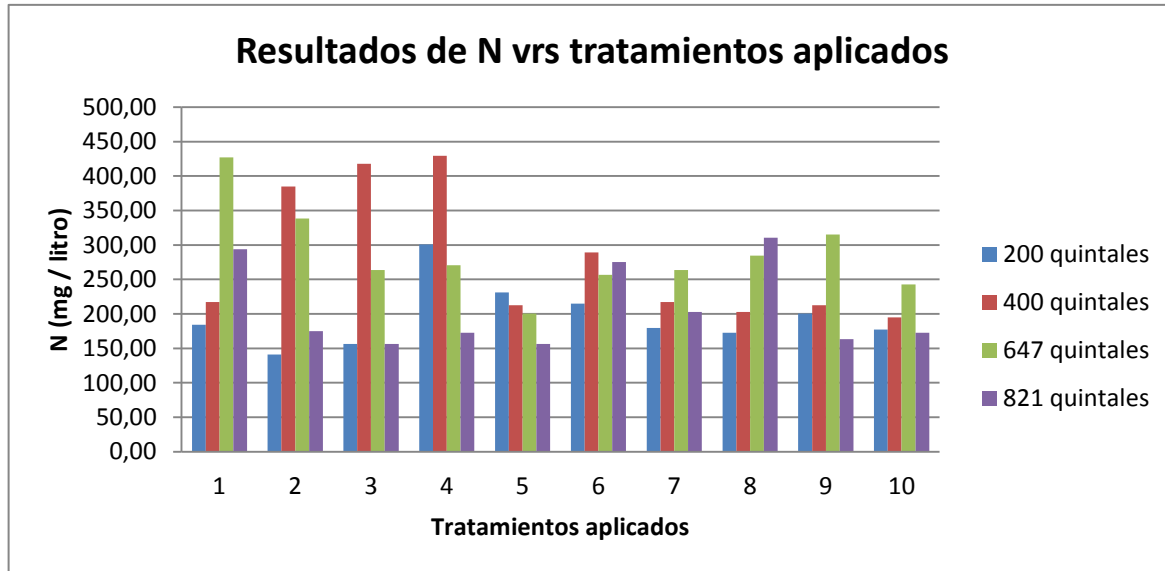
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Medias de los resultados del análisis de S.T.S. para los cuatro niveles de proceso**



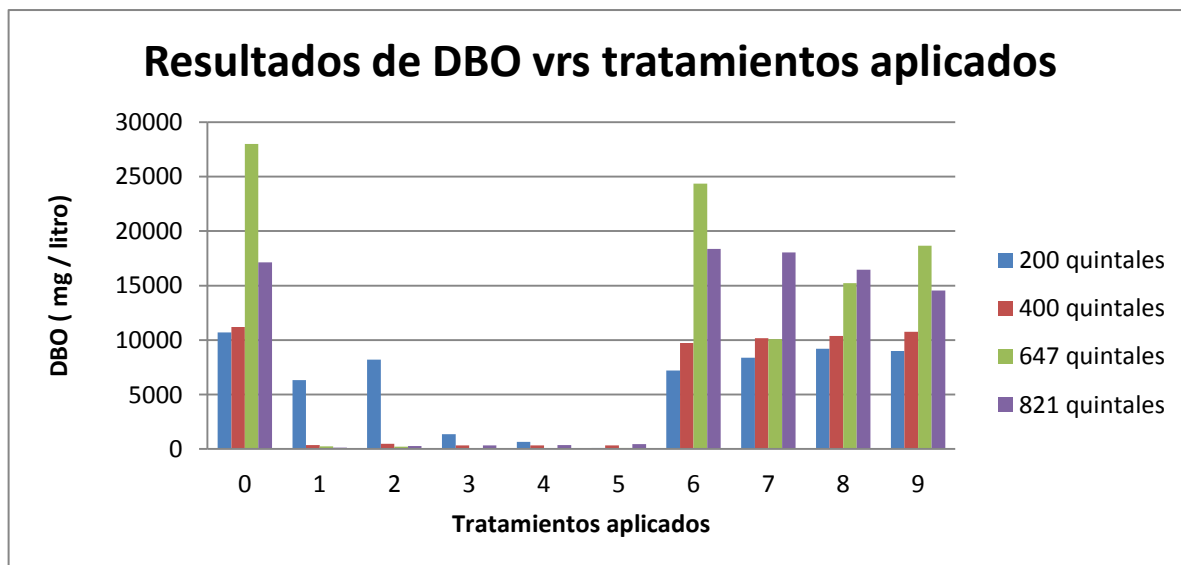
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Medias de los resultados del análisis del N para los cuatro niveles de proceso**



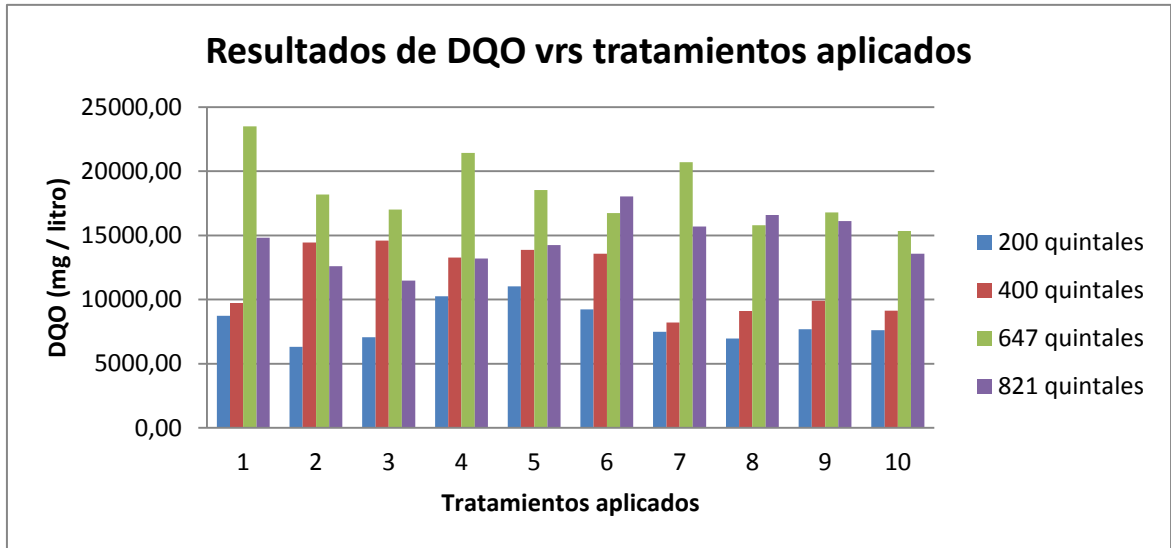
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Medias de los resultados del análisis del DBO para los cuatro niveles de proceso**



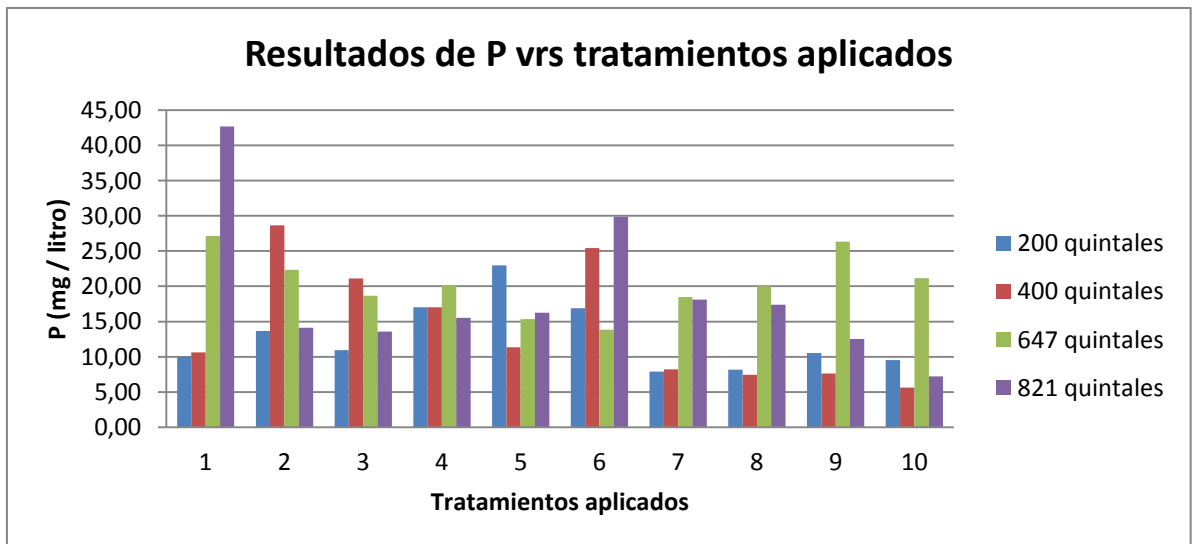
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Medias de los resultados del análisis del DQO para los cuatro niveles de proceso**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Medias de los resultados del análisis del P para los cuatro niveles de proceso**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXV. **Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento, respecto al decremento porcentual del parámetro sólidos totales en suspensión (S.T.S.)**

Nivel de dosis	Grado de eficiencia (%)			
	Nivel de proceso 200 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 400 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 647 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 821 quintales café maduro procesado
0				
1	24,00	-265,85	60,45	40,74
2	-36,00	-265,85	88,06	75,00
3	-372,00	-185,37	86,57	47,22
4	-424,00	-334,15	73,13	12,96
5	-384,00	-368,29	94,78	-147,22
6	-32,00	9,76	69,40	33,33
7	12,00	31,71	62,69	24,07
8	-32,00	24,39	39,55	25,93
9	40,00	34,15	75,37	71,30

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVI. **Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento, respecto al decremento porcentual del parámetro nitrógeno total (N)**

Nivel de dosis	Grado de eficiencia (%)			
	Nivel de proceso 200 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 400 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 647 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 821 quintales café maduro procesado
0				
1	23,42	-77,42	60,45	40,48
2	15,19	-92,47	88,06	46,83
3	-63,29	-97,85	86,57	41,27
4	-25,32	2,15	73,13	46,83
5	-16,46	-33,33	94,78	6,35
6	2,53	0,00	69,40	30,95
7	6,33	6,45	62,69	-5,56
8	-8,86	2,15	39,55	44,44
9	3,80	10,22	75,37	41,27

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVII. **Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento, respecto al decremento porcentual del parámetro fósforo total (F)**

Nivel de dosis	Grado de eficiencia (%)			
	Nivel de proceso 200 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 400 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 647 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 821 quintales café maduro procesado
0				
1	-36,84	-170,19	17,80	66,98
2	-9,39	-98,84	31,30	68,26
3	-70,51	-60,54	25,78	63,68
4	-130,13	-7,13	43,57	61,98
5	-69,17	-139,55	49,09	29,96
6	20,94	22,56	31,91	57,56
7	18,24	29,78	26,39	59,32
8	-5,71	28,28	3,08	70,64
9	4,64	47,06	22,10	83,10

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXVIII. **Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento, respecto al decremento porcentual del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.)**

Nivel de dosis	Grado de eficiencia (%)			
	Nivel de proceso 200 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 400 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 647 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 821 quintales café maduro procesado
0				
1	40,81	96,77	97,50	99,22
2	23,24	95,61	97,77	98,32
3	87,36	97,04	99,25	98,08
4	93,91	97,05	99,82	97,92
5	98,98	96,97	98,98	97,37
6	32,76	13,07	13,04	-7,24
7	21,62	9,18	64,00	-5,25
8	13,91	7,29	45,61	4,04
9	16,00	3,96	33,40	15,17

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXIX. **Eficiencia de cada dosis de producto de tratamiento, respecto al decremento porcentual del parámetro demanda química de oxígeno (D.Q.O.)**

Nivel de dosis:	Grado de eficiencia (%)			
	Nivel de proceso 200 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 400 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 647 quintales café maduro procesado	Nivel de proceso 821 quintales café maduro procesado
0				
1	27,67	-48,43	22,61	14,93
2	19,31	-49,85	27,56	22,58
3	-17,19	-36,28	8,87	11,00
4	-26,00	-42,60	21,12	3,81
5	-5,62	-39,29	28,80	-21,68
6	14,35	15,67	11,86	-5,87
7	20,45	6,55	32,82	-11,91
8	12,04	-1,77	28,58	-8,84
9	13,00	6,08	34,77	8,33

Fuente: elaboración propia.



Tabla XC. **Costos económicos de cada producto de tratamiento que representa la mejor eficiencia decremental de la materia orgánica**

Nivel de proceso (quintales de café maduro procesado)	Promedio de DBO total (g / mL)	Cantidad y tratamiento aplicado por litro de agua residual	Cantidad y tratamiento aplicado a 15 litros de agua residual	Costo del producto en quetzales por litro de de agua residual	Costo del producto en quetzales por 15 litros de agua residual	Costo del producto por m3 (Q)	Costo del producto por corrida (10,903 m3) (Q)	Costo del producto por quintal de café maduro beneficiado (Q)
200	109,000	5 g cal	75 g cal	0,006	0,090	6,000	65,418	0,327
400	330,667	7 g cal	105 g cal	0,008	0,126	8,400	91,585	0,229
647	16,667	10.78 g cal	161.70 g cal	0,013	0,194	12,936	141,041	0,353
821	134,000	10.26 g cal	153.94 g cal	0,012	0,185	12,315	134,270	0,164

Fuente: elaboración propia.

Tabla XCI. **Requerimiento de agua en metros cúbicos para cada nivel de proceso analizado**

<b>Niveles de proceso (qq café maduro)</b>	<b>Niveles de proceso (café pergamino)</b>	<b>Volumen H2O (m3)</b>	<b>m<sup>3</sup> H2O / qq café maduro</b>	<b>m<sup>3</sup> H2O / qq café pergamino</b>
200,000	44,440	10,903	0,055	0,245
400,000	88,880	10,903	0,027	0,123
647,000	143,763	10,903	0,017	0,076
821,000	182,426	10,903	0,013	0,060

Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se realizó un análisis de varianza con los resultados de los análisis de cada variable, para cada uno de los cuatro niveles de proceso en los cuales se muestrearon las aguas residuales. Se determinó que dichos análisis de varianza no indican una diferencia significativa y que las medias son estadísticamente iguales, excepto para el parámetro de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Se aplicó la prueba estadística de Tukey para encontrar una diferencia de promedios, pero dicha prueba confirmó lo que indicaba el análisis de varianza para todos los parámetros, excepto la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Al no existir una diferencia significativa, se determinó que los promedios de los tratamientos son estadísticamente iguales para los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), nitrógeno total (N), fósforo total (P), sólidos totales en suspensión (S. S).

Al no existir diferencia significativa en los parámetros antes indicados con el análisis de varianza ni con la prueba de Tukey, se utilizaron los estándares establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, para seleccionar la dosis más adecuada, tomando en cuenta también el costo económico de cada dosis elegida para determinar su factibilidad económica.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) en el nivel de proceso de 200 quintales de café procesado, se determinó que el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) muestra una reacción de incremento para los cinco tratamientos aplicados. En

términos del intervalo aceptable establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, el cual indica como aceptable un potencial de hidrógeno (pH) de 6 a 9 unidades, se determinó que el mejor tratamiento es el de 2 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, pues presenta un potencial de hidrógeno (pH) de 6.13.

El tratamiento anteriormente descrito sería el más adecuado luego del período de reacción (48 horas) que se dio en este experimento entre la aplicación de los tratamientos y el muestreo. Dicho tratamiento es también económicamente factible de utilizar, pues eleva el costo del proceso en solo Q. 0.13 por quintal de café maduro procesado. La incidencia de los productos A y B en este parámetro para este nivel de proceso, fue similar al comportamiento del tratamiento del testigo absoluto, pues su reacción en comparación con este, fue un decremento de menos de 0.1 de unidad para las dos dosis de ambos productos.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) en el nivel de proceso de 400 quintales de café procesado, se determinó que el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), muestra una reacción de incremento abrupto para los cinco tratamientos utilizados. En términos del intervalo aceptable establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, se determinó que ninguno de los tratamientos propuestos lleva este parámetro hasta dicho intervalo durante el período de reacción (48 horas) que se dio en este experimento entre la aplicación de los tratamientos y el muestreo. Sin embargo, es altamente probable que debido al producto de la actividad de las bacterias aeróbicas presentes, las cuales son en parte ácidos orgánicos, este parámetro baje a niveles aceptables con un período de tiempo mayor entre la aplicación de productos de tratamiento y el muestreo.

