



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE QUÍMICA

**“MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN
LA EXTRACTORA “ATAHUALPA” EXTRACATA S.A”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para otorgar el grado académico de:

QUÍMICO

AUTOR: JEFFERSON GEOVANNY NAVARRO ALCÍVAR

DIRECTOR: Ing. LUIS SANTIAGO CARRERA ALMENDARIZ MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Jefferson Geovanny Navarro Alcívar

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jefferson Geovanny Navarro Alcívar declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos del documento provienen de otras fuentes y se encuentran debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académico de los contenidos de este trabajo de integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 26 de Agosto del 2021



Jefferson Geovanny Navarro Alcívar
230037941-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación: **MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN LA EXTRACTORA “ATAHUALPA” EXTRACATA S.A.**, realizado por el señor: **JEFFERSON GEOVANNY NAVARRO ALCÍVAR**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dra. Yolanda Dolores Díaz Heredia MSc.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

26-08-2021

Ing. Luis Santiago Carrera Almendáriz MSc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**

26-08-2021

Dr. Carlos Pilamunga Capus PhD.

MIEMBRO DE TRIBUNAL

26-08-2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado especialmente a mi abuelita Laura María Hernández Godoy y Laura Magdalena Olmedo Ferrín, que desde el cielo sé que me están viendo y se sienten muy felices y orgullosas de este logro.

Jefferson

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado lo más hermoso que un hijo de Dios puede recibir que es la SALUD y las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mi Mamá Carmita Alcívar por darme la vida, por su apoyo incondicional y por siempre estar a mi lado pendiente de mí durante toda mi carrera profesional.

A mi Papá Carlos Navarro que siempre estuvo allí trabajando duro, por mi mamá, por mi hermana y por mi persona para que nunca nos falte nada.

A mi Padrino Mauro Navarro por siempre apoyarme en los momentos más difíciles, salvando el día aportando con un granito de arena durante mi formación académica.

Al Ingeniero Luis Santiago Carrera Almendariz por ayudarme con ideas acertadas para la formulación de mi tema de tesis, por todas sus recomendaciones y aportes para el desarrollo de esta investigación.

A todos mis profesores de la Facultad de Ciencias de la Carrera de Química por compartir sus conocimientos.

A la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., por abrirme las puertas para la realización de mis prácticas preprofesionales y ejecución de mi tema de tesis.

Demás familiares, compañeros, amigos. Gracias a todos.

Jefferson

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO DE REFERENCIA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Marco Teórico	5
1.2.1. <i>Proceso de extracción de aceite de palma</i>	5
1.2.1.1. <i>Cosecha</i>	5
1.2.1.2. <i>Recepción del fruto</i>	5
1.2.1.3. <i>Esterilización</i>	6
1.2.1.4. <i>Proceso de desfrutación</i>.....	6
1.2.1.5. <i>La digestión</i>	7
1.2.1.6. <i>La extracción o prensado</i>.....	7
1.2.1.7. <i>Clarificación</i>.....	8
1.2.1.8. <i>Desfibrado</i>	8
1.2.1.9. <i>Almacenamiento</i>.....	9
1.2.2. <i>Parámetros de control en el proceso de extracción de aceite de palma</i>	9
1.2.2.1. <i>Parámetros de control en la recepción de racimos de fruta fresca</i>	9
1.2.2.2. <i>Parámetros de control en la esterilización</i>.....	9
1.2.2.3. <i>Parámetros de control en el desfrutamiento</i>	10
1.2.2.4. <i>Parámetros de control en la digestión</i>	10
1.2.2.5. <i>Parámetros de control en el prensado</i>	10
1.2.2.6. <i>Parámetros de control en la clarificación</i>.....	10
1.2.2.7. <i>Parámetros de control en el almacenamiento</i>.....	11
1.2.3. <i>Factores de campo que afectan la calidad y cantidad de aceite a extraer</i> ..	11
1.2.3.1. <i>Grado de maduración de racimos cosechados</i>.....	11
1.2.3.2. <i>Impurezas en el fruto</i>.....	11

1.2.3.3.	<i>Tiempo entre cosecha y entrega a la planta</i>	11
1.2.3.4.	<i>Manipuleo y golpes</i>	12
1.2.3.5.	<i>Tipo de material y edad de las palmas</i>	12
1.2.4.	<i>Influencia de las etapas del proceso para la extracción del aceite</i>	12
1.2.4.1.	<i>Esterilización</i>	12
1.2.4.2.	<i>Desfrutamiento</i>	12
1.2.4.3.	<i>Digestión</i>	13
1.2.4.4.	<i>Prensado</i>	13
1.2.4.5.	<i>Clarificación y recuperación de aceite en lodos</i>	13
1.2.5.	<i>Balance de masas o flujo másico de los efluentes en plantas extractoras</i> .	13
1.2.5.1.	<i>Pérdida de aceite en raquis</i>	14
1.2.5.2.	<i>Pérdida de aceite en frutos adheridos</i>	14
1.2.5.3.	<i>Pérdida de aceite en fibras</i>	14
1.2.5.4.	<i>Pérdida de aceite en nueces</i>	14
1.2.5.5.	<i>Pérdida de aceite en aguas efluentes</i>	14
1.2.5.6.	<i>Pérdida de aceite en lodos</i>	15
1.2.6.	<i>Aforos del proceso en plantas extractoras</i>	15
1.2.6.1.	<i>Flujo volumétrico</i>	15
1.2.6.2.	<i>Flujo másico</i>	15
1.2.7.	<i>Procedimiento general para la extracción de aceite rojo en plantas extractoras</i>	16
1.2.8.	<i>Condiciones óptimas para un correcto proceso de extracción y pérdida general de aceite en plantas extractoras</i>	17
1.2.9.	<i>Palma aceitera en Ecuador</i>	18
1.2.10.	<i>Especies de palma aceitera</i>	18
1.2.10.1.	<i>Palma Africana (Elaeis guineensis)</i>	18
1.2.10.2.	<i>Palma Americana (Elaeis Oleifera)</i>	19
1.2.10.3.	<i>Palma híbrida Taisha</i>	19
1.2.10.4.	<i>Palma híbrida Coarí</i>	19
1.2.10.5.	<i>Palma híbrida Brunca</i>	19
1.2.10.6.	<i>Híbrido interespecífico OxG</i>	20
1.3.	Marco Conceptual	20
1.3.1.	<i>Aceite rojo</i>	20
1.3.2.	<i>Criterios para la calificación de la calidad de la fruta</i>	21
1.3.2.1.	<i>Racimo verde</i>	21
1.3.2.2.	<i>Racimo maduro</i>	21

1.3.2.3.	<i>Racimo sobremaduro</i>	22
1.3.2.4.	<i>Racimo podrido</i>	22
1.3.2.5.	<i>Racimo con pedúnculo largo</i>	22
1.3.3.	Componentes principales de los racimos de palma aceitera	23
1.3.3.1.	<i>Pedúnculo</i>	23
1.3.3.2.	<i>Espigas</i>	23
1.3.3.3.	<i>Frutos normales externos</i>	24
1.3.3.4.	<i>Frutos normales internos</i>	24
1.3.3.5.	<i>Frutos partenocarpicos</i>	25
1.3.3.6.	<i>Frutos Abortados</i>	25
1.3.3.7.	<i>Flores abortadas</i>	26

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Tipo de Investigación	27
2.1.1.	<i>Por el método de investigación</i>	27
2.1.2.	<i>Según el objetivo</i>	27
2.1.3.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	27
2.1.4.	<i>Según la manipulación de variables</i>	27
2.1.5.	<i>Según el tipo de inferencia</i>	27
2.1.6.	<i>Según el periodo temporal</i>	27
2.1.7.	<i>Por el lugar de estudio</i>	28
2.2.	Diseño Experimental	28
2.3.	Hipótesis	28
2.3.1.	<i>Hipótesis nula</i>	28
2.3.2.	<i>Hipótesis alternativa</i>	28
2.4.	VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	29
2.4.1.	<i>Variable dependiente:</i>	29
2.4.2.	<i>Variable independiente:</i>	29
2.5.	Localización del estudio	29
2.6.	Técnicas de colección de datos	29
2.7.	Análisis estadístico inferencial	29
2.8.	Métodos	30
2.8.1.	<i>Determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera</i>	30
2.8.2.	<i>Determinación de pérdida de aceite en raquis</i>	31