Además de observar un incremento abrupto en los resultados, se observa también que es bastante equitativo, ya que los cinco tratamientos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) aumentan el parámetro a aproximadamente 12 unidades de potencial de hidrógeno (pH), sin observar incidencia alguna entre la cantidad de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) utilizado y el resultado del análisis químico. Esta igualdad en el aumento de este parámetro puede deberse a que el sistema estaba saturado de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) al momento de muestrearse.

Debe tomarse en cuenta que su solubilidad es de 0.185 gramos hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) / 100  $\text{cm}^3$  de agua, por lo que puede asumirse una solubilidad menor en el agua residual muestreada. Si fuere a utilizarse alguno de los tratamientos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) permitiéndosele un período de reacción mayor, el tratamiento de 4 gramos por litro de agua residual (o cualquier tratamiento con una dosis de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) menor a esta) presenta el menor valor de potencial de hidrógeno (pH) con 12.33 unidades y el menor costo de los cinco también, pues eleva el mismo en Q. 0.13 por quintal de café maduro procesado. La incidencia de los tratamientos productos A y B en este parámetro fue nula, ya que el resultado fue exactamente igual al testigo absoluto.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) en el nivel de proceso de 647 quintales de café procesado, se determinó que el hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), muestra también una reacción de incremento abrupto para los cinco tratamientos aplicados. En términos del intervalo aceptable establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, se determinó que ninguno de los tratamientos propuestos lleva a este parámetro hasta dicho intervalo durante el período de

reacción (48 horas) que se dio en este experimento entre la aplicación de los tratamientos y el muestreo.

Al igual que para el nivel de proceso anterior, es altamente probable que debido al producto de la actividad de las bacterias aeróbicas presentes, los cuales son en parte ácidos orgánicos, este parámetro baje a niveles aceptables con un período de tiempo mayor entre la aplicación de productos de tratamiento y el muestro. Este nivel de proceso muestra también un incremento en el potencial de hidrógeno (pH) equitativo. Si fuere a utilizarse alguno de los tratamientos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) permitiéndosele un período de reacción mayor, el tratamiento de 7.55 gramos por litro de agua residual presenta uno de los menores potenciales de hidrógeno (pH), siendo este de 12.40 unidades.

Asimismo, el tratamiento antes mencionado presenta también el menor costo de los cinco, elevando el mismo en Q. 0.15 por quintal de café maduro procesado. La incidencia de los productos A y B para este nivel de proceso fue de decremento, en comparación con el tratamiento testigo, en menos de 1.33 unidades. Esto indica que la incidencia de estos productos en el agua residual, subproducto de un beneficio húmedo de café, es muy limitada para la neutralización del pH.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de potencial de hidrógeno (pH) en el nivel de proceso de 821 quintales de café procesado, se determinó que el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), muestra también una reacción de incremento abrupto para los cinco tratamientos aplicados. En términos del intervalo aceptable establecido por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, se determinó que ninguno de los tratamientos propuestos lleva este parámetro hasta dicho intervalo durante el período de

reacción (48 horas) que se dio en este experimento entre la aplicación de los tratamientos y el muestreo. Al igual que para los dos parámetros anteriores, es altamente probable que debido al producto de la actividad de las bacterias aeróbicas presentes, este parámetro baje a niveles aceptables con un período de tiempo mayor entre la aplicación de productos de tratamiento y el muestro.

El nivel de proceso en cuestión muestra también un incremento equitativo en el potencial de hidrógeno (pH). Si fuere a utilizarse alguna de las dosis de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) permitiéndosele un período de reacción mayor, la dosis de 10.26 gramos por litro de agua residual presenta el menor costo de las cinco, elevando el mismo en Q. 0.16 por quintal de café maduro procesado. La incidencia de los productos A y B para este nivel de proceso fue de decremento por menos de 0.17 unidades. Esto indica que la incidencia de estos productos en el agua residual, subproducto de un beneficio húmedo de café, es muy limitada para la neutralización del pH, por lo que deben concentrarse los esfuerzos de investigación en los puntos de las algamas de oxidación y lodos.

El análisis de varianza mostró alta significancia en el efecto de los tratamientos para el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro procesado. Con la prueba de Tukey, ordenando los promedios de menor a mayor, se puede observar que el tratamiento con mejor incidencia es el de 5 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de 109.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y 98.98 % de eficiencia de reducción y en el mismo ordenamiento, el tratamiento que reporta un menor grado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en segundo lugar es el de 4 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, presentando

un promedio de 652 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por litro de agua residual y una eficiencia de reducción del 93.91 %.

Ahora bien, desde la perspectiva del reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, artículo 17, modelo de reducción progresiva de D.B.O., en donde con 200 quintales de café maduro se tiene una carga contaminante de 10,706.33 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo cual equivale a 116.73 Kg de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por día, el parámetro se encuentra exento de toda reducción de carga.

Al aplicar un gramo de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, dicha carga se reduce a un promedio de 6,336.67 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esto equivale a 69.08 Kg de DBO al día, por lo que si el ente generador decide optar por aplicar hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), se sugiere esta dosis para contrarrestar la incidencia de este parámetro en este nivel de proceso, con 10.903 m<sup>3</sup> de agua utilizada y recirculada. Este es también, el tratamiento más económico, con un costo de Q. 0.07 por quintal de café maduro procesado. Los tratamientos A y B generan una leve reducción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) respecto del tratamiento testigo, por lo que se considera pueden ser funcionales a nivel de lagunas de oxidación y lodos.

El análisis de varianza mostró alta significancia en el efecto de los tratamientos para el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el nivel de proceso de 400 quintales de café maduro procesado. Con la prueba de Tukey, ordenando los promedios de menor a mayor, se puede observar que el tratamiento con mejor incidencia es el de 7 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de 330.67 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y 97.05 % de eficiencia



de reducción y en el mismo ordenamiento, el tratamiento que reporta un menor grado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO); en segundo lugar es el de 6 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de 331.67 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por litro de agua residual y una eficiencia de reducción del 97.04 %.

Ahora bien, desde la perspectiva del reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, artículo 17, modelo de reducción progresiva de DBO, en donde con 400 quintales de café maduro se tiene una carga contaminante de 11,193.33 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo cual equivale a 122.04 Kg de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por día, el parámetro se encuentra exento de toda reducción de carga.

Al aplicar cuatro gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, dicha carga se reduce a un promedio de 362.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esto equivale a 3.95 Kg de DBO al día, por lo que si el ente generador decide optar por aplicar hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), se sugiere esta dosis para contrarrestar la incidencia de este parámetro en este nivel de proceso, con 10.903 m<sup>3</sup> de agua utilizada y recirculada. Este es también, el tratamiento más económico, con un costo de Q. 0.13 por quintal de café maduro procesado. Los tratamientos A y B generan una leve reducción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) respecto al tratamiento testigo, por lo que se considera pueden ser funcionales a nivel de lagunas de oxidación y lodos.

El análisis de varianza mostró alta significancia en el efecto de los tratamientos para el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro procesado.

Con la prueba de Tukey, ordenando los promedios de menor a mayor, se puede observar que el tratamiento con mejor incidencia es el de 10.78 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de menos de 50.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (el aparato utilizado en ANALAB no registra valores menores a 50 miligramos de Demanda Bioquímica de Oxígeno y este fue precisamente el resultado en las tres repeticiones de este tratamiento) y 99.82 % de eficiencia de reducción y en el mismo ordenamiento, el tratamiento que reporta un menor grado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

En segundo lugar es el de 9.71 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca (OH)}_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de 209.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por litro de agua residual (registrando menos de 50 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en dos de sus repeticiones) y una eficiencia de reducción del 99.25 %. Ahora bien, desde la perspectiva del reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, artículo 17, modelo de reducción progresiva de DBO, en donde con 647 quintales de café maduro se tiene una carga contaminante de 28,001.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo cual equivale a 305.25 Kg de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por día, el parámetro se encuentra exento de toda reducción de carga.

Al aplicar 7.55 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca (OH)}_2$ ) por litro de agua residual, dicha carga se reduce a un promedio de 700.67 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esto equivale a 7.63 Kg de DBO al día, por lo que si el ente generador decide optar por aplicar hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), se sugiere esta dosis para contrarrestar la incidencia de este parámetro en este nivel de proceso, con 10.903 m<sup>3</sup> de agua utilizada y recirculada. Este es también, el tratamiento más económico, con un costo de

Q. 0.25 por quintal de café maduro procesado. Los tratamientos A y B generan una leve reducción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) respecto del tratamiento testigo, por lo que se considera pueden ser funcionales a nivel de lagunas de oxidación y lodos.

El análisis de varianza mostró alta significancia en el efecto de los tratamientos para el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el nivel de proceso de 821 quintales de café maduro procesado.

Con la prueba de Tukey, ordenando los promedios de menor a mayor, se puede observar que el tratamiento con mejor incidencia es el de 10.26 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de 134.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (el aparato utilizado en ANALAB no registra valores menores a 50 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno y este fue precisamente el resultado en dos de las tres repeticiones de este tratamiento) y 99.22 % de eficiencia de reducción respecto del testigo absoluto y en el mismo ordenamiento, el tratamiento que reporta un menor grado de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

En segundo lugar es el de 11.29 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, presentando un promedio de 287.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por litro de agua residual y una eficiencia de reducción del 98.32 %. Ahora bien, desde la perspectiva del reglamento del Acuerdo Gubernativo 236-2006, artículo 17, modelo de reducción progresiva de DBO, en donde con 821 quintales de café maduro se tiene una carga contaminante de 17,134.00 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo cual equivale a 186.81 Kg de demanda bioquímica de

oxígeno (DBO) por día, el parámetro se encuentra exento de toda reducción de carga.

Al aplicar 10.26 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, dicha carga se reduce a un promedio de 134 miligramos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esto equivale a 1.46 Kg de DBO al día, por lo que si el ente generador decide optar por aplicar hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), se sugiere esta dosis para contrarrestar la incidencia de este parámetro en este nivel de proceso, con 10.903 m<sup>3</sup> de agua utilizada y recirculada.

Este es también, el tratamiento más económico, con un costo de Q. 0.16 por quintal de café maduro procesado, así como el mejor según la prueba de Tukey. Los tratamientos A y B generan una leve reducción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) respecto del tratamiento testigo, por lo que se considera pueden ser funcionales a nivel de lagunas de oxidación y lodos.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de sólidos totales en suspensión (STS) en el nivel de proceso de 200 quintales de café procesado, se determinó que los tratamientos con mejores resultados son 20 mL de producto B por litro de agua residual, con una eficiencia 40.00 % y 1,000.00 miligramos de sólidos totales en suspensión (STS) por litro de agua residual y 1 gramo de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, con una eficiencia de 24.00 % y 1,266.67 miligramos de sólidos totales en suspensión (STS) por litro de agua residual.

De ambos, se recomienda utilizar el tratamiento de 1 gramo de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, pues este eleva el costo de

proceso en solo Q.0.07 por quintal de café maduro a procesar, mientras que el otro lo eleva por Q.76.32 por quintal de café maduro a procesar.

Ninguno de estos tratamientos satisface los parámetros de calidad establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en ninguna de sus etapas.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de sólidos totales en suspensión (STS) en el nivel de proceso de 400 quintales de café procesado, se determinó que los mejores eficiencias se obtuvieron con los tratamientos de 40 mL de producto B y 0.048 mL de producto A por litro de agua residual, pues sus eficiencias son 34.15 % y 31.71 %, respectivamente, y presentando un promedio de sólidos totales en suspensión (STS) de 1,800.00 y 1,866.67 miligramos sólidos totales en suspensión (STS) por litro de agua residual, respectivamente. De ambos, se recomienda utilizar el tratamiento de 0.048 mL de producto A por litro de agua residual, pues este eleva el costo de proceso en sólo Q.0.18 por quintal de café maduro a procesar, mientras que el otro lo eleva por Q.76.32 por quintal de café maduro a procesar.

Ninguna de estas dosis satisface los parámetros de calidad establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en ninguna de sus etapas. Con ninguna de las dosis de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) se logró disminuir la cantidad de sólidos totales en suspensión (STS) en este nivel de proceso, pues los resultados de los análisis muestran una mayor cantidad en comparación con el testigo absoluto. Esto pudo deberse a una mayor presencia de sólidos suspendidos en el agua residual de este nivel de proceso, suficiente para sobrepasar la capacidad de floculación de la hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), que es la característica de este producto que disminuye los sólidos en suspensión.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de sólidos totales en suspensión (STS) en el nivel de proceso de 647 quintales de café procesado, se determinó que el hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) presenta una mejor incidencia sobre este parámetro en comparación con los productos A y B, ya que presentan la mejor eficiencia de disminución de los sólidos totales en suspensión, mostrando una eficiencia de disminución del 94.78 % con 11.86 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual. Este tratamiento reporta un promedio de 466.67 miligramos de sólidos totales en suspensión (STS) por litro de agua residual, lo cual satisface los parámetros de calidad establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, hasta la etapa uno (1).

El tratamiento antes descrito eleva el costo del proceso en solamente Q.0.24 por quintal de café maduro a procesar. Con ninguna de las dosis de producto A y producto B se logra cumplir con ninguna de las etapas de los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006. La mejor eficiencia obtenida en los análisis de las muestras de productos biológicos fue de 75.37 %, la cual se obtuvo con la dosis de 64.7 mL de producto B por litro de agua residual, presentando 2,200.00 miligramos de sólidos totales en suspensión (STS) y un elevado costo de Q 76.32 por quintal de café maduro a procesar.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de sólidos totales en suspensión (STS) en el nivel de proceso de 821 quintales de café procesado, se determinó que el hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) presenta una mejor incidencia sobre este parámetro en comparación con los productos A y B, ya que presentan la mejor eficiencia de disminución de los sólidos totales en suspensión, mostrando una eficiencia de disminución del 75.00 % con 11.29 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua

residual. Este tratamiento reporta un promedio de 1,800.00 miligramos de sólidos totales en suspensión (STS) por litro de agua residual y un costo de solamente Q. 0.18 por quintal de café maduro procesado.

El tratamiento antes descrito no satisface los parámetros de calidad establecidos por el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en ninguna de sus etapas. La mejor eficiencia obtenida en los análisis de las muestras de productos biológicos fue de 71.30 %, la cual se obtuvo con el tratamiento de 82.1 mL de producto B por litro de agua residual, presentando 2,066.67 miligramos de sólidos totales en suspensión (STS) y un elevado costo de Q. 76.32 por quintal de café maduro a procesar.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de nitrógeno total (N) en el nivel de proceso de 200 quintales de café procesado, se determinó que la mejor eficiencia la presenta el tratamiento de 1 gramo de hidróxido de calcio ( $\text{Ca (OH)}_2$ ) por litro de agua residual, con 23.42 % de disminución del parámetro respecto del testigo absoluto y 141.17 miligramos de nitrógeno por litro de agua residual. La mejor eficiencia de los productos biológicos la presenta el tratamiento de 0.024 mL de producto A por litro de agua residual con 6.33 % de reducción y 172.67 miligramos de nitrógeno total por litro.

De ambas, es más económico utilizar el tratamiento de 1 gramo de hidróxido de calcio ( $\text{Ca (OH)}_2$ ) por litro de agua residual, pues esta eleva el costo del proceso en solo Q0.07 por quintal de café maduro, mientras que el otro tratamiento eleva el costo en Q0.18 por quintal de café maduro. Ninguno de los tratamientos anteriormente mencionados satisface los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en ninguna de sus etapas bajo el período de reacción dado en este experimento.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de nitrógeno total (N) en el nivel de proceso de 400 quintales de café procesado, se determinó que las mejores eficiencias las presentan los tratamientos de 40 mL de Producto B y 0.048 mL de Producto A por litro de agua residual, respectivamente, con 10.22 % y 6.45 % de disminución del parámetro respecto del testigo absoluto y promedios de 194.83 y 203.00 miligramos de nitrógeno total (N) por litro de agua residual, respectivamente. De ambos, es más económico utilizar el tratamiento del producto A, pues eleva el costo del proceso en solo Q0.18 por quintal de café maduro procesado contra un costo de Q76.32 por quintal de café maduro del tratamiento de producto B.

El único tratamiento de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) que logra disminuir el contenido total de nitrógeno es el tratamiento de 7 gramos por litro de agua residual, con una eficiencia del 2.15 %, 212.33 miligramos de nitrógeno total (N) por litro y un costo de Q. 0.23 por quintal de café maduro procesado. Como se discutió anteriormente, sobre los resultados de los Sólidos totales en suspensión en este nivel de proceso, si la cantidad de sólidos presentes en el agua residual fue mayor a un mero crecimiento proporcional, es posible que estos sólidos significaran también un aporte mayor de los minerales presentes en el suelo, como nitrógeno.