2.8.3.	<i>Determinación de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis.....</i>	32
2.8.4.	<i>Determinación de pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador</i>	33
2.8.5.	<i>Determinación de pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino.....</i>	34
2.8.6.	<i>Determinación de pérdida de aceite en nueces a la salida del sinfín transportador.....</i>	35
2.8.7.	<i>Determinación de las condiciones de operación en el proceso de esterilización</i>	36
2.8.8.	<i>Determinación de las condiciones de operación en el proceso de Prensado – Digestión</i>	36
2.8.9.	<i>Determinación de las condiciones de operación en el proceso de clarificación.....</i>	37
2.8.10.	<i>Datos experimentales</i>	38
2.8.10.1.	<i>Determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera según el tipo de variedad de fruta.....</i>	38
2.8.11.	<i>Datos para la elaboración del balance de masas.....</i>	42
2.8.11.1.	<i>Pérdida de aceite en raquis.....</i>	42
2.8.11.2.	<i>Pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis</i>	43
2.8.11.3.	<i>Pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador</i>	44
2.8.11.4.	<i>Pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino</i>	44
2.8.11.5.	<i>Pérdida de aceite en nueces</i>	45
2.8.12.	<i>Datos del control de procesos</i>	46
2.8.12.1.	<i>Control del proceso de esterilización.....</i>	46
2.8.13.	<i>Cálculos.....</i>	50
2.8.13.1.	<i>Cálculos para determinar el potencial de aceite de palma híbrida Taisha</i>	50
2.8.13.2.	<i>Cálculos para determinar pérdida de aceite en raquis</i>	54
2.8.13.3.	<i>Cálculos para determinar pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis.....</i>	56
2.8.13.4.	<i>Cálculos para determinar pérdidas de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador.....</i>	57
2.8.13.5.	<i>Cálculos para determinar pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino.....</i>	59
2.8.13.6.	<i>Cálculos para determinar pérdida de aceite en nueces</i>	60
2.8.13.7.	<i>Cálculo para determinar la cantidad de aceite perdido en efluentes</i>	61

2.8.13.8.	<i>Cálculo para determinar la tasa de extracción de aceite</i>	61
2.8.13.9.	<i>Cálculo para determinar el porcentaje de dilución del licor de prensa</i>	62

CAPÍTULO III

3.	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	63
3.1.	Resultados del diseño experimental	63
3.2.	Resultados del balance de masas	64
3.3.	Resultados del control de procesos	66
3.3.1.	<i>Resultados del control de Proceso de esterilización</i>	66
3.3.2.	<i>Resultados del control de proceso de prensado-digestión</i>	67
3.3.3.	<i>Resultados del control de proceso de clarificación</i>	68
3.4.	Análisis estadístico del potencial de aceite de palma según el tipo de variedad de fruta	69
3.4.1.	<i>ANOVA Potencial de aceite de palma según el tipo de variedad de fruta</i> .	69
3.5.	Análisis estadístico del balance de masas	71
3.5.1.	<i>ANOVA Pérdida de aceite en raquis</i>	71
3.5.2.	<i>ANOVA Pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis</i>	72
3.5.3.	<i>ANOVA Pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador</i> ..	73
3.5.4.	<i>ANOVA Pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino</i>	74
3.5.5.	<i>ANOVA Pérdida de aceite en nueces a la salida del sinfín transportador</i>	75
3.6.	Análisis estadístico del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada	76
3.6.1.	<i>ANOVA del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada</i>	76

CONCLUSIONES	79
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	80
------------------------------	----

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Valores estándares de aforo como dato fundamental para la realización del balance de masas en plantas extractoras.....	15
Tabla 2-2:	Cuadro latino 4x4 para el análisis del potencial de aceite de racimos de palma aceitera según el tipo de variedad de fruta	28
Tabla 3-2:	Datos obtenidos del primer tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera	38
Tabla 4-2:	Datos obtenidos del segundo tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera	39
Tabla 5-2:	Datos obtenidos del tercer tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera	40
Tabla 6-2:	Datos obtenidos del cuarto tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera	41
Tabla 7-2:	Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en raquis.....	42
Tabla 8-2:	Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis.....	43
Tabla 9-2:	Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en fibras.....	44
Tabla 10-2:	Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en aguas efluentes .	44
Tabla 11-2:	Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en nueces.....	45
Tabla 12-2:	Datos obtenidos del proceso de esterilización dos meses antes de la investigación	46
Tabla 13-2:	Datos obtenidos del proceso de esterilización durante los dos meses de investigación	47
Tabla 14-2:	Datos obtenidos del proceso de Prensado - Digestión.....	48
Tabla 15-2:	Datos obtenidos del proceso de clarificación	49
Tabla 16-3:	Resultados obtenidos de la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera según el tipo de variedad de fruta.....	63
Tabla 17-3:	Resultados de las pérdidas de aceite en las fuentes más importantes de la planta de extracción	64
Tabla 18-3:	Porcentajes de extracción de aceite según el tipo de variedad de fruta procesada	66
Tabla 19-3:	Porcentajes de dilución del licor de prensa en el proceso de prensado-digestión	67
Tabla 20-3:	Porcentajes de dilución del licor de prensa en el proceso de clarificación	68
Tabla 21-3:	Resultados del análisis estadístico de los cuatro tratamientos y variedades de palma aceitera.....	69

Tabla 22-3:	Resultados del ANOVA de las variedades de palma aceitera	69
Tabla 23-3:	Resultados de las comparaciones múltiples de los cuatro tratamientos y variedades de palma aceitera	70
Tabla 24-3:	Resultados de la prueba de Tukey de los cuatro tratamientos y variedades de palma aceitera.....	70
Tabla 25-3:	Cantidad de pérdida de aceite en raquis por extracción soxhlet	71
Tabla 26-3:	Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en raquis	71
Tabla 27-3:	Cantidad de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis por extracción soxhlet	72
Tabla 28-3:	Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en frutos adheridos a los raquis ...	72
Tabla 29-3:	Cantidad de pérdida de aceite en fibras por extracción soxhlet	73
Tabla 30-3:	Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en fibras.....	73
Tabla 31-3:	Cantidad de pérdida de aceite en aguas efluentes por extracción soxhlet	74
Tabla 32-3:	Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en aguas efluentes.....	74
Tabla 33-3:	Cantidad de Pérdida de aceite en nueces por extracción soxhlet	75
Tabla 34-3:	Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en nueces	75
Tabla 35-3:	Resultados del análisis estadístico del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada.....	76
Tabla 36-3:	Resultados del ANOVA del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada.....	77
Tabla 37-3:	Resultados de las comparaciones múltiples del porcentaje de extracción entre las cuatro variedades de fruta procesadas	77
Tabla 38-3:	Resultados de la prueba de Tukey del porcentaje de extracción de aceite	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Cosecha de racimos de palma aceitera.	5
Figura 2-1.	Área de recepción de racimos de palma aceitera.	5
Figura 3-1.	Esterilización vertical.	6
Figura 4-1.	Tambor desfrutador.	6
Figura 5-1.	Digestores.	7
Figura 6-1.	Prensa P-9.	7
Figura 7-1.	Tricanter - Separador de tres fases.	8
Figura 8-1.	Ciclón de fibra.	8
Figura 9-1.	Tanque de almacenamiento.	9
Figura 10-1.	Diagrama de flujo para la extracción de aceite rojo en plantas extractoras.	16
Figura 11-1.	Esquema de las condiciones óptimas para un correcto proceso de extracción y pérdida general de aceite en plantas extractoras.	17
Figura 12-1.	Racimo de palma verde.	21
Figura 13-1.	Racimo de palma madura.	21
Figura 14-1.	Racimo de palma sobremadura.	22
Figura 15-1.	Racimo de palma podrida.	22
Figura 16-1.	Racimo de palma con pedúnculo largo.	23
Figura 17-1.	Pedúnculo.	23
Figura 18-1.	Espigas con frutos y flores abortadas.	24
Figura 19-1.	Frutos normales externos.	24
Figura 20-1.	Frutos normales internos.	25
Figura 21-1.	Frutos partenocarpicos.	25
Figura 22-1.	Frutos abortados.	25
Figura 23-1.	Flores abortadas.	26
Figura 24-2.	Diagrama de flujo para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera.	30
Figura 25-2.	Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en raquis.	31
Figura 26-2.	Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis.	32
Figura 27-2.	Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador.	33
Figura 28-2.	Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino.	34