Ninguno de los tratamientos anteriormente mencionados satisface los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en ninguna de sus etapas, bajo el período de reacción dado en este experimento.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de nitrógeno total (N) en el nivel de proceso de 647 quintales de café procesado, se determinó que la mejor eficiencia la presenta la dosis de 10.78



gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, con 53.01 % de disminución del parámetro respecto del testigo absoluto, 200.67 miligramos de nitrógeno por litro de agua residual y un encarecimiento del proceso de solo Q0.22 por quintal de café maduro procesado. La mejor eficiencia de los productos biológicos la presenta la dosis de 64.7 mL de producto B por litro de agua residual con 43.17 % de reducción, 242.67 miligramos de nitrógeno total por litro y un elevado costo de Q. 76.32 por quintal de café maduro procesado.

Ninguno de los tratamientos anteriormente mencionados satisface los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en ninguna de sus etapas, bajo el período de reacción dado en este experimento.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de nitrógeno total (N) en el nivel de proceso de 821 quintales de café procesado, se determinó que la mejor eficiencia la presentan los tratamientos de 11.29 y 13.34 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, con 46.83 % de disminución del parámetro respecto del testigo absoluto para ambos y un mismo promedio de 156.33 miligramos de nitrógeno total (N) por litro de agua residual. De ambos, es más económico utilizar el tratamiento de 11.29 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual, pues este eleva el costo del proceso en Q0.18 por quintal de café maduro, mientras que el tratamiento de 13.34 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por litro de agua residual eleva el costo en Q.0.21 por quintal de café maduro procesado.

La mejor eficiencia de los productos biológicos la presenta el tratamiento de 0.99 mL de producto B por litro de agua residual, con 44.44 % de reducción respecto del testigo absoluto, 163.33 miligramos de nitrógeno total por litro y un costo de Q. 0.92 por quintal de café maduro procesado. Ninguno de los

tratamientos anteriormente mencionados satisface los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en ninguna de sus etapas bajo el período de reacción dado en este experimento.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de fósforo total (P) en el nivel de proceso de 200 quintales de café procesado, se determinó que las mejores eficiencias las presentan los tratamientos de 0.05 y 0.024 mL de producto A por litro de agua residual y 20 mL de producto B por litro de agua residual, siendo estas 20.94 %, 18.24 % y 4.64 % de reducción respecto del testigo absoluto y un promedio de fósforo total de 7.89, 8.16 y 9.52 miligramos de fósforo total (P) por litro de agua residual, respectivamente.

Estos tres tratamientos mencionados cumplen con el límite máximo permisible establecido en el Acuerdo en cuestión hasta la etapa cuatro (4) y se recomienda utilizar el tratamiento de 0.024 mL de producto A, pues presenta un costo de Q.0.18 por quintal de café maduro procesado, mientras que el de 0.05 mL de producto A tiene un costo de Q.0.37 y el de 20 mL de producto B tiene un elevado costo de Q.76.32. Ninguno de los tratamientos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) satisface los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006 en ninguna de sus etapas.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de fósforo total (P) en el nivel de proceso de 400 quintales de café procesado, se determinó que las mejores eficiencias las presentan los tratamientos de 0.10 mL y 0.048 mL de Producto A y 0.48 mL y 40 mL de producto B por litro de agua residual, siendo estas 22.56 %, 29.78 %, 28.28 % y 47.06 % de reducción y presentando un promedio de fósforo total de 8.22, 7.45,

7.61 y 5.62 miligramos de fósforo total (P) por litro de agua residual, respectivamente.

Estos cuatro tratamientos mencionados cumplen con el límite máximo permisible establecido en el Acuerdo hasta la etapa cuatro (4) y se recomienda utilizar el tratamiento de 0.048 mL de producto A, pues cuenta con un costo de Q.0.18 por quintal de café maduro procesado, mientras que el de 0.10 mL de producto A tiene un costo de Q.0.37, el de 0.48 mL de producto B tiene un costo de Q.0.92 y el de 40 mL de producto B tiene un costo de Q.76.32. Ninguno de los tratamientos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) satisface los parámetros de calidad establecidos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en ninguna de sus etapas; de hecho, aumentan el contenido de fósforo respecto del testigo absoluto.

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de fósforo total (P) en el nivel de proceso de 647 quintales de café procesado, se determinó que la mejor eficiencia la presenta el tratamiento de 11.86 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, con 49.09 % de disminución del parámetro respecto del testigo absoluto y 13.83 miligramos de fósforo total (P) por litro de agua residual. Este es el único tratamiento en este nivel de proceso que cumple con al menos la etapa tres (3) de la tabla de límites permisibles establecida en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Este tratamiento es también económicamente factible, pues encarece el proceso en solamente Q.0.24 y aunque los tratamientos biológicos son más económicos, ninguno logra cumplir con los límites mencionados hasta esta etapa. La mejor eficiencia obtenida a partir de los análisis de las muestras de productos biológicos fue de 31.91%, la cual se obtuvo con la dosis de 0.16 mL

de producto A por litro de agua residual, obteniendo 18.50 miligramos de fósforo total por litro de agua residual, encareciendo el proceso en Q. 0.37 por quintal de café maduro a procesar y cumpliendo con los estándares de calidad del Acuerdo Gubernativo 236-2006 hasta la etapa dos (2).

A partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos para el parámetro de fósforo total (P) en el nivel de proceso de 821 quintales de café procesado, se determinó que la mejor eficiencia la presenta el tratamiento de 82.10 mL de producto B por litro de agua residual, pues presenta una eficiencia de 83.10% y un promedio de fósforo total (P) de 7.22 miligramos por litro de agua residual. Este es el único tratamiento en este nivel de proceso que cumple hasta la etapa cuatro (4) de la tabla de límites permisibles establecida en el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Sin embargo, este tratamiento eleva el costo del proceso en Q.76.32 por quintal de café maduro a procesar, por lo que se recomienda utilizar el tratamiento de 0.99 mL de producto B o el de 11.29 gramos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) por litro de agua residual, pues aunque presentan un promedio de fósforo total de 12.53 y 13.55 miligramos de fósforo por litro de agua residual, respectivamente, y por consiguiente cumplen solamente hasta la etapa tres (3) de los límites permisibles, tienen un costo de solamente Q.0.92 y Q. 0.18 respectivamente, por quintal de café maduro procesado.

El nivel de proceso de 821 quintales de café maduro presenta el mejor aprovechamiento de agua durante el proceso de este beneficio húmedo tecnificado de café, pues hace uso de  $0.060 \text{ m}^3$  de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por quintal de café pergamino, contra  $0.076 \text{ m}^3$  de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por quintal de café pergamino para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro,  $0.123 \text{ m}^3$  de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por quintal de café pergamino, para el nivel de proceso de 400 quintales

de café maduro y  $0.245 \text{ m}^3$  de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por quintal de café pergamino para el nivel de proceso de 200 quintales de café maduro.



## CONCLUSIONES

1. No se determinó una correlación entre la producción de café a procesar y las dosis de tres distintos productos de tratamiento, porque la incidencia de los productos no fue lo suficientemente equitativa: pues para algunos parámetros se cumple con un producto determinado y en otros, con otro producto; el parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se encuentra exento de cualquier exigencia de reducción.
2. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), indicador de la presencia de carga orgánica, mostró una marcada reducción con los cinco tratamientos de hidróxido de calcio ( $\text{Ca (OH)}_2$ ) y una mínima reducción con los tratamientos biológicos para los niveles de proceso de 200 y 400 quintales de café maduro, y un incremento de carga orgánica con dichos tratamientos para los niveles de proceso de 647 y 821 quintales de café maduro.
3. Al evaluar el costo económico de cada producto de tratamiento con la mejor eficiencia decremental de materia orgánica, se determinó que el costo mayor fue para el nivel de proceso de 647 quintales de café maduro a procesar, presentando un costo por quintal de Q. 0.25 y un costo para toda la corrida de Q. 98.78; por lo que el costo económico de las mejores eficiencias será menor a Q. 100 por corrida, para todos los niveles de proceso.

4. El nivel de proceso de 821 quintales de café maduro presenta el mejor beneficio ecológico, pues hace uso de 0.060 m<sup>3</sup> de agua (H<sub>2</sub>O) por quintal de café pergamino.



## RECOMENDACIONES

1. Continuar con el estudio del comportamiento de la carga orgánica en el tratamiento de las aguas residuales del beneficio húmedo tecnificado del café, combinando el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) con otros productos biológicos, o combinando uno o más productos biológicos entre sí.
2. Realizar este trabajo de investigación en la zona catalogada como fría (Huehuetenango, Sololá, Totonicapán) para confirmar el comportamiento de los parámetros de nitrógeno total (N), fósforo total (P), sólidos totales en suspensión (STS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y potencial de hidrógeno (pH), investigados en la zona catalogada como cálida.
3. Determinar si posteriormente al tratamiento físico (filtración) y al químico (aplicación de productos), es factible aplicar un tratamiento puramente biológico para mejorar el resultado de los parámetros del agua.
4. Evaluar a nivel ambiental si los parámetros propuestos en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, son adecuados para la preservación del manto acuífero del país, en comparación con los parámetros legales vigentes de países desarrollados.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Public Health Association. *Standard Methods for the examination of water and waste water*. 21a. ed. USA: (APHA), 2005. 1325 p. ISBN -13 / EAN: 9780875532356.
2. Anacafé, Departamento de Asistencia Técnica. *Guía de conceptos básicos de certificaciones y sellos para el café*. Guatemala: Anacafé, 2007. 124 p.
3. BARRIOS OROZCO, Adolfo Waldemar. *Manual del beneficio húmedo del café*. López Camposeco, José Ángel (profesor). Guatemala: Anacafé, 2005. 250 p.
4. FLORES, María Luisa. *Tratado de libre comercio entre Centroamérica y los Estados Unidos de América*. Guatemala: Cámara de Industria de Guatemala, 2004. 57 p.
5. Guatemala. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y la disposición de lodos*. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. 24 p.
6. \_\_\_\_\_. *Reglamento de requisitos mínimos y sus límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de aguas servidas*. Acuerdo Gubernativo No. 60-1989. 25 p.

7. HAMPTON, David; HAVEL, John. *Introducción a la estadística*. 2a ed. México: Waveland Press, 2006. 189 p.
8. LÓPEZ DE LEÓN, Edgar E. *Avances en el tratamiento fisicoquímico de aguas residuales del beneficiado húmedo del café, por medio de plantas depuradoras en Guatemala*. Guatemala: Anacafé, 2004. 48 p.
9. McCABE, Warren L.; SMITH, Julian C.; HARRIOTT, Peter. *Operaciones unitarias, Ingeniería Química*. 6a ed. México: McGraw-Hill, 2009. 1199 p.
10. PERRY, Robert H.; CHILTON, Cecil H.; *Manual del Ingeniero Químico*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 1982. 730 p.
11. RODAS, César A. *Los desechos del beneficiado y la contaminación de las fuentes de agua*. Guatemala: Anacafé, 1988. 17 p.

## APÉNDICES

### 1. Recomendaciones de dosis a aplicar

Apéndice 1. **Dosis recomendada - potencial de hidrógeno (pH), con una utilización y recirculación de 10 metros cúbicos de agua / nivel de proceso**

Quintales de café maduro	Recomendación de dosis por litro de agua residual	Condiciones para obtener este resultado	Costo por quintal de café maduro procesado (Q)
200 - 399	2 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 hrs de reacción	0,13
400 - 650	≤ 4 g Ca(OH) <sub>2</sub>	Más de 48 hrs de reacción	0,13
650 - 800	≤ 7,55 g Ca(OH) <sub>2</sub>	Más de 48 hrs de reacción	0,15
800 - 900	≤ 10,26 g Ca(OH) <sub>2</sub>	Más de 48 hrs de reacción	0,16

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Dosis recomendada - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), según el resultado de la prueba de Tukey, con una utilización y recirculación de 10 metros cúbicos de agua / nivel de proceso**

Quintales de café maduro	Recomendación de dosis por litro de agua residual	Condiciones para obtener este resultado	Costo por quintal de café maduro procesado (Q)	Eficiencia
200 - 399	5 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,33	98,98%
400 - 650	7 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,23	97,05%
650 - 800	10,78 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,35	99,82%
800 - 900	10,26 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,16	99,22%

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 3. Dosis recomendada - Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), tomando en cuenta el Acuerdo Gubernativo 236-2006, con una utilización y recirculación de 10 metros cúbicos de agua / nivel de proceso**

Quintales de café maduro	Recomendación de dosis por litro de agua residual	Condiciones para obtener este resultado	Costo por quintal de café maduro procesado (Q)	Eficiencia
200 - 399	1 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,07	40,81%
400 - 650	4 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,13	96,77%
650 - 800	7,55 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,25	97,50%
800 - 900	10,26g g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,16	99,22%

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 4. Dosis recomendada - Sólidos totales en suspensión (S.T.S.), según su mayor eficiencia de reducción respecto al tratamiento testigo y economía, con una utilización y recirculación de 10 metros cúbicos de agua / nivel de proceso**

Quintales de café maduro	Recomendación de dosis por litro de agua residual	Condiciones para obtener este resultado	Costo por quintal de café maduro procesado (Q)	Eficiencia
200 - 399	1 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,07	24,00%
400 - 650	0,048 mL prod, A	48 horas de reacción	0,18	31,71%
650 - 800	11,86 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,24	94,78%
800 - 900	11,29 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,18	75,00%

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 5. Dosis recomendada - Nitrógeno total (N), según su mayor eficiencia de reducción respecto al tratamiento testigo y economía, con una utilización y recirculación de 10 metros cúbicos de agua / nivel de proceso**

Quintales de café maduro	Recomendación de dosis por litro de agua residual	Condiciones para obtener este resultado	Costo por quintal de café maduro procesado (Q)	Eficiencia
200 – 399	1 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,07	23,42%
400 – 650	0,048 mL Prod, A	48 horas de reacción	0,18	6,45%
650 – 800	10,78 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,22	53,01%
800 - 900	11,29 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,18	46,83%

Fuente: elaboración propia.

**Apéndice 6. Dosis recomendada - Fósforo Total (P), según su mayor eficiencia de reducción respecto al tratamiento testigo y economía, con una utilización y recirculación de 10 metros cúbicos de agua / nivel de proceso**

Quintales de café maduro	Recomendación de dosis por litro de agua residual	Condiciones para obtener este resultado	Costo por quintal de café maduro procesado (Q)	Eficiencia
200 - 399	0,024 mL Prod, A	48 horas de reacción	0,18	18,24%
400 - 650	0,048 mL Prod, A	48 horas de reacción	0,18	29,78%
650 - 800	11,86 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,24	49,09%
800 - 900	11,29 g Ca(OH) <sub>2</sub>	48 horas de reacción	0,18	46,83%

Fuente: elaboración propia.