Figura 29-2.	Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en nueces a la salida del sinfín transportador.	35
Figura 30-2.	Diagrama de flujo para la determinación de las condiciones de operación en el proceso de esterilización.	36
Figura 31-2.	Diagrama de flujo para la determinación de las condiciones de operación en el proceso de Prensado – Digestión.	36
Figura 32-2.	Diagrama de flujo para la determinación de las condiciones de operación en el proceso de clarificación.	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** SEPARACIÓN DE LAS ESPIGAS DEL RACIMO DE PALMA
- ANEXO B:** CLASIFICACIÓN DE LOS FRUTOS ADHERIDOS EN LAS ESPIGAS
- ANEXO C:** ELABORACIÓN DE UN DEDAL DE EXTRACCIÓN SOXHLET
- ANEXO D:** MESOCARPIO FRESCO ACEITOSO
- ANEXO E:** EQUIPO DE EXTRACCIÓN SOXHLET
- ANEXO F:** ACEITE EXTRAÍDO DEL MESOCARPIO DE FRUTOS EXTERNOS E INTERNOS
- ANEXO G:** MUESTREO DE RAQUIS A LA SALIDA DE LA BANDA TRANSPORTADORA
- ANEXO H:** MUESTREO DE FRUTOS ADHERIDOS EN LOS RAQUIS
- ANEXO I:** MUESTREO DE FIBRA A LA SALIDA DEL SINFÍN TRANSPORTADOR
- ANEXO J:** MUESTREO DE NUECES A LA SALIDA DEL SINFÍN TRANSPORTADOR
- ANEXO K:** MUESTREO DE AGUAS EFLUENTES A LA SALIDA DEL TANQUE FLORENTINO
- ANEXO L:** MUESTREO DE LICOR DE PRENSA A LA SALIDA DEL TAMIZ
- ANEXO M:** TOMA DE MUESTRA DE LICOR DE PRENSA ANTES DEL INGRESO AL TRICANTER
- ANEXO N:** MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AL LICOR DE PRENSA ANTES DEL INGRESO AL TRICANTER
- ANEXO O:** VERIFICACIÓN DE ACEITE ROJO EXTRAÍDO

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado Mejoramiento de la tasa de extracción de aceite rojo en la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A, tuvo como objetivo, mejorar la tasa de extracción de aceite rojo evaluando la materia prima y los procesos. Utilizando el método de extracción Soxhlet se evaluó el potencial de aceite de cuatro variedades de racimos de palma aceitera y las pérdidas de aceite en la planta de extracción. Por el método de centrifugación se determinó el porcentaje de dilución del licor de prensa en el proceso de prensado-digestión y clarificación, además, se registró la temperatura de los digestores, del tanque de agua que alimenta las prensas y del licor de prensa antes de ingresar al Tricanter. Para la identificación de las condiciones de operación en el proceso de esterilización se registró el número de autoclaves procesadas, la presión de sostenimiento y el tiempo de cocción. Para el análisis estadístico de las cuatro variedades de racimos se realizó la prueba de Tukey dando como resultado diferencia significativa entre la variedad Taisha y *E. guineensis*. En cuanto al análisis estadístico para las pérdidas de aceite se efectuó un ANOVA, en el cual se aprecian mayores pérdidas durante el primer mes. En cuanto a la materia prima los racimos *E. guineensis*, producen mayor cantidad de aceite. Se produjo mejores resultados cuando los racimos son esterilizados a 45 psi durante 50 min, y las condiciones de temperatura de los digestores, del tanque de agua, y del licor de prensa se encuentran a 95 grados Celsius. Se recomienda realizar aseguramiento y control de calidad a la materia prima para mejorar la tasa de extracción de aceite rojo.

Palabras clave: <AUTOCLAVE>, <CONTROL DE CALIDAD>, <EXTRACCIÓN SOXHLET>, <TRICANTER>, <PÉRDIDAS DE ACEITE>, <PALMA ACEITERA (*E. guineensis*)>.



1612-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

This study is called Improvement of the extraction rate of red oil in the Extractor "Atahualpa" Extracata S.A. The objective is to improve the extraction rate of red oil by evaluating the raw material and the processes. Using the Soxhlet extraction method, the oil potential of four varieties of oil palm clusters and the oil losses in the extraction plant was evaluated. Using the centrifugation method, the dilution percentage of the press liquor was determined in the pressing-digestion and clarification process. In addition, the temperature of the digesters, the water tank that feeds the presses and the press liquor was recorded before entering the Tricanter. To identify the operating conditions in the sterilization process, the number of autoclaves processed was recorded. holding pressure and cooking time. For the statistical analysis of the four varieties of clusters, the Tukey test was performed, resulting in a significant difference between the Taisha variety and *E. guineensis*. The statistical analysis for the oil losses was done by an ANOVA, in which greater losses were observed during the first month. Concerning the raw material, the bunches of *E. guineensis* produce a greater quantity of oil. Best results were produced when the bunches are sterilized at 45 psi for 50 min and the temperature conditions of the water tank and press liquor digesters are at 95 degrees Celsius. It is recommended to carry out quality assurance and control to the raw material to improve the extraction rate of red oil.

Keywords: <AUTOCLAVE>, <QUALITY CONTROL>, <SOXHLET EXTRACTION>, <TRICANTER>, <OIL LOSS>, <OIL PALM (*E. guineensis*)>.

INTRODUCCIÓN

La palma aceitera (*Elaeis guineensis*) es una planta tropical, propia de climas cálidos, en Ecuador tiene una trayectoria productiva por más de 60 años, el cultivo actualmente representa el 5 % de la superficie total destinada a la producción agropecuaria del país, siendo el segundo cultivo en extensión después del arroz. Existen 257.120,93 hectáreas sembradas en 8.149 plantaciones, siendo la provincia de Esmeraldas la de mayor superficie sembrada con 116.430,48 hectáreas, seguida por Los Ríos con 39.146,08 hectáreas, otras 101.387,92 hectáreas y Santa Elena la menor superficie con 156,45 hectáreas (Navarrete et al., 2020: p.22).

Las plantas extractoras son empresas agroindustriales cuya función principal es extraer la mayor cantidad posible de aceite de los racimos de fruta fresca (RFF), y producir aceite de alta calidad, ya que la extracción de aceite de palma se realiza en el campo, la planta extractora solo puede optimizar sus operaciones de extracción (Ah Ngan Ma, 1998a: p.274).

Los racimos que se reciben en las plantas extractoras se clasifican conforme a la madurez y otros criterios que podrían afectar el proceso y la tasa de extracción de aceite, sin embargo, no hay un estimativo del contenido de aceite en el racimo recibido. Las plantas extractoras procesan racimos de frutos fresco provenientes de muchas fuentes y cuyo contenido de aceite se desconoce, y después calculan la tasa de extracción con base a la cantidad de aceite que se obtiene (Cock et al., 2015: p.64).

El control de proceso en una planta extractora de aceite tiene como fin la producción de productos de la mejor calidad y mantener la pérdida de productos al mínimo, por lo tanto, se debe tomar muestras de rutina siempre que se considere necesario. Los puntos de muestreo y la frecuencia deben ser determinados por la determinación de la planta extractora (Ah Ngan Ma, 1998b: pp.275-276). Es por eso que el objetivo de la presente investigación es evaluar principalmente la materia prima que está ingresando al área de recepción de fruta fresca, las condiciones de operación que se aplican y las pérdidas que se generan durante el proceso de extracción de aceite rojo con la finalidad de optimizar los procesos y mejorar la tasa de extracción de aceite (TEA).

JUSTIFICACIÓN

La investigación desarrollada en la Extractora “Atahualpa” Extracta S.A. tiene como objeto evaluar los racimos de fruta fresca (RFF) según el estado en el que se encuentran, el tipo de variedad al que pertenecen, y las condiciones óptimas que se deben aplicar en las secciones más importantes del proceso de extracción, con la finalidad de mejorar la eficiencia de la planta en cuanto a la cantidad y la calidad del producto final, corrigiendo los porcentajes de pérdidas que se acerquen a las normas establecidas.

La razón que conlleva a realizar el siguiente estudio, es para evaluar la calidad de la materia prima, como también, cada una de las secciones del proceso, con el afán de mejorar la tasa de extracción de aceite estipulada por encima del 20 %, además, de contribuir en la parte económica de la empresa y en el ámbito social.

De acuerdo a estudios realizados una buena medición de diferentes variables tales como pérdidas en el campo, en la planta, en lo referente a la calidad de fruto o en el mismo potencial, permite tomar acciones fundamentadas que muy posiblemente ayuden a disminuir las pérdidas de aceite y, por ende, a mejorar la extracción en plantas de beneficio (Escobar, 2004, p. 493).

La Extractora “Atahualpa” Extracata S.A es una empresa agroindustrial que ha operado con normalidad durante todo el transcurso de la pandemia del “Covid-19”. Otro factor que me llevó a desarrollar esta investigación es por motivo que resido cerca de la empresa, teniendo la facilidad de ingreso debido a mis prácticas preprofesionales y el permiso correspondiente para desarrollar esta investigación dentro de la empresa haciendo uso del laboratorio, reactivos, ciertos materiales, equipos básicos y los demás implementos serán adquiridos con presupuesto económico personal necesitando como mínimo una inversión de 1179,55 \$ para llevar a cabo la investigación.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Mejorar la tasa de extracción de aceite rojo a través de la evaluación de la materia prima y control de procesos en la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A.

Objetivos Específicos

- Evaluar el potencial de aceite de los racimos de palma africana según el tipo de variedad de fruta.
- Determinar el porcentaje de aceite en los efluentes de la planta de extracción a través de un balance de masas.
- Identificar las condiciones de operación que garanticen el porcentaje óptimo de extracción de aceite rojo.

CAPÍTULO I

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1. Antecedentes de la investigación

En la empresa “HERMANOS MUÑOZ” dedicada a la extracción de aceite rojo, mediante un balance de masas determinaron que la eficiencia de extracción era del 17,70 % de extracción, sin embargo, después de haber realizado cambios en las operaciones unitarias y con las condiciones óptimas de extracción calcularon la eficiencia de extracción optimizada en un 18,85 % (Muñoz, 2016, p.91).

La tasa nacional promedio de extracción de aceite en Malasia es del 20 %, en Indonesia es del 22 %, Tailandia escasamente llega al 18 % y en otros países oscila entre el 18 y el 22 %, por lo general, la proporción aceite / racimo fluctúa entre 25 y 30 % y el porcentaje de pérdida que se atribuye a la tecnología actualmente utilizada en las plantas de beneficio es bastante significativo de tal manera que plantas de beneficio en todos los países tienen un diseño similar, con capacidad de procesamiento entre 30 y 90 toneladas / hora (Abdul, 2010, p.20).

Actualmente las extractoras de aceite de palma se manejan bajo condiciones de operación que deben proporcionar una buena separación de aceite crudo. En ALCOPALMA S.A existen pérdidas de aceite rojo, derrames de aceite, incremento de pérdidas de aceite en los efluentes. Esto se da porque no existe una correcta separación de las fases ya que no se han controlado bien ciertos parámetros, como es el caso del nivel incontrolado de agua con que se diluye el licor de prensas que va a ser clarificado, siendo este uno de los factores más importantes de separación de aceite, agua, lodo pesado y lodo ligero (Vela, 2015a: p.1).

Experimentalmente han comprobado que el porcentaje de dilución de (1,40 % vol. aceite / % vol. agua) es la más óptima para el licor de prensa ya que permite una rápida separación del aceite, un incremento global en la eficiencia del proceso y la reducción del impacto ambiental por disminución en el consumo de agua y generación de efluentes (Yáñez et al., 2008a: p.21).

Según (Idrogo y Castillo, 2014: p.47), mediante ensayos de laboratorio encontraron que la velocidad de separación es directamente proporcional al incremento de la temperatura hasta 95 °C y la dilución con agua de licor de prensa en relaciones de volumen v/v es hasta de 1,2; por otra parte el óptimo operativo que encontraron para la temperatura y la relación dilución en % v/v Aceite-Agua en el proceso de clarificación dinámica, es de 90 °C para un factor de dilución de 1,0. La eficiencia de separación en las fases durante el proceso aumenta hasta lograr un valor promedio de 93,91 % de recuperación de aceite de ingreso inicial a clarificación.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. *Proceso de extracción de aceite de palma*

1.2.1.1. *Cosecha*

Los racimos al cumplir su proceso de maduración deben ser cosechados o cortados y llevados a la planta de beneficio rápidamente, con el fin de evitar que aumente el contenido de ácidos grasos libres del aceite dentro de los frutos, esto como subproducto de una reacción química en la cual actúa como catalizador una enzima llamada lipasa (Jaimes et al., 2012a: p.63).



Figura 1-1. Cosecha de racimos de palma aceitera.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.2. *Recepción del fruto*

Consiste en pesar los transportes llenos de fruta proveniente de los productores agrícolas y luego de la descarga de la materia prima poder obtener por diferencia el peso neto de la fruta (Bonnie y Reyes, 2012a: p. 327).



Figura 2-1. Área de recepción de racimos de palma aceitera.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.3. Esterilización

Una vez que los racimos lleguen a la planta de beneficio, el operario de maquinaria pesada debe alimentar las autoclaves de materia prima, en donde se le realiza un proceso de cocimiento a los racimos por medio del ingreso de vapor saturado en un ciclo de tres picos de presión, con el principal objetivo de inactivar la enzima lipasa que es la responsable de la acidificación de las moléculas de aceite (Jaimes et al., 2012b: p.63).



Figura 3-1. Esterilización vertical.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.4. Proceso de desfrutación

Una vez esterilizados los racimos, pasan al interior del tambor desfrutador que a manera de jaula con barrotes longitudinales girando sobre un eje central, los racimos se golpean repetitivamente produciendo el desprendimiento de los frutos (Jaimes et al., 2012c: p.63).



Figura 4-1. Tambor desfrutador.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.5. La digestión

Después que los racimos hayan sido desfrutados, los frutos son recalentados y la pulpa es desprendida de las nueces por un proceso de maceración con ingreso de vapor generando que las paredes de las celdas que contienen el aceite en el fruto se rompan, de tal manera que pueda ser fácilmente extraído durante el proceso de extracción por prensado (Jaimes et al., 2012d: p.63).



Figura 5-1. Digestores.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.6. La extracción o prensado

Los frutos digeridos son prensados con la finalidad de extraer todo el contenido de aceite o mejor conocido como licor de prensa y, por la parte superior de los tornillos sale la masa sólida también conocida como torta de prensado, compuesta básicamente por fibras, nueces, y agua (Jaimes et al., 2012e: p.63).



Figura 6-1. Prensa P-9.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.7. Clarificación

Posterior al prensado, al licor de prensa se le agrega agua para lograr una dilución, ésta misma facilita la separación y purificación del aceite en la etapa conocida como clarificación, este licor, contiene aceite, agua, lodos livianos (compuestos por pectinas y gomas) y lodos pesados (compuestos por tierra, arena y otras impurezas) (Jaimes et al., 2012f: p.63).



Figura 7-1. Tricanter - Separador de tres fases.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.8. Desfibrado

La finalidad del desfibrado es la recuperación de las nueces o almendras que se lleva a cabo de manera neumática, es decir, mediante la utilización del aire y por la diferencia de las densidades se separan las nueces de la fibra, el equipo que realiza la separación es el ciclón de fibra, la nuez se envía al silo de almacén, y la fibra sirve de combustible para alimentar la caldera (Aguilar et al., 2013a: p.98).



Figura 8-1. Ciclón de fibra.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.1.9. Almacenamiento

Una vez que el aceite alcanza los niveles de pureza requerido es enviado a los tanques de almacenamiento para su posterior despacho (Bonomie y Reyes, 2012b: p. 327).



Figura 9-1. Tanque de almacenamiento.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.2.2. Parámetros de control en el proceso de extracción de aceite de palma

Según Villa (2005a: pp.29-101), los parámetros de control en el proceso de extracción de aceite de palma son:

1.2.2.1. Parámetros de control en la recepción de racimos de fruta fresca (RFF)

- El porcentaje de RFF maduros debe ser mínimo el 70 %.
- El porcentaje de RFF sobre maduros debe ser como máximo el 20 %.
- El porcentaje de RFF verdes debe ser máximo el 10 %.
- El porcentaje de RFF podridos debe ser de 0 %.

1.2.2.2. Parámetros de control en la esterilización

- La pérdida de aceite en el condensado debe estar en un rango de 0,15 al 0,20 %.
- Someter a esterilización el menor porcentaje de RFF verdes y sobre maduros.
- Tener una desaireación excelente durante la primera etapa de la esterilización.
- Mantener la temperatura de 130 °C el menor tiempo posible durante el periodo de sostenimiento.
- El condensado no debe enviarse al licor de prensas ni al sistema de purificación del aceite, es decir, debe recuperarse el aceite y venderse para uso no comestible.