## **ANEXOS**

### **Anexo 1. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE MUESTRAS**



Orden: 17 - 364  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: SANTA ROSA

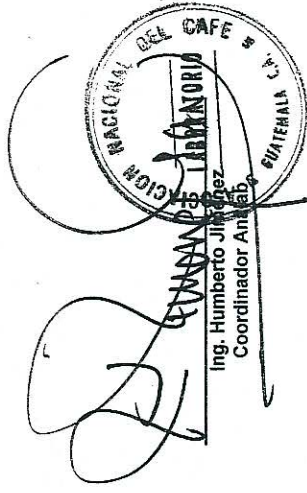


## Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro							P total
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total		
1564	AI 200	6.20	90.00	6,600.00	2,000.00	4,600.00	7,095.00	8,673.00	126.00	9.20	
1565	AV 200	6.10	90.00	6,600.00	5,600.00	1,000.00	6,535.00	6,683.00	175.00	12.95	
1566	AX 200	6.10	60.00	6,400.00	5,200.00	1,200.00	7,450.00	9,300.00	168.00	10.60	
1567	CI 200	5.20	80.00	7,000.00	5,600.00	1,400.00	6,710.00	3,685.00	140.00	7.95	
1568	CV 200	5.20	20.00	6,400.00	5,400.00	1,000.00	6,120.00	7,650.00	143.50	27.44	
1569	CX 200	5.20	50.00	6,800.00	5,400.00	1,400.00	6,145.00	7,675.00	140.00	5.58	
1570	LI200	12.00	550.00	13,600.00	5,800.00	7,800.00	10,520.00	526.00	294.00	6.00	
1571	LV200	12.10	550.00	13,600.00	5,600.00	8,000.00	9,610.00	1,680.00	329.00	16.25	
1572	LX200	12.10	550.00	13,800.00	6,000.00	7,800.00	10,615.00	1,855.00	280.00	28.80	
1573	C1200	12.20	550.00	11,000.00	6,200.00	4,800.00	10,240.00	256.00	196.00	22.80	

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fósforo Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 16 de Noviembre de 2009  
 Fecha de Análisis: Jueves, 19 de Noviembre de 2009  
 Fecha de Reporte: Lunes, 11 de Enero de 2010



Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 364  
 Proprietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: SANTA ROSA

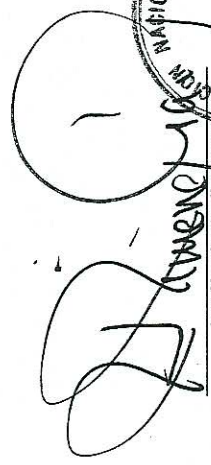



## Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
1574	CIV200	12.20	718.00	15,000.00	5,800.00	9,200.00	11,225.00	1,122.00	217.00	19.70
1575	CIX200	12.20	470.00	17,200.00	5,000.00	12,200.00	11,590.00	579.00	280.00	26.40
1576	BCI200	4.10	100.00	4,200.00	400.00	3,800.00	8,170.00	9,996.00	175.00	10.65
1577	BCV200	4.00	0.00	6,800.00	4,800.00	1,800.00	7,960.00	9,154.00	252.00	12.35
1578	BCX200 *	4.00	0.00	6,000.00	5,000.00	1,000.00	6,945.00	8,501.50	175.00	8.65
1579	BLI200 *	4.00	0.00	5,800.00	4,400.00	1,200.00	7,480.00	8,415.00	182.00	9.20
1580	BLV200 *	4.00	0.00	5,800.00	5,000.00	800.00	8,055.00	9,648.00	182.00	9.75
1581	BLX200 *	4.00	0.00	5,800.00	4,800.00	1,000.00	7,290.00	8,918.00	168.00	9.60
1582	AWI200 *	4.00	0.00	6,800.00	4,800.00	2,000.00	7,985.00	4,389.00	175.00	6.54
1583	AWV200 *	4.00	71.00	6,400.00	4,800.00	1,800.00	7,080.00	8,142.00	189.00	8.63

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fósforo Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 16 de Noviembre de 2009  
 Fecha de Análisis: Jueves, 19 de Noviembre de 2009  
 \* Viernes, 20 de Noviembre de 2009  
 Fecha de Reporte: Lunes, 11 de Enero de 2010

  
 Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador Analab



Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 364  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



## Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
1584	AWX200	4.00	94.00	7,200.00	4,400.00	2,800.00	7,405.00	9,065.00	175.00	8.50
1585	AW1/2V200	4.00	114.00	6,400.00	4,600.00	1,800.00	7,080.00	8,319.00	182.00	9.60
1586	AW1/2V200	4.00	50.00	6,000.00	4,800.00	1,200.00	6,515.00	7,963.00	147.00	8.01
1587	AW1/2X200	4.00	47.00	6,400.00	5,000.00	1,400.00	7,275.00	8,894.00	189.00	6.97
1588	TOF1200	4.10	57.00	6,600.00	5,000.00	1,600.00	8,400.00	10,290.00	154.00	10.30
1589	TOFV200	4.10	63.00	6,800.00	5,000.00	1,800.00	9,035.00	11,049.00	189.00	9.31
1590	TOFX200	4.10	29.00	6,600.00	5,000.00	1,600.00	8,800.00	10,780.00	210.00	10.33
1591	A21200	12.10	500.00	13,200.00	5,800.00	7,400.00	8,140.00	50.000	245.00	15.59
1592	A2V200	12.10	533.00	13,600.00	6,200.00	7,400.00	10,490.00	50.00	217.00	18.04
1593	A2X200	12.10	64.00	15,800.00	6,400.00	9,400.00	9,080.00	227.00	182.00	17.02

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Solidos Sedimentables  
 S.T.: Solidos Totales  
 S.T.D.: Solidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Solidos Totales en Suspension  
 D.Q.O.: Demanda Quimica de Oxigeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquimica de Oxigeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 16 de Noviembre de 2009  
 Fecha de Analisis: Viernes, 20 de Noviembre de 2009  
 Fecha de Reporte: Lunes, 11 de Enero de 2010

Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador Analab

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 548  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



**Análisis de Aguas**

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
3024	AI 400	12.40	650.00	17,400.00	7,800.00	9,600.00	13,425.00	336.00	371.00	16.24
3025	AV 400	12.50	775.00	17,600.00	6,400.00	11,200.00	15,140.00	379.00	462.00	20.10
3026	AX 400	12.50	750.00	17,000.00	7,800.00	9,200.00	15,210.00	760.00	420.00	26.95
3027	CI 400	12.40	750.00	17,600.00	7,600.00	10,000.00	14,725.00	368.00	483.00	26.20
3028	CV 400	12.30	800.00	17,600.00	7,200.00	10,400.00	15,485.00	387.00	322.00	28.80
3029	CX 400	12.30	700.00	16,800.00	7,200.00	9,600.00	13,150.00	331.00	350.00	31.00
3030	LV 400	12.60	650.00	17,800.00	7,200.00	10,600.00	14,670.00	366.00	665.00	8.45
3031	LI 400	12.60	650.00	12,000.00	6,600.00	5,400.00	12,915.00	323.00	343.00	24.25
3032	LX 400	12.50	400.00	15,000.00	7,600.00	7,400.00	12,225.00	306.00	280.00	18.40
3033	BCV 400	4.00	60.00	8,200.00	6,200.00	2,000.00	10,260.00	12,825.00	217.00	8.85

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Solidos Sedimentables  
 S.T.: Solidos Totales  
 S.T.D.: Solidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Solidos Totales en Suspension  
 D.Q.O.: Demanda Quimica de Oxigeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquimica de Oxigeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fوسفoro Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 07 de Diciembre de 2009  
 Fecha de Analisis: Martes, 08 de Diciembre de 2009  
 Fecha de Reporte: Miércoles, 23 de Diciembre de 2009

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jimenez  
 Coordinador Ambiental

Los resultados de este informe son validos unicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su Impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este Informe.  
 La reproducción parcial o total de este Informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.





Orden: 17 - 548  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



**Análisis de Aguas**

No.	Identificación	miligramos/litro									
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total	
3034	BCI 400	4.00	40.00	8,200.00	6,000.00	2,200.00	10,095.00	10,584.00	210.00	7.95	
3035	BCX 400	4.00	40.00	8,200.00	6,200.00	2,000.00	9,375.00	7,722.00	210.00	6.03	
3036	BLI 400	4.00	30.00	7,800.00	5,400.00	2,400.00	8,575.00	9,844.00	196.00	5.60	
3037	BLV 400	4.00	45.00	7,400.00	5,400.00	2,000.00	9,760.00	11,712.00	206.50	5.60	
3038	BLX 400	4.00	30.00	8,000.00	7,000.00	1,000.00	9,100.00	10,693.00	182.00	5.65	
3039	CI I 400*	12.50	600.00	21,000.00	7,800.00	13,200.00	13,945.00	349.00	245.00	12.30	
3040	CI V 400*	12.50	350.00	15,600.00	7,600.00	8,000.00	12,380.00	260.00	210.00	9.85	
3041	CI X 400*	12.60	700.00	21,200.00	6,800.00	14,400.00	15,330.00	383.00	182.00	11.95	
3042	AW I 400*	4.00	44.00	8,400.00	5,600.00	2,800.00	9,620.00	11,063.00	217.00	7.85	
3043	AW V 400*	4.00	40.00	8,400.00	6,000.00	2,400.00	9,840.00	11,808.00	189.00	6.95	

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fostoro Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 07 de Diciembre de 2009  
 Fecha de Análisis: Martes, 08 de Diciembre de 2009  
 Fecha de Reporte: \* Miércoles, 09 de Diciembre de 2009  
 Miércoles, 23 de Diciembre de 2009

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador Análisis

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 548  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



**Análisis de Aguas**

No.	Identificación	pH		mg/litro						
		S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total	
3044	AW X 400	80.00	8,600.00	6,400.00	2,200.00	5,174.00	6,321.00	245.00	9.85	
3045	AW 1/2 I 400	35.00	7,800.00	6,600.00	1,200.00	9,245.00	10,184.00	189.00	6.60	
3046	AW 1/2 V 400	40.00	7,600.00	5,800.00	1,800.00	8,765.00	9,198.00	196.00	7.40	
3047	AW 1/2 X 400	45.00	8,200.00	5,600.00	2,600.00	9,290.00	11,136.00	224.00	8.35	
3048	A2 I 400	600.00	21,400.00	7,400.00	14,000.00	14,465.00	362.00	315.00	22.05	
3049	A2 V 400	600.00	20,600.00	7,400.00	13,200.00	12,675.00	317.00	280.00	32.65	
3050	A2 X 400	400.00	19,200.00	8,000.00	11,200.00	13,550.00	339.00	273.00	21.55	
3051	T0 I 400*	40.00	8,800.00	6,200.00	2,600.00	9,972.00	11,454.00	217.00	6.40	
3052	T0 V 400*	42.00	8,600.00	5,400.00	3,200.00	9,480.00	10,902.00	224.00	7.48	
3053	T0 X 400*	46.00	8,000.00	5,600.00	2,400.00	9,760.00	11,224.00	210.00	17.95	

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Solidos Sedimentables  
 S.T.: Solidos Totales  
 S.T.D.: Solidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Solidos Totales en Suspension  
 D.Q.O.: Demanda Quimica de Oxigeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquimica de Oxigeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingres: Lunes, 07 de Diciembre de 2009  
 Fecha de Análisi: Miércoles, 09 de Diciembre de 2009  
 \* Lunes, 14 de Diciembre de 2009  
 Fecha de Report: Miércoles, 23 de Diciembre de 2009

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador Analab

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su Impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este Informe.  
 La reproducción parcial o total de este Informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 707  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



**Análisis de Aguas**

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
3,945	A1600	12.4	35.00	17000.00	15600.00	1200.00	16935.00	<50	252.00	21.00
3,946	AV600	12.4	11.00	16,800.00	15,800.00	1000.00	16,430.00	<50	259.00	16.50
3,947	AX600	12.4	30.00	17,200.00	16,200.00	1000.00	17,720.00	1,772.00	280.00	18.50
3,948	A21600	12.4	6.00	15,800.00	15,000.00	800.00	17,440.00	<50	287.00	17.00
3,949	A2V600	12.5	1.00	15,600.00	15,200.00	400.00	17,560.00	<50	224.00	11.00
3,950	A2X600	12.5	2.50	16,800.00	16,600.00	200.00	15,210.00	760.00	259.00	13.50
3,951	CI600	12.4	30.00	17,200.00	16,000.00	1200.00	17,640.00	<50	427.00	19.50
3,952	CV600	12.4	100.00	17,400.00	15,600.00	1800.00	16,910.00	<50	238.00	20.00
3,953	CX600	12.4	450.00	21,800.00	14,200.00	7600.00	20,025.00	2,002.00	350.00	27.50
3,954	LI600	12.4	30.00	17,000.00	16,000.00	1000.00	21,084.00	527.00	294.00	19.50

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 11 de Enero de 2010  
 Fecha de Análisis: Miércoles, 18 de Enero de 2012  
 Fecha de Reporte: Miércoles, 03 de Febrero de 2010

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jijón  
 Coordinador de Laboratorio

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le dé a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 707  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



### Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
3955	LV600	12.4	25.00	17,200.00	16,200.00	1000.00	22,127.00	<50	224.00	21.00
3956	LX600	12.4	40.00	17,800.00	16,200.00	1600.00	21,056.00	<50	294.00	20.00
3957	AWI600	4.9	70.00	14,200.00	11,800.00	2400.00	21,574.00	25,872.00	252.00	13.00
3958	AWV600	4.9	100.00	14,400.00	11,400.00	3000.00	20,321.00	23,876.00	273.00	20.00
3.959	AWX 600	4.9	70.00	14,200.00	11,400.00	2,800.00	20,265.00	23,299.00	266.00	22.50
3.960	AW1/2 I 600	4.8	175.00	14,800.00	11,000.00	3,800.00	15,114.00	6,040.00	287.00	23.50
3.961	AW1/2 V 600	4.9	80.00	14,600.00	11,200.00	3,400.00	16,122.00	4,030.00	280.00	18.50
3.962	AW 1/2 X	4.9	70.00	14,400.00	11,600.00	2,800.00	16,140.00	20,175.00	287.00	18.00
3.963	BL I 600	4.8	300.00	16,200.00	10,200.00	6,000.00	17,286.00	17,712.00	322.00	27.50
3.964	BL V 600	4.8	250.00	15,600.00	10,200.00	5,400.00	16,398.00	20,475.00	315.00	25.00

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Solidos Sedimentables  
 S.T.: Solidos Totales  
 S.T.D.: Solidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Solidos Totales en Suspension  
 D.Q.O.: Demanda Quimica de Oxigeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquimica de Oxigeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 11 de Enero de 2010  
 Fecha de Analisis: Lunes, 18 de Enero de 2010  
 Fecha de Reporte: Miércoles, 03 de Febrero de 2010

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL. El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe. La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Ing. Humberto Jimenez  
 Coordinador Analab





Orden: 17 - 707  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



### Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
3,965	BL X 600	4.8	250.00	15,600.00	10,800.00	4,800.00	16,686.00	7,506.00	308.00	26.50
3,966	BC I 600	4.8	60.00	15,000.00	12,400.00	2,600.00	15,048.00	17,672.00	245.00	22.00
3,967	BC V 600	4.8	35.00	14,600.00	12,800.00	1,800.00	15,198.00	18,595.00	189.00	20.00
3,968	BC X 600	4.8	80.00	14,600.00	12,400.00	2,200.00	15,756.00	19,675.00	294.00	21.50
3,969	C1 I 600	12.6	2.00	16,000.00	14,800.00	1,200.00	16,140.00	<50	147.00	12.00
3,970	C1 V 600	12.6	4.00	16,000.00	14,800.00	3,200.00	18,855.00	<50	294.00	16.50
3,971	C1 X 600	12.6	4.00	18,000.00	15,200.00	2,800.00	20,635.00	<50	161.00	17.50
3,972	TO I 600	6.2	0.00	21,200.00	10,600.00	10,600.00	26,024.00	31,224.00	532.00	17.50
3,973	TO V 600	6.5	5.00	20,800.00	10,200.00	10,600.00	23,864.00	28,035.00	427.00	33.50
3,974	TO X 600	5.7	350.00	17,000.00	11,400.00	5,600.00	20,634.00	24,744.00	322.00	30.50

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingreso: Lunes, 11 de Enero de 2010  
 Fecha de Análisis: Lunes, 18 de Enero de 2010  
 Fecha de Reporte: Miércoles, 03 de Febrero de 2010

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.

Ing. Humberto López  
 Coordinador Analab



Orden: 17 - 1438  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA

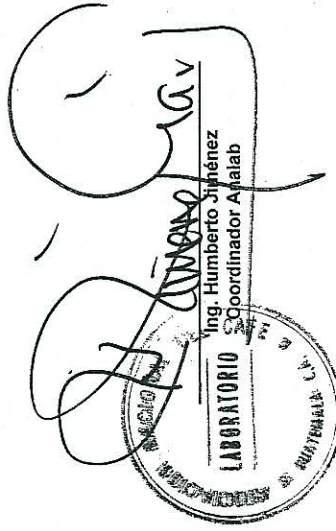
## Análisis Microbiológico de Aguas

No.	Identificación	NMP/100ml			pH	Color Hazen	Mat. Flotante	Temperatura °C
		E. coli NMP	Coliformes NMP	Cl libre mg/l				
	Límite permisible -->	[menor que 1]	[menor que 2]					
8638	"Agua apariencia limpia" ( 1 )	2.00	19.60	0.00	18.00	Ausencia	21.0	
8639	"Agua apariencia limpia" ( 2 )	< 1.0	19.30	0.00	17.00	Ausencia	20.0	
8640	"Agua apariencia limpia" ( 3 )	< 1.0	2.00	0.00	17.00	Ausencia	20.5	
8641	"Agua apariencia turbia" ( 1 )	< 10	29.80	0.00	425.00	Ausencia	21.0	
8642	"Agua apariencia turbia" ( 2 )	< 10	767.00	0.00	310.00	Ausencia	20.5	
8643	"Agua apariencia turbia" ( 3 )	< 10	426.00	0.00	378.00	Ausencia	19.0	

### Determinacion cuantitativa por el metodo: Colilert.

Observaciones  
 NMP: Numero mas probable de unidades formadoras de colonias.  
 Límites permisibles de según la norma microbiologica de COGUANOR, NGO 29-005:99, aplicable para el agua embasada para consumo humano.