- Las tuberías de condensado deben ser de acero inoxidable y el interior del esterilizador debe también estar recubierto.

1.2.2.3. Parámetros de control en el desfrutamiento

- Las pérdidas de aceite en esta etapa no deben sobrepasar el 0,40 %, tanto para el aceite perdido por frutos adheridos como el aceite impregnado a los racimos vacíos o tusas.
- La eficiencia en esta etapa deberá estar en el rango del 95 % al 98 %, al salir de esta etapa el porcentaje de fruto adherido deberá estar en el rango del 2,0 al 5,0 %.
- Los racimos vacíos con frutos adheridos deberán recogerse y desfrutarlos nuevamente.
- Hay que realizar una revisión (horaria) de los racimos vacíos para verificar si están bien o mal desfrutados.

1.2.2.4. Parámetros de control en la digestión

- La carga dentro del digestor debe mantenerse en un rango de temperatura entre 92 - 95 °C.
- Mantener siempre lleno el digestor u operar al menos a $\frac{3}{4}$ de lleno.

1.2.2.5. Parámetros de control en el prensado

- La pérdida de aceite en esta etapa debe estar en el rango del 0,5 al 0,7 %: esto incluye tanto el aceite perdido en fibras como el aceite perdido en nueces.
- Inspeccionar el estado de la torta que sale de la prensa para verificar el porcentaje de aceite y de la nuez fracturada. Es preciso evaluar una muestra representativa por turno, formada de muestras tomadas cada hora.
- Si el alto contenido de aceite en la fibra prensada, verificar primero las condiciones de la digestión de la carga, antes de incrementar la presión de la prensa: es muy probable que un prensado deficiente se deba más a un condicionamiento inadecuado de la carga, que a una presión baja en el prensado.
- Verificar el adecuado drenaje del licor de prensas.

1.2.2.6. Parámetros de control en la clarificación

- La pérdida de aceite en efluentes en esta etapa debe estar en el rango del 0,5 al 0,7 %.
- La temperatura del licor debe mantenerse en un rango entre los 92 y los 97 °C.

1.2.2.7. Parámetros de control en el almacenamiento

- Es necesario enviar el aceite crudo de palma a almacenamiento a una temperatura no mayor de 50 °C.
- El bombeo del aceite crudo debe realizarse a temperaturas no superiores a 60 °C, es decir, en un rango de 45 - 55 °C.

1.2.3. Factores de campo que afectan la calidad y cantidad de aceite a extraer

Según Reyes (1985a: pp.125-127), los factores de campo que afectan la calidad y cantidad de aceite a extraer son:

1.2.3.1. Grado de maduración de racimos cosechados

El máximo contenido de aceite se obtiene de los frutos maduros y se obtendrá menos si los racimos se alejan del punto de óptima maduración, las plantaciones deben establecer ciclos que eviten cosechas bajo dicha situación y supervisar para que no queden frutos maduros de un ciclo para otro.

1.2.3.2. Impurezas en el fruto

Las impurezas ya sea de tipo vegetal o mineral incrementa el peso de la materia prima generando costos, alteración en la tasa de extracción de aceite por ser mayor la relación de peso (fruta + impurezas) a aceite potencialmente a extraer y, incrementan las pérdidas porque los materiales principalmente de origen vegetal se convierten en verdaderas esponjas que absorben importante cantidad de aceite mientras que las impurezas minerales por su parte, disminuyen la vida útil de algunos equipos causando rompimiento imprevisto de las piezas de los mismos.

1.2.3.3. Tiempo entre cosecha y entrega a la planta

La demora en transportar la cosecha tiene influencia en la pérdida de calidad del aceite y cualquier esfuerzo en mantener ciclos normales y en hacer cumplir las normas de cosecha se pierde cuando hay fallas en el transporte oportuno, además, con la demora, la fruta pierde humedad, obteniéndose una falsa impresión de la tasa de extracción.

1.2.3.4. Manipuleo y golpes

El exceso de manipuleo y golpes trae como consecuencia incremento de ácidos grasos libres ocasionado el deterioro en la calidad de aceite.

1.2.3.5. Tipo de material y edad de las palmas

El contenido de aceite en los racimos varía con la edad de las plantaciones y los programas de mejoramiento de materiales comerciales se han orientado a la mayor producción de aceite que se obtiene con materiales de alto potencial de producción de racimos de buena calidad. Entre los materiales comerciales mejorados hay importantes variaciones y la mayoría de las plantaciones tienen diferentes materiales así que, desde este punto de vista, el potencial de extracción diario en las plantas es variable y para saber su implicación se debe conocer cuánto fruto se procesó de cada uno.

1.2.4. Influencia de las etapas del proceso para la extracción del aceite

Según Reyes (1985b: pp.130-131), la influencia de las etapas del proceso para la extracción de aceite son las siguientes:

1.2.4.1. Esterilización

Con una buena esterilización al tipo de fruto a procesar se obtiene buen desfrutado y por consiguiente se disminuyen las pérdidas de aceite. Para un ajuste razonable del tiempo de esterilización debe establecer mediante muestreos registros de control de calidad de fruta recibida. Para fruta sobre madura pueden ser suficientes 25 min a las máximas condiciones de temperatura y presión y fruto inmaduro hasta 40 min para ciclos totales de 55 a 80 min respectivamente. En lo posible la esterilización debe hacerse en seco o sea secando los condensados de vapor que se vayan produciendo con lo cual se merman las pérdidas. La temperatura de esterilización no debe ser superior a 125 °C, caso contrario si se sobrepasa este nivel se pierde calidad por oxidación.

1.2.4.2. Desfrutamiento

A pesar de que se disponga un tambor desfrutador con buenas especificaciones, conviene supervisar permanentemente las tusas que salen, seleccionando las que tengan alto contenido de frutos adheridos, para someterlas a una nueva esterilización ya que un desgrane deficiente sin

recuperación puede causar grandes pérdidas de aceite y almendra y, la evaluación permanente también permite verificar como está operando la esterilización.

1.2.4.3. Digestión

Al igual que las demás etapas del proceso sino se asegura operación y funcionamiento adecuado las pérdidas de aceite aumentarán, entre los aspectos más importantes a tener en cuenta está, que el digestor permanezca lleno para que exista un máximo rompimiento de las células oleicas o en otros términos una buena maceración de los frutos y que las paletas del digestor no estén desgastadas.

1.2.4.4. Prensado

Dependiendo del tipo de prensa disponible se obtendrá mayor o menor grado de eficiencia en el prensado, operando bajo condiciones normales. Esta se mide por el contenido de aceite en fibras. En prensas hidráulicas el del 10 - 14 %, mientras que en prensas de tornillo se puede reducir alrededor del 7 %. Si no se hace buen control de presión en el prensado fácilmente se incrementan las pérdidas de aceite en fibras. La cantidad de agua caliente agregada antes del prensado también debe regularse para obtener buena extracción y adecuada dilución del aceite.

1.2.4.5. Clarificación y recuperación de aceite en lodos

Estas etapas conforman las últimas del proceso de extracción y los esfuerzos del campo y de las etapas en planta que les preceden pueden arruinarse sino se dispone de sistemas eficientes o si no se controla y regula el buen uso de los mismos. La eficiencia diaria de la planta se mide en gran parte con base en el porcentaje de pérdidas y no con respecto al porcentaje de extracción obtenido, razón por la cual se deben hacer con frecuencia análisis de pérdidas de fruto en tusas y aceite en tusas, fibras y lodos.

1.2.5. Balance de masas o flujo másico de los efluentes en plantas extractoras

El balance de pérdidas de aceite (García et al., 2000: pp. 375-376), es una herramienta de control que permite cuantificar en unidades de la tasa de extracción, la cantidad de aceite que es eliminado en cada flujo másico que sale del proceso. De esta manera se puede conocer, no solo la fluctuación de los niveles de cada pérdida de aceite asociado con factores climáticos y agronómicos, sino, además, determinar la etapa crítica del proceso que amerita control, mantenimiento o cambio

tecnológico. Las principales pérdidas de aceite que ocurren en una planta de beneficio de fruto de palma de aceite están en: el aceite impregnado en raquis, el aceite impregnado en las fibras y el aceite contenido en los efluentes. Otras pérdidas menores de aceite se encuentran en el fruto adherido en la tusa y en la impregnación en la nuez.