Fecha de Ingreso: Lunes 01 de Marzo de 2010  
 Fecha de análisis: Martes 02 de Marzo de 2010  
 Hora de Análisis: 16:15  
 Fecha de Reporte: Miércoles 03 de Marzo de 2010



Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 795  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



**Análisis de Aguas**

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
4448	AI 800	12.40	30.00	11,000.00	9,400.00	1,600.00	11,592.00	290.00	154,000	13.60
4449	AV 800	12.40	5.00	11,000.00	9,400.00	1,600.00	11,650.00	291.00	168,000	13.10
4450	AX 800	12.40	30.00	11,800.00	9,600.00	2,200.00	11,180.00	280.00	147,000	13.95
4451	A2I 800	12.50	450.00	22,200.00	7,800.00	14,400.00	15,125.00	378.00	231,000	26.00
4452	A2V 800	12.50	550.00	26,000.00	8,000.00	18,000.00	20,108.00	503.00	294,000	39.70
4453	A2X 800	12.50	600.00	28,200.00	7,200.00	21,000.00	18,865.00	471.00	301,000	24.00
4454	AW I 800	3.9	300.00	12600.00	6000.00	6600.00	16541.00	20261.00	203,000	22.00
4455	AW V800	3.8	40.00	10,200.00	6,400.00	3800.00	14,420.00	15,141.00	175,000	6.85
4456	AW X800	3.8	200.00	11,200.00	7,200.00	4000.00	16,110.00	19,722.00	231,000	25.50
4457	AW I/2 I800	3.9	450.00	7,800.00	6,000.00	1800.00	16,625.00	13,528.00	252,000	13.50

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingreso: Martes, 19 de Enero de 2010  
 Fecha de Análisis: Martes, 26 de Enero de 2010  
 Fecha de Reporte: Lunes, 08 de Febrero de 2010

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Humberto Jimenez  
 Coordinador Analítico  
 INSTITUTO NACIONAL DEL CAFE  
 LABORATORIO  
 BUENAVISTA

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



Orden: 17 - 795  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



## Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml/litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
4458	AW 1/2 V800	3.9	650.00	12,000.00	5,000.00	7000.00	17,415.00	21,315.00	343.00	26.60
4459	AW 1/2 X800	3.9	500.00	13,200.00	5,600.00	7600.00	15,715.00	19,257.00	336.00	12.00
4460	BC 1800	3.8	100.00	11,400.00	6,400.00	5000.00	15,870.00	18,635.00	21.00	9.50
4461	BC V800	3.8	225.00	11,600.00	6,800.00	4800.00	15,885.00	10,322.00	224.00	11.60
4462	BC X800	3.9	250.00	11,800.00	5,600.00	6200.00	16,635.00	20,359.00	245.00	16.50
4463	BL 1800	3.8	10.00	10,000.00	7,600.00	2400.00	13,460.00	14,469.00	175.00	5.50
4464	BL V800	4.0	4.00	10,200.00	8,600.00	1600.00	14,290.00	13,209.00	175.00	9.00
4465	BL X800	3.9	0.00	9,800.00	7,600.00	2200.00	13,005.00	15,925.00	168.00	7.15
4466	C 1800	12.5	125.00	14,800.00	8,800.00	6000.00	12,600.00	<50	161.00	14.30
4467	C V800	12.5	200.00	14,600.00	9,400.00	5200.00	13,105.00	<50	189.00	16.34

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Solidos Sedimentables  
 S.T.: Solidos Totales  
 S.T.D.: Solidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Solidos Totales en Suspension  
 D.Q.O.: Demanda Quimica de Oxigeno  
 D.B.O.<sub>5</sub>: Demanda Bioquimica de Oxigeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de Ingreso: Martes, 19 de Enero de 2010  
 Fecha de Analisis: Martes, 26 de Enero de 2010  
 Fecha de Reporte: Lunes, 08 de Febrero de 2010

Humberto Jimenez  
 Coordinador Ambiental

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su Impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.





Orden: 17 - 795  
 Propietario: COOPERATIVA NUEVO SENDERO, R.L.  
 Finca: NUEVO SENDERO  
 Localización: Santa Rosa, SANTA ROSA



## Análisis de Aguas

No.	Identificación	ml./litro		miligramos/litro						
		pH	S.S.	S.T.	S.T.D.	S.T.S.	D.Q.O.	D.B.O. <sub>5</sub>	N total	P total
4468	C X 800	12.5	100.00	12,000.00	10,400.00	1,600.00	12,115.00	302.00	175.00	11.65
4469	C 1 1 800	12.5	90.00	12,000.00	5,200.00	6,800.00	13,280.00	332.00	161.00	14.45
4470	C 1 V 800	12.6	225.00	16,200.00	9,000.00	7,200.00	14,800.00	370.00	168.00	17.43
4471	C 1 X 800	12.5	200.00	14,600.00	9,800.00	4,800.00	14,685.00	367.00	140.00	16.81
4472	L 1 800	12.5	100.00	12,400.00	9,800.00	2,600.00	12,480.00	312.00	147.00	15.20
4473	L V 800	12.6	300.00	16,200.00	8,800.00	7,400.00	14,245.00	356.00	224.00	17.69
4474	L X 800	12.5	15.00	11,000.00	9,600.00	1,400.00	12,845.00	321.00	147.00	13.63
4475	T 0 1 800	4.0	0.00	11,800.00	4,600.00	7,200.00	15,270.00	16,786.00	252.00	35.91
4476	T 0 V 800	4.0	0.00	12,000.00	4,600.00	7,400.00	15,060.00	17,319.00	315.00	47.37
4477	T 0 X 800	4.0	0.00	11,800.00	4,800.00	7,000.00	14,130.00	17,297.00	315.00	44.80

pH: Potencial de Hidrogeno  
 S.S.: Sólidos Sedimentables  
 S.T.: Sólidos Totales  
 S.T.D.: Sólidos Totales Disueltos  
 S.T.S.: Sólidos Totales en Suspensión  
 D.Q.O.: Demanda Química de Oxígeno  
 D.B.O.: Demanda Bioquímica de Oxígeno  
 N total: Nitrogeno Total  
 P total: Fosforo Total

Fecha de ingreso: Martes, 19 de Enero de 2010  
 Fecha de Análisis: Lunes, 01 de Febrero de 2010  
 Fecha de Reporte: Lunes, 08 de Febrero de 2010

Ing. Humberto Jiménez  
 Coordinador Analab

Los resultados de este informe son validos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio y en su impresión ORIGINAL.  
 El Laboratorio ANALAB, no se responsabiliza por el uso inadecuado que se le de a este informe.  
 La reproducción parcial o total de este informe deberá ser autorizada por escrito por ANALAB.



## INFORME DE ANALISIS

Cliente	: ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE (00470)	Número de orden	: 66449
Dirección	: 5a.CALLE 0-50, ZONA 14	Código de muestra	: 10.01.26.01.06
Persona Responsable	: RODRIGO ESPINOSA	Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)
Finca	: (002480)	Fecha de ingreso	: 26/01/2010
Localización	: ALDEA CHAPAS, , SANTA ROSA	Fecha del informe	: 02/02/2010
Referencia Cliente	: EFLUENTE 3	Asesor	: RECEPCION/INDUSTRIALES

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo:	NO INDICA	Fecha Inicio de Analisis	: 27/01/10
Hora de Muestreo:	NO INDICA	Hora de Ingreso	: 10:01:43
Procedencia	: EFLUENTE 3	Temperatura de Ingreso	: REFRIGERADA
Recipiente	: VIDRIO	Temperatura almacenaje	: 4 ± 2 °C
Tipo de muestra	: AGUA	Responsable de muestreo:	CLIENTE

PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA
GRASAS Y ACEITES	mg/L	56	6	EPA 1664


**Metodología basada en:**

EPA. 'Oil and grease' and 'petroleum hydrocarbons' n-Hexane extractable material (HEM) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM) by extraction and gravimetry. Method 1664. 1994

Última Línea

Licda. Barbara R. Cruz Cano  
Colegiado 2113  
Química

Revisado:

  
Licda. Barbara Cano  
Química, Colegiado No. 2113  
Gerente de Laboratorios

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
Este informe es válido únicamente en su impresión original



## INFORME DE ANALISIS

Cliente	: ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE (00470)	Número de orden	: 66449
Dirección	: 5a.CALLE 0-50, ZONA 14	Código de muestra	: 10.01.26.01.05
Persona Responsable	: RODRIGO ESPINOSA	Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)
Finca	: (002480)	Fecha de ingreso	: 26/01/2010
Localización	: ALDEA CHAPAS,, SANTA ROSA	Fecha del informe	: 02/02/2010
Referencia Cliente	: EFLUENTE 2	Asesor	: RECEPCION/INDUSTRIALES

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo:	NO INDICA	Fecha Inicio de Analisis	: 27/01/10
Hora de Muestreo:	NO INDICA	Hora de Ingreso	: 10:01:43
Procedencia	: EFLUENTE 2	Temperatura de Ingreso	: REFRIGERADA
Recipiente	: VIDRIO	Temperatura almacenaje	: 4 ± 2 °C
Tipo de muestra	: AGUA	Responsable de muestreo:	CLIENTE

PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA
GRASAS Y ACEITES	mg/L	30	6	EPA 1664


#### Metodología basada en:

EPA. 'Oil and grease' and 'petroleum hydrocarbons' n-Hexane extractable material (HEM) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM) by extraction and gravimetry. Method 1664. 1994

Última Línea

Licda. Barbara R. Cruz Cano  
Colegiado 2113  
Químico

Revisado:

  
Licda. Barbara Cano  
Química, Colegiado No. 2113  
Gerente de Laboratorios

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
Este informe es válido únicamente en su impresión original



## INFORME DE ANALISIS

Cliente	: ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE (00470)	Número de orden	: 66449
Dirección	: 5a.CALLE 0-50, ZONA 14	Código de muestra	: 10.01.26.01.04
Persona Responsable	: RODRIGO ESPINOSA	Cultivo	: SIN CULTIVO (SN)
Finca	: (002480)	Fecha de ingreso	: 26/01/2010
Localización	: ALDEA CHAPAS, , SANTA ROSA	Fecha del informe	: 02/02/2010
Referencia Cliente	: EFLUENTE 1	Asesor	: RECEPCION/INDUSTRIALES

### DATOS DE LA MUESTRA

Fecha de Muestreo:	NO INDICA	Fecha Inicio de Analisis	: 27/01/10
Hora de Muestreo:	NO INDICA	Hora de Ingreso	: 10:01:43
Procedencia	: EFLUENTE 1	Temperatura de Ingreso	: REFRIGERADA
Recipiente	: VIDRIO	Temperatura almacenaje	: 4 ± 2 °C
Tipo de muestra	: AGUA	Responsable de muestreo:	CLIENTE

PARAMETROS	DIMENSIONALES	VALOR	LIMITE DE DETECCION	METODOLOGIA
GRASAS Y ACEITES	mg/L	37	6	EPA 1664

#### Metodología basada en:

EPA. 'Oil and grease' and 'petroleum hydrocarbons' n-Hexane extractable material (HEM) and silica gel treated n-hexane extractable material (SGT-HEM) by extraction and gravimetry. Method 1664. 1994

Última Línea

Licda. Barbara R. Cruz Cano  
Colegiado 2113  
Química

Revisado:



Licda. Barbara Cano  
Química, Colegiado No. 2113  
Gerente de Laboratorios

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
Este informe es válido únicamente en su impresión original





## Anexo 2. Valores de “Q”

Error df	Number of Groups (Treatments)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17.97	26.98	32.82	37.08	40.41	43.12	45.40	47.36	49.07
2	6.08	8.33	9.80	10.88	11.74	12.44	13.03	13.54	13.99
3	4.50	5.91	6.82	7.50	8.04	8.48	8.85	9.18	9.46
4	3.93	5.04	5.76	6.29	6.71	7.05	7.35	7.60	7.83
5	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80	6.99
6	3.46	4.34	4.90	5.30	5.63	5.90	6.12	6.32	6.49
7	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00	6.16
8	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77	5.92
9	3.20	3.95	4.41	4.76	5.02	5.24	5.43	5.59	5.74
10	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46	5.60
11	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35	5.49
12	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27	5.39
13	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19	5.32
14	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13	5.25
15	3.01	3.67	4.08	4.37	4.59	4.78	4.94	5.08	5.20
16	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03	5.15
17	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.70	4.86	4.99	5.11
18	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96	5.07
19	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92	5.04
20	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90	5.01
24	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81	4.92
30	2.89	3.49	3.85	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72	4.82
40	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63	4.73
60	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55	4.65
120	2.80	3.36	3.68	3.92	4.10	4.24	4.36	4.47	4.56
∞	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39	4.47

Fuente: HAMPTON & Havel. Introducción a la Estadística. Anexo C.

Anexo 3. **Acuerdo Gubernativo 236-2006**

**ACUERDO GUBERNATIVO No. 236-2006**

**Guatemala, 5 de Mayo de 2006**

**EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA**

**CONSIDERANDO:**

Que por imperativo constitucional el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga el impacto adverso del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico; para lo cual es necesario dictar normas que garanticen la utilización y el aprovechamiento racional de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, evitando su depredación.

**CONSIDERANDO:**

Que la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, tiene por objeto velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente para mejorar la calidad de vida de los habitantes del país.

**CONSIDERANDO:**

Que de conformidad con la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el Gobierno debe emitir las disposiciones y reglamentos correspondientes, para ejercer el control, aprovechamiento y uso de las aguas; prevenir, controlar y determinar los niveles de contaminación de los ríos, lagos y mares y cualquier otra causa o fuente de contaminación hídrica.

**CONSIDERANDO:**

Que es importante contar con un instrumento normativo moderno que ofrezca certeza jurídica para la inversión, permita la creación de empleo, propicie el mejoramiento progresivo de la calidad de las aguas y contribuya a la sostenibilidad del recurso hídrico; coordinando para el efecto los esfuerzos de los órganos de la administración pública con las municipalidades y la sociedad civil.

**POR TANTO:**

En uso de las funciones que le confieren el artículo 183, literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala,

**ACUERDA:**

Emitir el siguiente

**“REGLAMENTO DE LAS DESCARGAS Y REUSO DE AGUAS RESIDUALES  
Y DE LA DISPOSICIÓN DE LODOS”**

## CAPÍTULO I

### DISPOSICIONES GENERALES

**Artículo 1. OBJETO.** El objeto del presente Reglamento es establecer los criterios y requisitos que deben cumplirse para la descarga y reuso de aguas residuales, así como para la disposición de lodos. Lo anterior para que, a través del mejoramiento de las características de dichas aguas, se logre establecer un proceso continuo que permita:

- a) Proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana.
- b) Recuperar los cuerpos receptores de agua en proceso de eutrofización.
- c) Promover el desarrollo del recurso hídrico con visión de gestión integrada.

También es objeto del presente Reglamento establecer los mecanismos de evaluación, control y seguimiento para que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales promueva la conservación y mejoramiento del recurso hídrico.

**Artículo 2. APLICACIÓN.** El presente Reglamento debe aplicarse a:

- a) Los entes generadores de aguas residuales;
- b) Las personas que descarguen sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público;
- c) Las personas que produzcan aguas residuales para reuso;
- d) Las personas que reusen parcial o totalmente aguas residuales; y
- e) Las personas responsables del manejo, tratamiento y disposición final de lodos.

**Artículo 3. COMPETENCIA.** Compete la aplicación del presente Reglamento al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Las Municipalidades y demás instituciones de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, deberán hacer del conocimiento de dicho Ministerio los hechos contrarios a estas disposiciones, para los efectos de la aplicación de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

## CAPÍTULO II

### DEFINICIONES

**Artículo 4. DEFINICIONES.** Para los efectos de la aplicación e interpretación de este Reglamento, se entenderá por:

**AFLUENTE:** el agua captada por un ente generador.

**AGUAS RESIDUALES:** las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.

**AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL:** las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

**AGUAS RESIDUALES DE TIPO ORDINARIO:** las aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

**ALCANTARILLADO PLUVIAL:** el conjunto de tuberías, canalizaciones y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas de lluvia.

**ALCANTARILLADO PÚBLICO:** el conjunto de tuberías y obras accesorias utilizadas por la municipalidad, para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo ordinario o de tipo especial, o combinación de ambas que deben ser previamente tratadas antes de descargarlas a un cuerpo receptor.

**CARACTERIZACIÓN DE UNA MUESTRA:** la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

**CARACTERIZACIÓN DE UN EFLUENTE O UN AFLUENTE:** la determinación de características físicas, químicas y biológicas de las aguas, incluyendo caudal, de los parámetros requeridos en el presente Reglamento.

**CARGA:** el resultado de multiplicar el caudal por la concentración determinados en un efluente y expresada en kilogramos por día.

**CAUDAL:** el volumen de agua por unidad de tiempo.

**COLIFORMES FECALES:** el parámetro que indica la presencia de contaminación fecal en el agua y de bacterias patógenas, provenientes del tracto digestivo de los seres humanos y animales de sangre caliente.

**CUERPO RECEPTOR:** embalse natural, lago, laguna, río, quebrada, manantial, humedal, estuario, estero, manglar, pantano, aguas costeras y aguas subterráneas donde se descargan aguas residuales.

**DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO:** la medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius.

**DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO:** la medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable en aguas residuales, que se determina por la cantidad equivalente de oxígeno utilizado en la oxidación química.

**DILUCION:** el proceso que consiste en agregar un volumen de agua con el propósito de disminuir la concentración en un efluente de aguas residuales.

**EFLUENTE DE AGUAS RESIDUALES:** las aguas residuales descargadas por un ente generador.

**ENTES GENERADORES:** la persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, y cuyo efluente final se descarga a un cuerpo receptor.

**ENTES GENERADORES EXISTENTES:** los entes generadores establecidos previo a la vigencia del presente Reglamento.

**ENTES GENERADORES NUEVOS:** los entes generadores establecidos posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.

**ESTABILIZACIÓN DE LODOS:** el proceso físico, químico o biológico al que se someten los lodos para acondicionarlos previo a su aprovechamiento o disposición final.

**ESTERO:** la zona del litoral que se inunda durante la pleamar. Puede ser tanto arenoso como rocoso y en ocasiones alcanza gran amplitud, tanto mayor cuanto más leve sea la pendiente y más notorias las mareas. Con frecuencia tiene un amplio desarrollo en las desembocaduras fluviales.

**EUTROFIZACIÓN:** el proceso de disminución de la calidad de un cuerpo de agua como consecuencia del aumento de nutrientes, lo que a su vez propicia el desarrollo de microorganismos y limita la disponibilidad de oxígeno disuelto que requiere la fauna y flora.

**FERTIRRIEGO:** la práctica agrícola que permite el reuso de un efluente de aguas residuales, que no requiere tratamiento, a fin de aprovechar los diversos nutrientes que posee para destinarlos en la recuperación y mejoramiento de suelos así como en fertilización de cultivos que no se consuman crudos o precocidos.

**HUMEDAL:** el sistema acuático natural o artificial, de agua dulce o salada, de carácter temporal o permanente, generalmente en remanso y de poca profundidad.

**INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN AMBIENTAL:** los documentos técnicos definidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, Acuerdo Gubernativo No. 23-2003 y sus reformas, contenidos en los Acuerdos Gubernativos No. 424-2003 y 704-2003; los cuales permiten realizar una identificación y evaluación sistemática de los impactos ambientales de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad, desde la fase de construcción hasta la fase de abandono.

**LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE:** el valor asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en las etapas correspondientes para aguas residuales y en aguas para reuso y lodos.

**LODOS:** los sólidos con un contenido variable de humedad provenientes del tratamiento de aguas residuales.

**MANTO FREÁTICO:** la capa de roca subterránea, porosa y fisurada que actúa como reservorio de aguas que pueden ser utilizables por gravedad o por bombeo.

**META DE CUMPLIMIENTO:** la determinación numérica de los valores que deben alcanzarse en la descarga de aguas residuales al final de cada etapa de cumplimiento. En el caso de los entes generadores nuevos y de las personas nuevas que descargan al alcantarillado público, al iniciar operaciones.

**MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA:** el régimen de cumplimiento de valores de parámetros en cargas, con parámetro de calidad asociado, en distintas etapas.

**MONITOREO:** el proceso mediante el cual se obtienen, interpretan y evalúan los resultados de una o varias muestras, con una frecuencia de tiempo determinada, para establecer el comportamiento de los valores de los parámetros de efluentes, aguas para reuso y lodos.

**MUESTRA:** la parte representativa, a analizar, de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

**MUESTRAS COMPUESTAS:** dos o más muestras simples que se toman en intervalos determinados de tiempo y que se adicionan para obtener un resultado de las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos.

**MUESTRA SIMPLE:** la muestra tomada en una sola operación que representa las características de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos en el momento de la toma.

**PARÁMETRO:** la variable que identifica una característica de las aguas residuales, aguas para reuso o lodos, asignándole un valor numérico.

**PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO:** el valor de concentración de demanda bioquímica de oxígeno, expresado en miligramos por litro, que determina la condición del efluente y se aplica en el modelo de reducción progresiva de cargas.

**PERSONA QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO:** la persona individual o jurídica, pública o privada, que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público.

**PERSONA EXISTENTE QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO:** la persona que descarga al alcantarillado público establecida previo a la vigencia del presente Reglamento.

**PERSONA NUEVA QUE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO:** la persona que descarga al alcantarillado público establecida posteriormente a la vigencia del presente Reglamento.

**PUNTO DE DESCARGA:** el sitio en el cual el efluente de aguas residuales confluye en un cuerpo receptor o con otro efluente de aguas residuales.

**REUSO:** el aprovechamiento de un efluente, tratado o no.

**SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES:** aquellos que, de acuerdo con el Código Municipal, prestan las municipalidades directamente o los concesionan y que generan aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas.

**SISTEMA DE ALCANTARILLADO PRIVADO:** el conjunto de tuberías y obras accesorias para recolectar y conducir las aguas residuales de tipo especial, originadas por distintas personas individuales o jurídicas privadas, hasta su disposición a una planta de tratamiento de aguas residuales privada.

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:** cualquier proceso físico, químico, biológico o una combinación de los mismos, utilizado para mejorar las características de las aguas residuales.

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTUDIO TÉCNICO**

**Artículo 5. ESTUDIO TÉCNICO.** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público tendrán la obligación de preparar un estudio avalado por técnicos en la materia a efecto de caracterizar efluentes, descargas, aguas para reuso y lodos.

**Artículo 6. CONTENIDO DEL ESTUDIO TÉCNICO.** Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas, indicadas en el artículo 5 del presente Reglamento, para documentar el estudio técnico deberán tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- I. Información general:
  - a) Nombre, razón o denominación social.
  - b) Persona contacto ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
  - c) Descripción de la naturaleza de la actividad de la persona individual o jurídica sujeta al presente Reglamento.
  - d) Horarios de descarga de aguas residuales.
  - e) Descripción del tratamiento de aguas residuales.
  - f) Caracterización del efluente de aguas residuales, incluyendo sólidos sedimentables.
  - g) Caracterización de las aguas para reuso.
  - h) Caracterización de lodos a disponer.
  - i) Caracterización del afluente. Aplica en el caso de la deducción especial de parámetros del artículo 23 del presente Reglamento.
  - j) Identificación del cuerpo receptor hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
  - k) Identificación del alcantarillado hacia el cual se descargan las aguas residuales, si aplica.
  - l) Enumeración de parámetros exentos de medición y su justificación respectiva.
- II. Documentos:
  - a) Plano de localización y ubicación, con coordenadas geográficas, del ente generador o de la persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público.
  - b) Plano de ubicación y localización, con coordenadas geográficas, del o los dispositivos de descarga, para la toma de muestras, tanto del afluente como del efluente. En el caso del afluente cuando aplique.
  - c) Plan de gestión de aguas residuales, aguas para reuso y lodos. Las municipalidades o empresas encargadas de prestar el servicio de tratamiento de aguas residuales, a personas que descargan sus aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, incluirán la siguiente información: el catastro de dichos usuarios y el monitoreo de sus descargas.
  - d) Plan de tratamiento de aguas residuales, si se descargan a un cuerpo receptor o alcantarillado.
  - e) Informes de resultados de las caracterizaciones realizadas.

**Artículo 7. RESGUARDO DEL ESTUDIO TÉCNICO.** La persona individual o jurídica conservará el Estudio Técnico, manteniéndolo a disposición de las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuando se lo requieran por razones de seguimiento y evaluación.

**Artículo 8. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL.** Para los efectos del cumplimiento del artículo 97 del Código de Salud, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales al aprobar un Instrumento de Evaluación Ambiental a los entes generadores nuevos, incluirá en la resolución el dictámen relacionado con la descarga de aguas residuales de conformidad con lo establecido en el presente Reglamento.

Para efectos de verificación y control del cumplimiento de este Reglamento, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá utilizar los Instrumentos contenidos en el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.



**Artículo 9. PLAZO PARA LA EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO Y CUMPLIMIENTO.**

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales deberá evaluar en forma permanente el desempeño ambiental y el cumplimiento de los planes contemplados en el numeral II Documentos, literales c) y d) del artículo 6.

**Artículo 10. VIGENCIA DEL ESTUDIO TÉCNICO.** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas deberá, cada cinco años, actualizar el contenido del estudio técnico estipulado en el presente Reglamento.

**Artículo 11. AMPLIACION DEL ESTUDIO TÉCNICO.** En caso de que las autoridades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales determinen que la información del artículo 6 se puede fortalecer adicionando datos, justificará por escrito su requerimiento.

**Artículo 12. EXENCIÓN DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS.** La exención de medición de parámetros procederá cuando se demuestre a través del Estudio al que se refiere el artículo 5 del presente Reglamento, que por las características del proceso productivo no se generan algunos de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, aplicables a descarga de aguas residuales, reuso de aguas residuales y lodos.

#### CAPÍTULO IV

##### CARACTERIZACIÓN

**Artículo 13. CARACTERIZACIÓN DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE DE AGUAS RESIDUALES.** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas en un cuerpo receptor o al alcantarillado público, deberá realizar la caracterización del afluente, así como del efluente de aguas residuales e incluir los resultados en el estudio técnico.

**Artículo 14. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS PARA REUSO.** La persona individual o jurídica, pública o privada, que genere aguas residuales para reuso o las reuse, deberá realizar la caracterización de las aguas que genere y que desea aprovechar e incluir el resultado en el estudio técnico.

**Artículo 15. CARACTERIZACIÓN DE LODOS.** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar lodos, deberá realizar la caracterización de los mismos e incluir el resultado en el estudio técnico.

#### CAPÍTULO V

##### PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES Y VALORES DE DESCARGA A CUERPOS RECEPTORES

**Artículo 16. PARÁMETROS DE AGUAS RESIDUALES.** Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales son los siguientes:

- a) Temperatura,
- b) Potencial de hidrógeno,
- c) Grasas y aceites,
- d) Materia flotante,
- e) Sólidos suspendidos totales,
- f) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- g) Demanda química de oxígeno,
- h) Nitrógeno total,

- i) Fósforo total,
- j) Arsénico,
- k) Cadmio,
- l) Cianuro total,
- m) Cobre,
- n) Cromo hexavalente,
- o) Mercurio,
- p) Níquel,
- q) Plomo,
- r) Zinc,
- s) Color y
- t) Coliformes fecales.

**Artículo 17. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.** Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un cuerpo receptor, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

<b>Etapa</b>					
<b>Uno</b>					
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once				
Duración, años	5				
Carga, kilogramos por día	3000≤EG<6000	6000≤EG<12000	12000≤EG<25000	25000≤EG<50000	50000≤EG<250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
<b>Etapa</b>					
<b>Dos</b>					
Duración, años	4				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil quince				
Carga, kilogramos por día	3000≤EG<5500	5500≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<50000	50000≤EG<125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
<b>Etapa</b>					
<b>Tres</b>					
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración, años	5				
Carga, kilogramos por día	3000≤EG<5000	5000≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<65000	
Reducción porcentual	50	70	85	90	
<b>Etapa</b>					
<b>Cuatro</b>					
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración, años	4				
Carga, kilogramos por día	3000<EG<4000		4000≤EG<7000		
Reducción porcentual	40		60		

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el Estudio Técnico. Dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno, se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

**Artículo 18. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.** Los entes generadores, en el Estudio Técnico, deberán incluir la determinación de la demanda química de oxígeno, a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

**Artículo 19. META DE CUMPLIMIENTO.** La meta de cumplimiento, al finalizar las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas, se establece en tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno. Los entes generadores existentes que alcancen y mantengan éstos valores habrán cumplido con la meta establecida en este artículo y con el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17 del presente Reglamento.

Los entes generadores existentes que registren cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, pero que registren valores mayores a doscientos miligramos por litro en el parámetro de calidad asociado, procederán a efectuar la reducción del valor de dicho parámetro de conformidad con los porcentajes correspondientes a la primera columna del lado izquierdo correspondiente a los rangos, en el modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 17, del presente Reglamento.

Los entes generadores existentes de aguas residuales de tipo especial y ordinario que después de tratar dichas aguas, y que en cualesquiera de las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas alcancen y mantengan valores en el parámetro de calidad asociado, iguales o menores que cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

**Artículo 20. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS RECEPTORES.** Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores son:

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapas			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	100	50	25	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	600	400	150	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	100	50	25	20
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	30	15	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^6$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

**Artículo 21. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA ENTES GENERADORES NUEVOS.** Los entes generadores nuevos deberán cumplir, desde el inicio de sus operaciones, con una meta de tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno, con un parámetro de calidad asociado igual o menor que doscientos miligramos por litro de demanda bioquímica de oxígeno. En el caso de que el parámetro de calidad asociado sea igual o menor a cien miligramos por litro en la demanda bioquímica de oxígeno, podrán realizar descargas mayores a tres mil kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno.

Adicionalmente, deberán cumplir los límites máximos permisibles de los parámetros siguientes:

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	20
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 <sup>4</sup>
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados Celsius.

Cuando de conformidad con lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente se requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, el ente generador deberá cumplir con los valores de los límites máximos permisibles contenidos en el presente artículo.

El ente generador nuevo que, por razones técnicas debidamente justificadas, requiera de un período de estabilización productiva, definirá en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental la necesidad y etapas de ajuste consecutivas dentro del período de estabilización, el cual no excederá de seis meses, contados a partir del inicio de operaciones del ente generador. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establecerá en la resolución aprobatoria del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, el plazo o plazos consecutivos de las etapas que fueren necesarias para dicho período de estabilización.

**Artículo 22. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES EN ESTEROS.** Cuando el cuerpo receptor sea un estero se aplicarán las siguientes disposiciones:

- a) Los entes generadores existentes deberán observar los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 20 del presente Reglamento. El parámetro de demanda bioquímica de oxígeno aplicable es el siguiente:

Parámetro	Dimensional	Valor inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	500	300	250	150	100

- b) Los entes generadores nuevos deberán aplicar los límites máximos permisibles y la reducción de la última etapa del artículo 20 y del artículo 22 literal a).
- c) Para los entes generadores que descargan aguas residuales de tipo especial a esteros, los valores de las concentraciones de los parámetros establecidos en el presente Reglamento, se determinan de acuerdo a la diferencia entre la concentración del efluente y la del afluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles de los artículos 20 y 22 literal a) del presente Reglamento.
- d) A los entes generadores regulados en el presente artículo no les serán aplicables los artículos 17 y 19, del presente Reglamento.

**Artículo 23. DEDUCCIÓN ESPECIAL DE VALORES EN PARÁMETROS.** A los entes generadores de aguas residuales de tipo especial que registren en sus afluentes valores mayores a los límites máximos permisibles de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos, se aplicará el concepto de deducción especial. Dicha deducción especial consiste en restar el valor de cada parámetro del efluente del valor registrado en el afluente. El resultado que se obtenga se utilizará como base para establecer si el ente generador cumple con los límites máximos permisibles del presente Reglamento.

**Artículo 24. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS A CUERPOS RECEPTORES PARA AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES Y DE URBANIZACIONES NO CONECTADAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.** Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores, de cualesquiera de las formas siguientes:

- a) Con lo preceptuado en los artículos 17, 18, 19 y 20, de conformidad con los plazos establecidos en estos artículos del presente Reglamento.

b) Con los límites máximos permisibles y plazos establecidos en el siguiente cuadro:

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro	Dos de mayo de dos mil veintinueve
			Etapa			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7	TCR +/- 7
Grasas y aceites	Miligramos por litro	100	50	10	10	10
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	700	250	100	100	100
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	300	275	200	100	100
Nitrógeno total	Miligramos por litro	150	150	70	20	20
Fósforo total	Miligramos por litro	50	40	20	10	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	$< 1 \times 10^8$	$< 1 \times 10^7$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$	$< 1 \times 10^4$
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	1	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	3	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.1	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.02	0.02	0.01	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	2	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	0.4	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1000	750	500	500

Todas las municipalidades deberán cumplir con tener en operación, por lo menos con sistemas de tratamiento primario al cumplirse a más tardar el dos de mayo del dos mil quince.