De acuerdo con Uribe (1999a: pp. 35-37), los valores permisibles en cuanto a las pérdidas de aceite en las fuentes más importantes del proceso de extracción son las siguientes:

1.2.5.1. Pérdida de aceite en raquis

Durante el desfrutamiento en el interior del tambor, el raquis entra en contacto con los frutos y otros racimos generando que el aceite se impregne en el desecho, la norma admite un valor para pérdida en el rango de 0,4 - 0,6 %.

1.2.5.2. Pérdida de aceite en frutos adheridos

No todos los frutos del racimo son desprendidos del raquis, y por ende se produce la pérdida del aceite contenido en ello, la norma establece un valor permisible para la pérdida en un rango de 0,03 - 0,05 %.

1.2.5.3. Pérdida de aceite en fibras

Durante el prensado, algunas celdas que contienen el aceite no se rompen, ocasionando una pérdida en el residuo, la norma permite un máximo para la pérdida en un rango de 0,5 - 0,6 %.

1.2.5.4. Pérdida de aceite en nueces

Los residuos de mesocarpio y el aceite impregnado en las nueces constituyen pérdidas de aceite en este subproducto, la norma establece un máximo permisible en el rango de 0,05 - 0,06 %.

1.2.5.5. Pérdida de aceite en aguas efluentes

Durante el proceso de clarificación ocurren pérdidas de aceite en el residuo líquido las cuales deben minimizarse, dado el alto caudal de efluente producido (0,7 - 1,0 L/t RFF).

1.2.5.6. Pérdida de aceite en lodos

En la descarga de lodos de las centrífugas escapa un aceite residual compuesto por gotas muy pequeñas de aceite, y por ende las gotas de aceite quedan impregnadas en los lodos, la norma establece un máximo permisible en el rango de 0,4 - 0,5 %.

1.2.6. Aforos del proceso en plantas extractoras

Un aforo es la medición de los flujos máscicos o volumétricos que salen del proceso y sirve para conocer la cantidad de material (raquis, nueces, fibras, aguas efluentes, etc) con respecto a la cantidad de fruto procesado (Grepalma, 2008a).

1.2.6.1. Flujo volumétrico

Los flujos volumétricos se miden en unidades de m^3/h cuando se trata de efluentes líquidos como agua que descarga el Tricanter, aguas efluentes a la salida del tanque florentino, condensados de esterilización etc., que más tarde dicho valor sirve como dato fundamental en la realización del balance de masas o flujo máscico en plantas extractoras (Grepalma, 2008b).

1.2.6.2. Flujo máscico

Se miden en unidades de Ton/h cuando se trata de efluentes sólidos como tusas a la salida de la banda transportadora, fibra a la salida del ciclón de fibra, nueces a la salida de la columna de desfibrado etc., que más tarde dicho valor sirve como dato fundamental en la realización del balance de masas o flujo máscico en plantas extractoras (Grepalma, 2008c).

Tabla 1-1: Valores estándares de aforo como dato fundamental para la realización del balance de masas en plantas extractoras.

Punto de aforo	Valor de control
Raquis	20 - 22 % Raquis/RFF
Fibra	12 - 14 % Fibra/RFF
Nuez	12 - 14 % Nuez/RFF
Aguas efluentes	0,5 - 0,7 m^3 /RFF

Fuente: Grepalma, 2008d.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

1.2.7. Procedimiento general para la extracción de aceite rojo en plantas extractoras

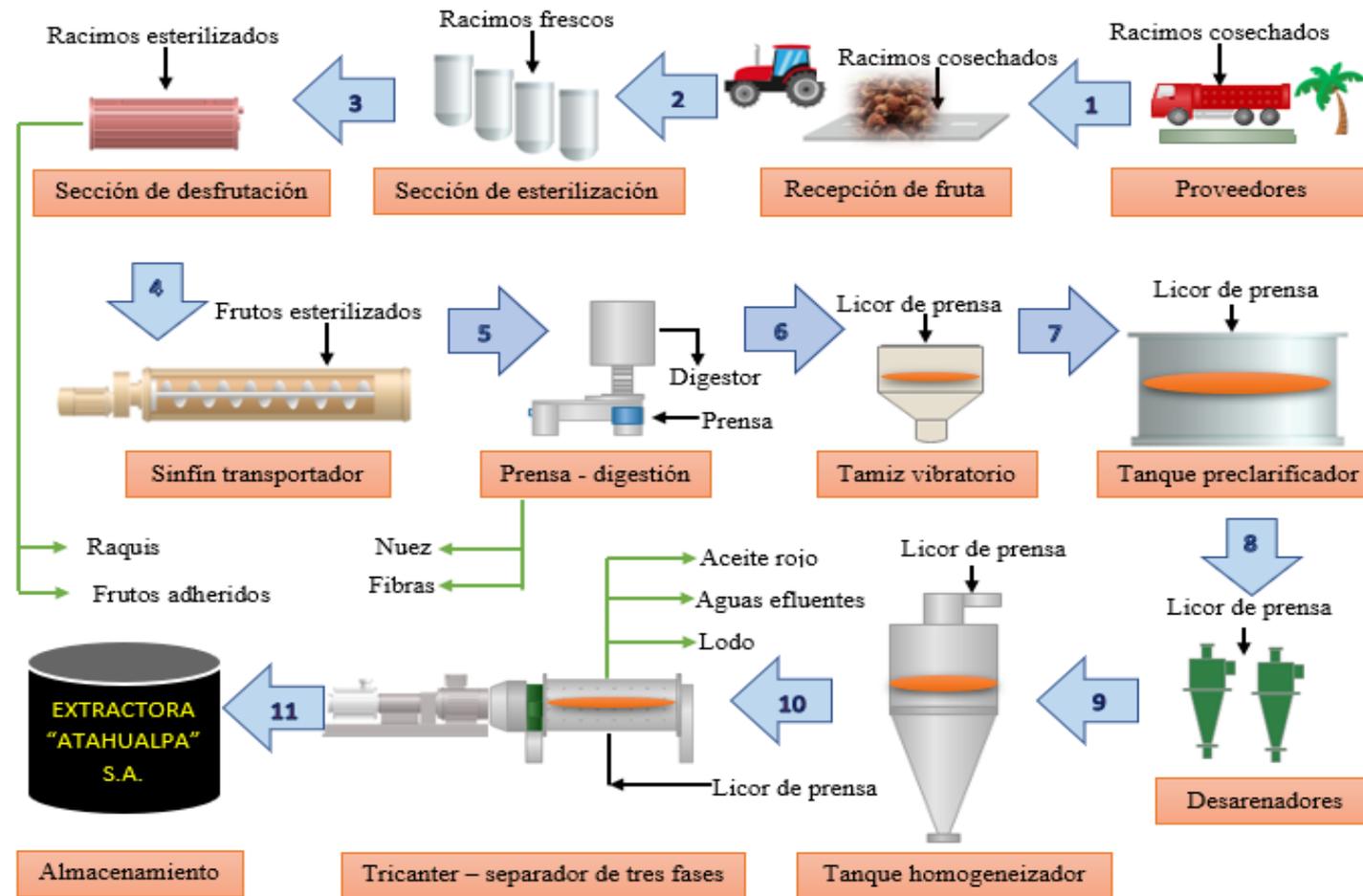


Figura 10-1. Diagrama de flujo para la extracción de aceite rojo en plantas extractoras.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