Las municipalidades que reciban descargas de aguas residuales de tipo especial en el alcantarillado público, que contengan compuestos que no puedan ser tratados en un sistema de tratamiento primario, no estarán sujetas a los límites máximos permisibles de demanda bioquímica de oxígeno, sólidos suspendidos, nitrógeno total y fósforo total en la etapa uno del cuadro anterior, del presente artículo, lo cual deberá ser acreditado en el Estudio Técnico.

La anterior disposición no exime a las municipalidades de cumplir con límites máximos permisibles de los parámetros del párrafo anterior en las etapas subsiguientes.

## CAPÍTULO VI

### PARÁMETROS PARA AGUAS RESIDUALES Y VALORES DE DESCARGA AL ALCANTARILLADO PÚBLICO

**Artículo 25. PARÁMETROS.** Los parámetros de medición para determinar las características de las aguas residuales vertidas al alcantarillado público son los siguientes:

- Temperatura,
- Potencial de hidrógeno,
- Grasas y aceites,
- Materia flotante,

- e) Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días a veinte grados Celsius,
- f) Demanda química de oxígeno,
- g) Sólidos suspendidos totales,
- h) Nitrógeno total,
- i) Fósforo total,
- j) Arsénico,
- k) Cadmio,
- l) Cianuro total,
- m) Cobre,
- n) Cromo hexavalente,
- o) Mercurio,
- p) Níquel,
- q) Plomo,
- r) Zinc,
- s) Color y
- t) Coliformes fecales.

**Artículo 26. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO PARA DESCARGAS AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.** Las personas existentes que descargan al alcantarillado público deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno, conforme a los valores y las etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

<b>Etapa</b>					
<b>Uno</b>					
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil once				
Duración, años	5				
Carga, kilogramos por día	3000≤EG<6000	6000≤EG<12000	12000≤EG<25000	25000≤EG<50000	50000≤EG<250000
Reducción porcentual	10	20	30	35	50
<b>Etapa</b>					
<b>Dos</b>					
Duración, años	4				
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil quince				
Carga, kilogramos por día	3000≤EG<5500	5500≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<50000	50000≤EG<125000
Reducción porcentual	10	20	40	45	50
<b>Etapa</b>					
<b>Tres</b>					
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinte				
Duración, años	5				
Carga, kilogramos por día	3000≤EG<5000	5000≤EG<10000	10000≤EG<30000	30000≤EG<65000	
Reducción porcentual	50	70	85	90	
<b>Etapa</b>					
<b>Cuatro</b>					
Fecha máxima de cumplimiento	Dos de mayo de dos mil veinticuatro				
Duración, años	4				
Carga, kilogramos por día	3000<EG<4000		4000≤EG<7000		
Reducción porcentual	40		60		

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público y que registren cargas menores o iguales a tres mil kilogramos por día, deben continuar con la reducción de la carga, hasta alcanzar el parámetro de valor asociado de cada etapa.

Para efectos de la aplicación del presente modelo, el valor inicial de descarga estará determinado en el Estudio Técnico; dicho valor inicial, se refiere a la carga expresada en kilogramos por día de demanda bioquímica de oxígeno. Para los porcentajes de reducción de la etapa uno se utilizará el valor inicial de descarga del Estudio Técnico y para cada una de las etapas siguientes, la carga inicial será el resultado obtenido de la reducción porcentual de la etapa anterior.

**Artículo 27. PARÁMETRO DE CALIDAD ASOCIADO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO.** Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deben cumplir con las etapas del modelo de reducción progresiva de cargas del artículo 26 y con los valores del parámetro de calidad asociado de demanda bioquímica de oxígeno, que se presentan en el siguiente cuadro:

Parámetro	Dimensional	Valor inicial	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapas			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	3500	1500	750	450	200

**Artículo 28. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.** Para la descarga de las aguas residuales de tipo especial hacia un alcantarillado público, se deberá cumplir con los límites máximos permisibles de conformidad con las etapas de cumplimiento correspondientes establecidos en el cuadro siguiente:

Parámetros	Dimensionales	Valores iniciales	Fecha máxima de cumplimiento			
			Dos de mayo de dos mil once	Dos de mayo de dos mil quince	Dos de mayo de dos mil veinte	Dos de mayo de dos mil veinticuatro
			Etapas			
			Uno	Dos	Tres	Cuatro
Temperatura	Grados Celsius	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	1500	200	100	60	60
Materia flotante	Ausencia/presencia	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	3500	1500	700	400	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	1400	180	150	80	40
Fósforo total	Miligramos por litro	700	75	40	20	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 <sup>6</sup>	< 1x10 <sup>5</sup>	< 1x10 <sup>5</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>	< 1x10 <sup>4</sup>
Arsénico	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	1	0.4	0.1	0.1	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	6	3	1	1	1
Cobre	Miligramos por litro	4	4	3	3	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	1	0.5	0.1	0.1	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.1	0.1	0.02	0.02	0.01
Níquel	Miligramos por litro	6	4	2	2	2
Plomo	Miligramos por litro	4	1	0.4	0.4	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10	10	10	10	10
Color	Unidades platino cobalto	1500	1300	1000	750	500



Las personas que empleen colorantes no biodegradables en sus procesos productivos y que descarguen aguas residuales al alcantarillado público, deberán indicar en el estudio técnico los tratamientos utilizados para cumplir con los límites máximos permisibles de color en las etapas correspondientes, con el propósito de evitar su incorporación al cuerpo receptor.

**Artículo 29. DETERMINACIÓN DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.**

Las personas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, deberán incluir en el Estudio Técnico a que se hace referencia en el artículo 5 del presente Reglamento, la determinación de la demanda química de oxígeno a efecto de establecer su relación con la demanda bioquímica de oxígeno, mediante la siguiente fórmula: demanda química de oxígeno dividido entre la demanda bioquímica de oxígeno.

**Artículo 30. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA PERSONAS NUEVAS QUE DESCARGUEN AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.**

Cuando de conformidad con lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, a las personas nuevas que descarguen aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, se les requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, deberán cumplir con los valores de los límites máximos permisibles contenidos en el siguiente cuadro:

Parámetros	Dimensionales	Límites máximos permisibles
Temperatura	Grados Celsius	< 40
Grasas y aceites	Miligramos por litro	60
Materia flotante	Ausencia/presencia	Ausente
Demanda bioquímica de oxígeno	Miligramos por litro	200
Sólidos suspendidos	Miligramos por litro	200
Nitrógeno total	Miligramos por litro	40
Fósforo total	Miligramos por litro	10
Potencial de hidrógeno	Unidades de potencial de hidrógeno	6 a 9
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	< 1x10 <sup>4</sup>
Arsénico	Miligramos por litro	0.1
Cadmio	Miligramos por litro	0.1
Cianuro total	Miligramos por litro	1
Cobre	Miligramos por litro	3
Cromo hexavalente	Miligramos por litro	0.1
Mercurio	Miligramos por litro	0.01
Níquel	Miligramos por litro	2
Plomo	Miligramos por litro	0.4
Zinc	Miligramos por litro	10
Color	Unidades platino cobalto	500

La persona que, por razones técnicas debidamente justificadas, requiera de un período de estabilización productiva, definirá en el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental la necesidad y etapas de ajuste consecutivas dentro del período de estabilización, el cual no excederá de seis meses, contados a partir del inicio de operaciones del ente generador. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, establecerá en la resolución aprobatoria del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental correspondiente, el plazo o plazos consecutivos de las etapas que fueren necesarias para dicho período de estabilización.

**Artículo 31. OPCIONES DE CUMPLIMIENTO DE PARÁMETROS PARA LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES DE TIPO ESPECIAL AL ALCANTARILLADO PÚBLICO.** Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que se encuentren autorizadas por la municipalidad para descargar aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, podrán cumplir los límites máximos permisibles de cualesquiera de las formas siguientes:

- a) Estableciendo sistemas de tratamiento propios.
- b) Pagando a la municipalidad o a las empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público, una tasa correspondiente al servicio que se preste, siempre y cuando dichas municipalidades cuenten con sistema de tratamiento para aguas residuales en operación.

Se exceptúan de la opción de cumplimiento contenida en el inciso b) del presente artículo, las personas que descarguen aguas residuales con metales pesados cuyos límites máximos permisibles excedan de los valores establecidos en los artículos 28 y 30.

**Artículo 32. EXENCIÓN DE PAGO POR SERVICIOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.** Las personas que descarguen sus aguas residuales al alcantarillado público, cumpliendo con los límites máximos permisibles de la literal b) del artículo 24 del presente Reglamento, estarán exentas de todo pago por los servicios de tratamiento de aguas residuales brindado por las Municipalidades o las concesionarias.

**Artículo 33. CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE TARIFAS DE SERVICIO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.** De acuerdo con lo establecido en el artículo 3 del Código Municipal, y para efectos de este Reglamento, las municipalidades coordinarán con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales la determinación de los criterios técnicos que servirán de base para establecer las tarifas del servicio de tratamiento de aguas residuales, para lo cual se tomará en cuenta como mínimo lo siguiente:

- a) Los costos de operación, mantenimiento, mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.
- b) Los límites máximos permisibles establecidos en este Reglamento.
- c) Los estudios técnicos cuyos valores y caracterización sean conocidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el que deba realizar la Municipalidad jurisdiccional.
- d) La tarifa será diferenciada atendiendo a las características de cada descarga.

Las Municipalidades establecerán las tarifas o tasas respectivas de conformidad con el propio Código Municipal.

## **CAPÍTULO VII**

### **PARÁMETROS DE AGUAS PARA REUSO**

**Artículo 34. AUTORIZACIÓN DE REUSO.** El presente Reglamento autoriza los siguientes tipos de reuso de aguas residuales, que cumplan con los límites máximos permisibles que a cada uso correspondan.

**TIPO I: REUSO PARA RIEGO AGRÍCOLA EN GENERAL:** uso de un efluente que debido a los nutrientes que posee se puede utilizar en el riego extensivo e intensivo, a manera de fertirriego, para recuperación y mejoramiento de suelos y como fertilizante en plantaciones de cultivos que, previamente a su consumo, requieren de un proceso industrial, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35. Se exceptúa de este reuso los cultivos considerados en el tipo II.

**TIPO II: REUSO PARA CULTIVOS COMESTIBLES:** con restricciones en el riego de áreas con cultivos comestibles que se consumen crudos o precocidos, como hortalizas y frutas. Para el caso de coliformes fecales y demanda bioquímica de oxígeno, deberá cumplirse de conformidad con los límites máximos permisibles del artículo 35. Adicionalmente, para otros parámetros, deberán cumplir los límites máximos permisibles presentados en el cuadro del artículo 21 del presente Reglamento, a excepción de sólidos en suspensión, nitrógeno total y fósforo total.

**TIPO III: REUSO PARA ACUACULTURA:** uso de un efluente para la piscicultura y camaronicultura, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

**TIPO IV: REUSO PARA PASTOS Y OTROS CULTIVOS:** con restricciones en el riego de áreas de cultivos no alimenticios para el ser humano como pastos, forrajes, fibras, semillas y otros, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

**TIPO V: REUSO RECREATIVO:** con restricciones en el aprovechamiento para fines recreativos en estanques artificiales donde el ser humano sólo puede tener contacto incidental, incluido el riego en áreas verdes, donde el público tenga contacto o no, de conformidad con los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 35.

Cualquier otro reuso no contemplado en el presente artículo deberá ser autorizado previamente por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

**Artículo 35. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA REUSO.** El agua residual para reuso deberá cumplir con los límites máximos permisibles del siguiente cuadro:

Tipo de reuso	Demanda bioquímica de oxígeno, miligramos por litro	Coliformes fecales, número más probable por cien mililitros
Tipo I	No aplica	No aplica
Tipo II	No aplica	$< 2 \times 10^2$
Tipo III	200	No aplica
Tipo IV	No aplica	$< 1 \times 10^3$
Tipo V	200	$< 1 \times 10^3$

**Artículo 36. METALES PESADOS Y CIANUROS.** Los límites máximos permisibles de metales pesados y cianuros en las aguas para reuso son los presentados en el cuadro del artículo 21 del presente Reglamento.

**Artículo 37. RECIRCULACIÓN INTERNA DE AGUA.** Todo ente generador podrá recircular las aguas residuales antes de que las mismas se viertan al cuerpo receptor. Dicha recirculación no se considerará como reuso ni estará sujeta a las disposiciones del presente Reglamento.

## CAPÍTULO VIII

### PARÁMETROS PARA LODOS

**Artículo 38. OBLIGATORIEDAD.** Todos los lodos producidos como consecuencia del tratamiento de aguas residuales que representen un riesgo para el ambiente y la salud y seguridad humana deben cumplir los límites máximos permisibles para su disposición final del presente Reglamento.

**Artículo 39. APLICACIÓN.** Los lodos que se regulan en el presente Reglamento son aquéllos generados por el tratamiento de aguas residuales de tipo ordinario o especial.

**Artículo 40. TECNOLOGÍA Y SISTEMAS PARA EL TRATAMIENTO DE LODOS.**

Se permite el tratamiento de los lodos por medio de la tecnología o los sistemas que el ente generador considere más adecuados a sus condiciones particulares, incluyendo la incineración a temperaturas mayores de mil quinientos grados Celsius.

**Artículo 41. DISPOSICIÓN FINAL.** Se permite efectuar la disposición final de lodos, por cualesquiera de las siguientes formas:

- a) Aplicación al suelo: acondicionador, abono o compost;
- b) Disposición en rellenos sanitarios;
- c) Confinamiento o aislamiento; y,
- d) Combinación de las antes mencionadas.

**Artículo 42. PARÁMETROS Y LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LODOS.**

Para poder efectuar la disposición final de lodos de acuerdo a las formas descritas en el artículo 41 del presente Reglamento, los valores de sus propiedades fisicoquímicas no deben exceder los límites máximos permisibles descritos en el siguiente cuadro:

Disposición Final	Dimensionales	Aplicación al suelo	Disposición en rellenos sanitarios	Confinamiento o aislamiento
Arsénico	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cadmio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	50	100	> 100
Cromo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	1500	3000	> 3000
Mercurio	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	25	50	> 50
Plomo	Miligramos por kilogramo de materia seca a ciento cuatro grados Celsius	500	1000	> 1000

Los expresados en el cuadro anterior son los límites máximos permisibles para suelos con potencial de hidrógeno menor que siete unidades. En los suelos que posean potencial de hidrógeno mayor o igual que siete unidades se podrán disponer lodos hasta un cincuenta por ciento más de los valores presentados como límites máximos permisibles.

**Artículo 43. APLICACIÓN AL SUELO.** Los lodos que presenten metales pesados y que se ajusten a los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 42, podrán disponerse como acondicionador del suelo, en cuyo caso se permitirá disponer hasta doscientos mil kilogramos por hectárea por año. En caso de que la aplicación sea como abono se permitirá disponer hasta cien mil kilogramos por hectárea por año.

**Artículo 44. DISPOSICIÓN HACIA RELLENOS SANITARIOS.** Se permitirá la disposición en un relleno sanitario de los lodos que no sean bioinfecciosos, que no requieran confinamiento y que cumplan con los límites máximos permisibles del artículo 42 del presente Reglamento.

Los rellenos sanitarios deberán contar con autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y con aval del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

**Artículo 45. CONFINAMIENTO O AISLAMIENTO.** Los lodos que en su estructura posean compuestos que requieran confinamiento o aislamiento para evitar el impacto adverso del manto freático, las fuentes de suministro de agua superficiales y subterráneas, el suelo, subsuelo y el aire, deben disponerse en recintos que posean autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el aval de los Ministerios de Salud Pública y Asistencia Social y de Energía y Minas.

**Artículo 46. COMERCIALIZACIÓN.** La comercialización de los lodos producidos es libre, siempre que los mismos se caractericen y se cumpla con los tratados y convenios internacionales que rijan en la materia ratificados por Guatemala y con lo siguiente:

- a) No debe permitirse el contacto humano directo con los lodos.
- b) Los lodos deben cumplir las especificaciones descritas en el artículo 42.
- c) El transporte de lodos debe realizarse en recipientes y vehículos acondicionados para evitar fugas y derrames.
- d) Los recintos para su almacenamiento transitorio deben ser autorizados para el efecto por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- e) Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final deben contar con la autorización del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, y si es aplicable del Ministerio de Energía y Minas.

**Artículo 47. CONTRATACIÓN DE SERVICIOS.** Las empresas que presten los servicios de extracción, manejo o disposición final de lodos deberán cumplir lo dispuesto en los artículos 41, 42, 43, 44, 45 y 46 del presente Reglamento. En el caso de la contratación de cualquiera de los servicios establecidos en este artículo, el ente generador queda exento de responsabilidad.

**Artículo 48. VIGILANCIA DE CUMPLIMIENTO.** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales coordinará a través de sus dependencias la realización, a su costa, de muestreos aleatorios de los lotes de lodos que sean dispuestos, a efecto de verificar el cumplimiento de los parámetros del artículo 42 del presente Reglamento, cuando sea aplicable.

## CAPÍTULO IX

### SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

**Artículo 49. DE LA FRECUENCIA DE TOMA DE MUESTRAS.** Para el seguimiento y evaluación de aguas residuales y de aguas para reuso, los entes generadores deberán tomar a su costa, como mínimo, dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico.

Para el seguimiento y evaluación de lodos, los entes generadores deberán tomar a su costa, como mínimo, dos muestras al año y efectuar los análisis que correspondan de conformidad con los parámetros contenidos en el estudio técnico. En el caso de las entidades contratadas para prestar los servicios de extracción, manejo y disposición final de lodos, éstas tendrán que realizar su toma de muestras de acuerdo al siguiente cuadro:

Peso promedio de lodos producidos	Periodicidad
Entre 0 y 1500 kilogramos diarios	Trimestral
Entre 1501 y 3000 kilogramos diarios	Bimensual
Más de 3000 kilogramos diarios	Mensual

Los entes generadores deberán llevar un registro de los resultados de estos análisis y conservarlos durante un plazo de cinco años posteriores a su realización, para su presentación al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuando le sea requerido por razones de seguimiento y evaluación.

El número de muestras simples requeridas para conformar una muestra, se indica en el cuadro siguiente:

<b>Número de muestras simples para conformar una muestra compuesta e intervalos por muestreo</b>		
<b>Horas por día que opera la actividad que genera la descarga de aguas residuales</b>	<b>Número mínimo de muestras simples para conformar una muestra compuesta</b>	<b>Intervalo mínimo en horas entre toma de muestras simples</b>
Menor que 8	2	2
De 8 a 12	3	3
Mayor que 12	4	3

**Artículo 50. MEDICIÓN DE CAUDAL.** En la toma de cada muestra simple se hará una medición de caudal, para poder relacionarla con la concentración y así determinar la carga.

**Artículo 51. VIGILANCIA DE CUMPLIMIENTO.** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales vigilará que se cumplan con todos los requisitos y procedimientos, establecidos en el presente Reglamento para los entes generadores y para las personas que descargan aguas residuales al alcantarillado público. Asimismo, coordinará a través de sus dependencias competentes, la realización de muestreos aleatorios en los cuerpos receptores y en los dispositivos para toma de muestras, para evaluar el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico y el cumplimiento del presente Reglamento.

**Artículo 52. CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS PARA TOMA DE MUESTRAS.** Los entes generadores deberán contar, en todos los puntos de descarga, con un dispositivo para facilitar la toma de muestras y la medición de caudales; dichos dispositivos deberán estar ubicados en lugares accesibles para la inspección. En el caso de los entes generadores a los cuales se aplique el artículo 22 y 23 contarán con el dispositivo para la toma de muestras del afluente.

**Artículo 53. LUGARES EXCLUSIVOS PARA TOMA DE MUESTRAS.** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y otras entidades de gobierno, incluidas las descentralizadas y autónomas, de acuerdo con las competencias asignadas por la Ley, a través de sus dependencias respectivas, coordinarán las acciones para la toma de muestras, exclusivamente en lugares donde se encuentran ubicados los dispositivos de descarga mencionados en el artículo 52.

**Artículo 54. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO.** Para los efectos de lo previsto en el presente Reglamento, los laboratorios estatales, universitarios, privados legalmente constituidos, o los laboratorios establecidos por los entes generadores, emplearán los métodos de análisis y muestreo establecidos por la Comisión Guatemalteca de Normas; o en su defecto por entidades como:

- a) Asociación Americana de Salud Pública, Asociación Americana de Obras de Agua y Federación de Ambientes Acuáticos en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales;
- b) Organizaciones técnicas reconocidas en el ámbito nacional e internacional, y
- c) Especificaciones del fabricante de los equipos que se utilicen.

Los informes de los resultados de los análisis de laboratorio, deberán ser firmados por profesional colegiado activo especializado en la materia.

## CAPÍTULO X

### PROHIBICIONES Y SANCIONES

**Artículo 55. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.** Se prohíbe terminantemente la disposición de aguas residuales de tipo ordinario a flor de tierra, en canales abiertos y en alcantarillado pluvial.

**Artículo 56. PROHIBICIÓN DE DESCARGA DIRECTA.** Se prohíbe descargar directamente aguas residuales no tratadas al manto freático.

**Artículo 57. PROHIBICIÓN DE DILUIR.** Se prohíbe el uso de cualquier tipo de aguas ajenas al ente generador, con el propósito de diluir las aguas residuales. Ninguna meta contemplada en el presente Reglamento se puede alcanzar diluyendo.

**Artículo 58. PROHIBICIÓN DE REUSOS.** Se prohíbe el reuso de aguas residuales en los siguientes casos:

- a) En las zonas núcleo de las áreas protegidas siguientes: parque nacional, reserva biológica, biotopo protegido, monumento natural, área recreativa natural, manantial y refugio de vida silvestre;
- b) En las zonas núcleo de los sitios Ramsar, declarados en el marco de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas;
- c) En otras áreas donde se ponga en riesgo la biodiversidad y la salud y seguridad humana;
- d) Para el uso con fines recreacionales exceptuando el tipo V, indicado en el artículo 34.

**Artículo 59. PROHIBICIÓN DE DISPOSICIÓN DE LODOS.** Se prohíbe terminantemente efectuar la disposición final de lodos en alcantarillados o cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Además, se prohíbe la disposición de lodos como abono para cultivos comestibles que se pueden consumir crudos o precocidos, hortalizas y frutas, sin haber efectuado su estabilización y desinfección respectiva ni haber determinado la ausencia de metales pesados y que no excedan las dos mil unidades formadoras de colonia por kilogramo de coliformes fecales.

**Artículo 60. APLICACIÓN DE SANCIONES.** Las infracciones a este Reglamento darán lugar a la aplicación de cualesquiera de las sanciones establecidas en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, según el grado de incumplimiento de límites máximos permisibles observando:

- a) La mayor o menor gravedad del impacto ambiental, según el tipo de incumplimiento de que se trate,
- b) La trascendencia del perjuicio a la población,
- c) Las condiciones en que se produce, y
- d) La reincidencia del infractor.

La omisión del cumplimiento de alguno de los requerimientos establecidos en el artículo 6 del presente reglamento, dará lugar a que el Ministerio de Ambiente y de Recursos Naturales, de conformidad con lo estipulado en el artículo 29, 31 y 34 de la Ley de la Protección y Mejoramiento de Medio Ambiente, inicie el proceso administrativo correspondiente.

## CAPÍTULO XI

### DISPOSICIONES GENERALES

**Artículo 61. EXCEPCIÓN DE LA PREPARACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO.** Se exceptúan de la preparación del estudio técnico contemplado en el artículo 5 como ente generador toda vivienda unifamiliar y aquellas edificaciones, públicas y privadas, que generen solamente aguas residuales de tipo ordinario y que cuenten con acometida autorizada hacia el alcantarillado público o de entes administradores de servicios de tratamiento de aguas residuales.

Esta excepción no aplica para las municipalidades ni las empresas que tienen concesionados los servicios de recolección, transporte, manejo o disposición de aguas residuales; ni las plantas de tratamiento de urbanizaciones que no estén conectadas a una acometida municipal; porque de conformidad con lo estipulado en el artículo 5 del presente Reglamento, son generadores de aguas residuales.

**Artículo 62. LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE DE FÓSFORO.** Quienes efectúen descargas hacia cuencas de lagos, lagunas o embalses naturales, tendrán obligación de cumplir con cinco miligramos por litro de fósforo total al finalizar la cuarta etapa. Asimismo, en el caso de los entes generadores nuevos deberán cumplir con cinco miligramos por litro de fósforo total al inicio de sus operaciones.

**Artículo 63. INCUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES Y SUS ETAPAS CORRESPONDIENTES.** Se entenderá que hay contaminación, para todos los efectos legales, cuando los entes generadores existentes y las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público, incumplan con los límites máximos permisibles establecidos en las etapas correspondientes del artículo 17 y, también, cuando incumplan con las consideraciones de los artículos 19, 20, 22, 26, 27 y 28.

Se entenderá que existe contaminación, para todos los efectos legales, cuando los entes generadores nuevos y las personas nuevas que descargan aguas residuales al alcantarillado público, incumplan con los límites máximos permisibles en las etapas de cumplimiento correspondientes y las consideraciones contempladas en los artículos 17, 19, 20, 22, 26, 27 y 28, siempre y cuando los valores de sus descargas excedan los límites máximos permisibles que en el momento tengan autorizados los entes generadores existentes.

El incumplimiento de los límites máximos permisibles por parte de los entes generadores nuevos y las personas nuevas que descargan aguas residuales al alcantarillado público, de conformidad con los artículos 21 y 22, y 30, respectivamente, con valores que no excedan los límites máximos permisibles autorizados para los entes generadores existentes, conforme a los artículos 17, 19, 20 y 22 y las personas existentes que descargan aguas residuales al alcantarillado público, conforme a los artículos 26, 27 y 28, en las etapas de cumplimiento uno, dos y tres, dará lugar a la aplicación de las sanciones administrativas que contempla la ley.

Para todos los efectos legales, el período de estabilización otorgado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales a un ente generador nuevo o a una persona nueva que descarga aguas residuales al alcantarillado público, se considerará como una situación de caso fortuito o desastres naturales, y en consecuencia cualquier incumplimiento dentro de dicho período estará excluido de responsabilidad penal o administrativa.



**Artículo 64. REVISIÓN DEL REGLAMENTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES.** La revisión del presente Reglamento deberá hacerse cada cuatro años, respetando el principio de gradualidad en las etapas de cumplimiento y considerando el grado de cumplimiento de los entes generadores y de las personas que descargan al alcantarillado público.

**Artículo 65. CUMPLIMIENTO DE LAS MUNICIPALIDADES.** Las Municipalidades que opten por cumplir lo preceptuado en el literal b) del artículo 24 de este Reglamento, iniciarán el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la etapa uno para entes generadores existentes, el dos de mayo de dos mil once. A partir de dicha fecha, aplicarán las reducciones en los plazos y etapas establecidos, hasta el final de los dieciocho años.

Esta disposición no exime a las Municipalidades del cumplimiento de los demás aspectos que contempla el presente Reglamento.

**Artículo 66. CUMPLIMIENTO DE PERSONAS PRIVADAS QUE DESCARGAN A SISTEMAS DE TRATAMIENTO PRIVADOS.** Las personas individuales o jurídicas privadas que descargan aguas residuales de tipo especial a un sistema de alcantarillado privado para conducir dichas aguas a la planta de tratamiento de aguas residuales privada en operación no se consideran entes generadores de aguas residuales o personas que descargan aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público, porque para los efectos de aplicación del presente Reglamento, la persona individual o jurídica responsable de administrar la planta de tratamiento será considerada el ente generador o la persona que descarga aguas residuales de tipo especial al alcantarillado público para todos los efectos del presente Reglamento. El único punto de referencia para el control de la descarga en estos casos es el efluente de la planta de tratamiento.

**Artículo 67. CASOS NO PREVISTOS.** Todos aquellos casos que no hayan sido previstos en el presente Reglamento, deberán ser resueltos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de conformidad con los principios de la Ley del Organismo Judicial.

**Artículo 68. EPÍGRAFES.** Los epígrafes que preceden a los artículos del presente Reglamento, no tienen validez interpretativa y no pueden ser citados con respecto al contenido y alcances de esta norma.

## **CAPÍTULO XII**

### **DISPOSICIONES TRANSITORIAS**

**Artículo 69. PLAZO PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO.** La persona individual o jurídica, pública o privada, responsable de generar o administrar aguas residuales de tipo especial, ordinario o mezcla de ambas, que vierten éstas o no a un cuerpo receptor o al alcantarillado público deberá realizar el estudio técnico estipulado en el presente Reglamento, en el plazo de un año, contado a partir de la vigencia del mismo.

**Artículo 70. EXPEDIENTES EN TRÁMITE.** Las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que vierten las aguas residuales a cuerpos receptores cuya solicitud de aprobación de instrumentos de evaluación ambiental se encuentre en trámite antes de la vigencia del presente Reglamento, se considerarán entes generadores existentes para todos los efectos de su aplicación, de acuerdo a los artículos 17, 18, 19, 20 y 22.

Asimismo a las personas individuales o jurídicas, públicas o privadas que viertan sus descargas al alcantarillado público y cuya solicitud de aprobación de instrumentos de evaluación ambiental se encuentre en trámite antes de la vigencia del presente Reglamento, les será aplicable lo preceptuado en los artículos 26, 27, 28 y 29 del mismo.

**Artículo 71. LÍMITES APROBADOS EN ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.** Cuando en la resolución del Estudio de Evaluación Impacto Ambiental, se hayan aprobado límites con valores menores que los contenidos en el presente Reglamento, dichos límites continuarán siendo aplicables a ese ente generador existente. En caso de que los valores de los límites aprobados en la resolución del Estudio de Evaluación Impacto Ambiental sean mayores a los establecidos en los artículos 17, 19, 20, 22, 26, 27 y 28, ese ente generador o persona que descarga aguas residuales al alcantarillado público, deberá cumplir con lo dispuesto en las etapas y las fechas máximas de cumplimiento que corresponda a los artículos mencionados.

**Artículo 72. MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.** Los resultados que se obtengan en los Estudios Técnicos, servirán de base para elaborar, en un plazo no mayor de dieciocho meses a partir de la vigencia del presente Reglamento, el modelo de reducción progresiva de cargas correspondiente a la demanda química de oxígeno.

**Artículo 73. OTROS PARÁMETROS.** Otros parámetros que en el futuro se identifiquen como competencia de este Reglamento serán agregados al presente cuerpo normativo al determinarse los mismos.

**Artículo 74. MANUALES.** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, queda facultado para que, en el plazo de un año a partir de la vigencia del presente Reglamento, elabore el manual general que contenga, entre otros temas, los siguientes:

- a) Toma de muestras de aguas residuales, aguas para reuso y lodos.
- b) Cálculo de cargas.
- c) Aplicación del modelo de reducción progresiva de cargas.
- d) Deducción especial de valores en parámetros.

**Artículo 75. DEROGATORIA.** Se deroga el Acuerdo Gubernativo número 66-2005, de la Presidencia de la República, de fecha diecisiete de febrero de dos mil cinco, que contiene el Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores y cualquier otra disposición que se oponga al presente Reglamento.

**Artículo 76. VIGENCIA.** El presente Acuerdo Gubernativo empezará a regir al día siguiente después de su publicación en el Diario de Centro América.

**COMUNÍQUESE.**

**OSCAR BERGER PERDOMO**

**JUAN MARIO DARY FUENTES**

**JORGE RAÚL ARROYAVE REYES**

**Anexo 4. Carta de cooperativa nuevo sendero indicando el motivo de no llegar a 1000 quintales de café maduro procesado por día.**





Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito  
"NUEVO SENDERO" R. L.  
Aldea Chapas, Nueva Santa Rosa, Santa Rosa, Guatemala.  
Tel. 54173203 - 53886823  
e-mail. cnsendero@gmail.com

Guatemala, 30-de agosto del 2,010

A quien interese:

Por este medio, el Gerente General de la Cooperativa Integral de Ahorro y Crédito Nuevo Sendero, R. L., ubicada en Aldea Chapas, Municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa, informa que durante el período de cosecha de café 2,009-2,010, se alcanzó a un máximo de proceso diario de 943.87 quintales de café maduro, en la fecha 18 de 01 de 2,010.

Aunque se esperaba que sobrepasara los 1,000 quintales de café procesado en un solo día como en cosechas anteriores, diversos factores como la bianualidad de nuestro cultivo, competencia desleal de intermediarios y fenómenos ajenos a nuestra voluntad, impidieron que esto se diera.

Esperando que esta información le sea útil, me suscribo atentamente.

  
Carlos Enrique Solares Del Cid

Gerente General

Cooperativa Nuevo Sendero R. L.