1.2.8. Condiciones óptimas para un correcto proceso de extracción y pérdida general de aceite en plantas extractoras

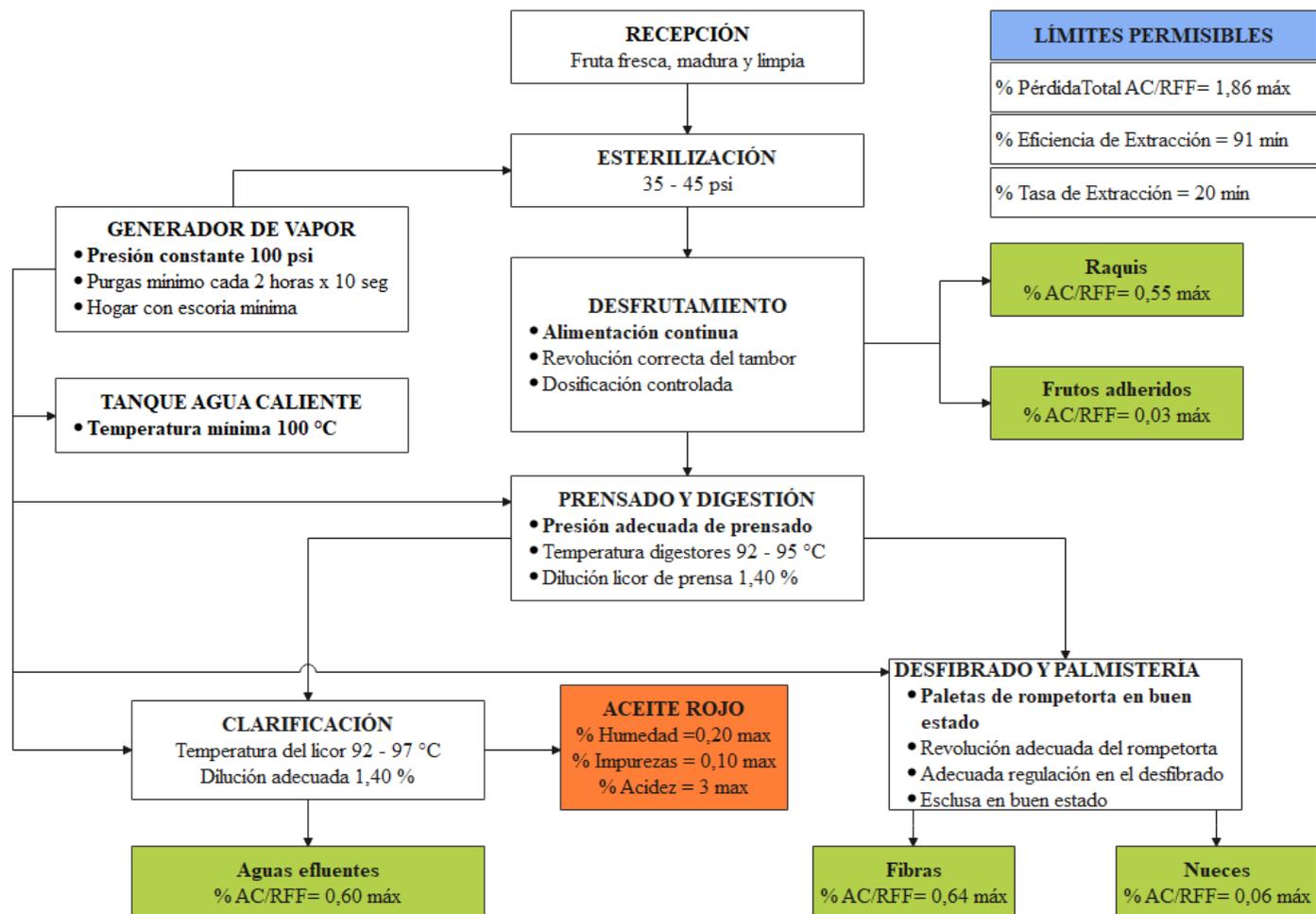


Figura 11-1. Esquema de las condiciones óptimas para un correcto proceso de extracción y pérdida general de aceite en plantas extractoras.

Fuente: (Ah Ngan Ma, 1998c: p.278).

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

1.2.9. Palma aceitera en Ecuador

Ecuador tiene 200.908 hectáreas sembradas de palma, de las cuales 80.363 están en Esmeraldas, provincia que produce el 41 % del fruto de palma, luego están las provincias de Los Ríos con un 18,5 % y Santo Domingo con el 9,9 %. En el 2019 Ecuador exportó 187.494 toneladas métricas de aceite de palma y hoy, según las cifras más recientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) proyecta la Producción Mundial de Aceite de Palma 2020 / 2021 en el Ecuador como el tercer productor latinoamericano, solo por detrás de Colombia y Guatemala. A principios de junio del 2020, 133 asambleístas ecuatorianos aprobaron, por unanimidad, la Ley de Palma llamada Ley para el Fortalecimiento y Desarrollo de la Producción, Comercialización, Extracción, Exportación e Industrialización de la Palma Aceitera y sus derivados. Esta es la primera ley que busca regular las actividades económicas alrededor de la palma africana o palma de aceite en Ecuador (Borja, 2020).

En la actualidad existen cerca de 52 mil hectáreas de palma híbrida sembradas en el Ecuador, según Censo Palmero 2017. Los inicios de esta variedad se remontan hace 40 años en la zona oriental del país. Hoy por hoy, el término “Palma híbrida”, referente al cruce OxG (*Oleífera x guineensis*), suena con más fuerza y genera alta expectativa en el sector palmero (Alcopalma, 2019).

1.2.10. Especies de palma aceitera

1.2.10.1. Palma Africana (*Elaeis guineensis*)

La palma de aceite (*Elaeis guineensis*), originaria del Golfo de Guinea, es un cultivo oleaginoso de alto valor productivo y económico, debido a ello en la actualidad se ha expandido a todas las regiones tropicales del mundo donde se le otorga gran importancia pues representa una excelente opción de producción con grandes expectativas a futuro (Aguilar et al., 2013b: p.11).

La aparición de la enfermedad conocida como pudrición del cogollo (PC) y su efecto devastador sobre plantaciones con material africano, ubicadas en Brasil, Ecuador y Colombia y la carencia de alternativas de control, han obligado a la utilización de materiales provenientes del cruce de palmas americanas (*Elaeis oleífera*) con palmas africanas (*Elaeis guineensis*), resistentes a la Pudrición del Cogollo (PC), con baja producción de inflorescencias masculinas y por ende de población de insectos polinizadores, que obligan a la utilización de polinización asistida, con altas producciones de fruta y adecuados niveles de extracción de aceite, produciendo un aceite de excelente calidad que hacen rentable el cultivo (Iniap, 2018).

1.2.10.2. Palma Americana (*Elaeis Oleifera*)

Elaeis oleifera es la palma de aceite de origen latinoamericano que se encuentra en Sur y Centroamérica. Aunque su aceite es completamente apto para usos comestibles y no comestibles, la especie tiene un uso limitado en comparación con la palma de aceite africana *E. guineensis*, debido a su menor rendimiento en la producción de aceite (Leao et al., 2016: p. 275).

El material *E. oleifera* constituye actualmente la principal fuente de información genética para el mejoramiento y adaptabilidad de las poblaciones comerciales de *E. guineensis* a lo largo del planeta. Las poblaciones ecuatorianas de *E. oleifera* provenientes de Taisha (Provincia de Morona Santiago) con características morfológicas, reproductivas y bioquímicas agrónomicamente importantes han sido utilizadas para la creación de híbridos comerciales que, actualmente, se siembran en las regiones tropicales (Montúfar et al., 2018: p.11).

1.2.10.3. Palma híbrida Taisha

La palma híbrida Taisha, también conocida como *Elaeis Oleifera*-Taisha debido a la existencia de esta especie en Taisha de la provincia de Morona Santiago, Ecuador. Son materiales que demuestran su tolerancia in situ al complejo Pudrición del cogollo, sus caracteres externos de lento crecimiento, pedúnculo largo que facilita la cosecha, poca presencia de espatas en el racimo que facilita la polinización y buena fertilidad natural, le convierten en un material adecuado para los programas de mejoramiento en palma y de manera especial para la obtención de híbridos interespecíficos OxG (Barba y Baquero, 2013: p.316).

1.2.10.4. Palma híbrida Coarí

La palma híbrida Coarí, también conocida como *Elaeis Oleifera*- Coarí debido a la existencia de esta especie en Brasil y en particular de la región de Coarí localidad ubicada en el Río Solimoes, aunque esta variedad también existe en la Costa y Oriente del Ecuador (Louise et al., 2007: p. 358).

Según (Louise et al., 2018), la Extractora JUNPALMA PERÚ obtiene actualmente extracciones del 20 al 21 % con el híbrido Coarí, sus análisis muestran que el potencial de extracción de este material es de 23 -24 %, sin embargo, aún tienen que determinar porque no se puede extraer más aceite y adaptar el proceso de extracción.

1.2.10.5. Palma híbrida Brunca

El híbrido Brunca fue derivado usando progenitores *guineensis* masculinos de la población Ghana. Esta variedad fue evaluada inicialmente en plantaciones semicomerciales de Ecuador,

donde ha mostrado un comportamiento superior a híbridos de otros orígenes. Una de las características más interesantes del híbrido Brunca es su buena formación y maduración de los racimos, sin necesidad de realizar polinización asistida, en comparación con otros híbridos OxG. Se presume que la buena formación de los racimos del Brunca fue por la presencia de palmas *guineensis* en la vecindad; sin embargo, las pruebas de compatibilidad y cantidad de polen (en evaluación) podrán indicar si este híbrido tendrá necesidad de polinización asistida en plantaciones comerciales (Alvarado, 2010, p.136).

1.2.10.6. Híbrido interespecífico OxG

El aceite de palma alto oleico, obtenido del híbrido interespecífico OxG, producto del cruce de las especies *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleífera*, se ha convertido en los últimos años en una alternativa para una alimentación saludable, gracias a sus efectos positivos sobre la salud humana (Mondragón y Pinilla, 2015: p. 57).

El material híbrido (*Elaeis oleífera x Elaeis guineensis*) ha sido de gran importancia por su alto nivel de tolerancia a plagas y enfermedades, convirtiéndose en una alternativa viable para reemplazar los cultivares *Elaeis guineensis* que son más susceptibles a enfermedades como la pudrición del cogollo y anillo rojo (Leguizamón et al., 2019: p. 96).

De acuerdo con Torres (2016a: p. 298), el híbrido interespecífico presenta las siguientes ventajas que son:

- Larga vida útil de la plantación.
- Alta tolerancia natural ante plagas y enfermedades.
- Menores costos de mantenimiento y cosecha.
- Alta producción de fruta.
- Calidad de aceite superior.

Según Torres (2016b: p. 298), el híbrido interespecífico presenta las siguientes desventajas:

- Menor tasa de extracción con respecto a la *E. guineensis*.
- Menor extracción de almendra (15 – 20 % de frutos partenocárpicos).
- Requiere polinización asistida.

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Aceite rojo

El aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la semilla de la palma africana (*Elaeis guineensis*), a través de procedimientos mecánicos. Está constituido por una mezcla de ésteres

de glicerol (triglicéridos) y es fuente natural de carotenos y vitamina E (Rincón y Martínez, 2009: p. 12).

1.3.2. Criterios para la calificación de la calidad de la fruta

De acuerdo con (Durán et al., 2004: p. 502), los criterios para la calificación de la calidad de fruta son:

1.3.2.1. Racimo verde

Aquel racimo en el cual no se encuentran alvéolos vacíos, de frutos que se hayan separado en forma natural.



Figura 12-1. Racimo de palma verde.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.2.2. Racimo maduro

Es aquel racimo que ha desprendido mínimo un fruto en forma natural hasta un máximo del 50 % de los frutos de la primera capa.



Figura 13-1. Racimo de palma madura.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.2.3. Racimo sobremaduro

Aquel racimo que ha desprendido más del 50 % de los frutos existentes en la primera capa de frutos.



Figura 14-1. Racimo de palma sobremadura.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A.,2020.

1.3.2.4. Racimo podrido

Aquel racimo que ha desprendido más del 50 % de los frutos de su primera capa, pero adicionalmente, presenta el pedúnculo blando por efecto del envejecimiento del racimo.



Figura 15-1. Racimo de palma podrida.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.2.5. Racimo con pedúnculo largo

Aquel racimo en el que su pedúnculo sobrepasa la altura de los hombros del racimo. También se cuentan como pedúnculos largos, los trozos de pedúnculos cortados que por descuido en la cosecha hayan sido llevados hasta la planta.



Figura 16-1. Racimo de palma con pedúnculo largo.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3. Componentes principales de los racimos de palma aceitera

Según Marroquín (2016, pp. 34-35), los componentes principales de los racimos de palma aceitera son:

1.3.3.1. Pedúnculo

Es el eje central del racimo donde van situadas las espigas con frutos.



Figura 17-1. Pedúnculo.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3.2. Espigas

Es aquel soporte donde se encuentran adheridos los frutos y flores abortadas.



Figura 18-1. Espigas con frutos y flores abortadas.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3.3. Frutos normales externos

Son aquellos frutos que tienen forma un poco redonda, ubicados en la parte apical de la espiga de coloración rojiza intensa y, normalmente corresponden a las 3 o 4 últimas capas de frutos en las espigas.



Figura 19-1. Frutos normales externos.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3.4. frutos normales internos

Al igual que los frutos externos también poseen un poco de forma redonda, coloración más amarilla por la presencia de aceite en su pulpa, tienen nuez en su interior y sus frutos se encuentran ubicados en la parte basal de la espiga.



Figura 20-1. Frutos normales internos.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3.5. Frutos partenocarpicos

Son aquellos que tienen forma ovalada, color rojizo o amarillo por la presencia de aceite en su pulpa y no tienen nuez en su interior.



Figura 21-1. Frutos partenocárpicos.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3.6. Frutos Abortados

Son aquellos frutos de color blanco debido a que únicamente poseen agua en su pulpa y no tienen nuez en su interior.



Figura 22-1. Frutos abortados.

Fuente: Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., 2020.

1.3.3.7. Flores abortadas

Son aquellas flores que durante el proceso de formación del racimo no llegaron a ser frutos.



Figura 23-1. Flores abortadas.

Fuente: Extractora "Atahualpa" Extracata S.A., 2020.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. *Por el método de investigación*

Es cuantitativa porque permite la recolección de datos tanto en el área de recepción de materia prima como en cada sección del proceso.

2.1.2. *Según el objetivo*

La investigación es de tipo aplicada, porque permite confrontar el fundamento teórico con los resultados que se obtengan mediante la evaluación de la materia prima y las condiciones en cada sección del proceso de extracción.

2.1.3. *Según el nivel de profundización en el objeto de estudio*

La investigación es de tipo explicativa, porque permite identificar y explicar la causa que provoca la disminución del porcentaje de extracción de aceite rojo.

2.1.4. *Según la manipulación de variables*

La investigación es de tipo experimental, porque permite identificar como la evaluación de la materia prima y control de procesos puede conllevar a mejorar el porcentaje de extracción de aceite rojo.

2.1.5. *Según el tipo de inferencia*

La investigación de tipo deductiva, porque mediante datos se podrá deducir el problema principal.

2.1.6. *Según el periodo temporal*

La investigación es de tipo transversal, porque permite la recolección de datos en un periodo de tiempo corto y llevar un control de los mismos para luego evaluar los resultados obtenidos.

2.1.7. *Por el lugar de estudio*

La investigación es de laboratorio, porque se realizarán análisis de laboratorio tanto a la materia prima como también a los efluentes.

2.2. **Diseño Experimental**

En este trabajo se trata de aplicar cuatro tratamientos para analizar el potencial de aceite de cuatro variedades de racimos de palma aceitera y, poder identificar la variedad con más alto contenido de aceite que permita contribuir en el mejoramiento de la tasa de extracción de aceite rojo.

Tabla 2-2: Cuadro latino 4x4 para el análisis del potencial de aceite de racimos de palma aceitera según el tipo de variedad de fruta.

VARIEDADES				
TRAT.	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma
	Taisha	Coarí	Brunca	<i>E. guineensis</i>
1	A	B	C	D
2	B	C	D	A
3	C	D	A	B
4	D	A	B	C

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.3. **Hipótesis**

2.3.1. *Hipótesis nula*

Evaluando la materia prima y los procesos en la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A. no incrementa la tasa de extracción de aceite rojo.

2.3.2. *Hipótesis alternativa*

Evaluando la materia prima y los procesos en la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A. incrementa la tasa de extracción de aceite rojo.

2.4. Variables de la Hipótesis

2.4.1. Variable dependiente

La tasa de extracción de aceite rojo.

2.4.2. Variable independiente

Variedad de palma aceitera.

2.5. Localización del estudio

El tema de tesis Mejoramiento de la tasa de extracción de aceite rojo en la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A. se llevó a cabo dentro de la organización, que se encuentra situada en la Provincia de Esmeraldas, Cantón Quinindé, Parroquia la Unión, Sector Monterrey.

2.6. Técnicas de colección de datos

Mediante la observación, método de extracción soxhlet y centrifugación se recolectaron los datos necesarios para la investigación.

2.7. Análisis estadístico inferencial

Se analizó a través de pruebas de laboratorio el potencial de aceite de cuatro variedades de racimos de palma aceitera aplicando cuatro tratamientos. Se realizó un cuadro latino 4x4, un ANOVA y la prueba de Tukey para identificar la variedad con más alto potencial de aceite.

2.8. Métodos

2.8.1. Determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera

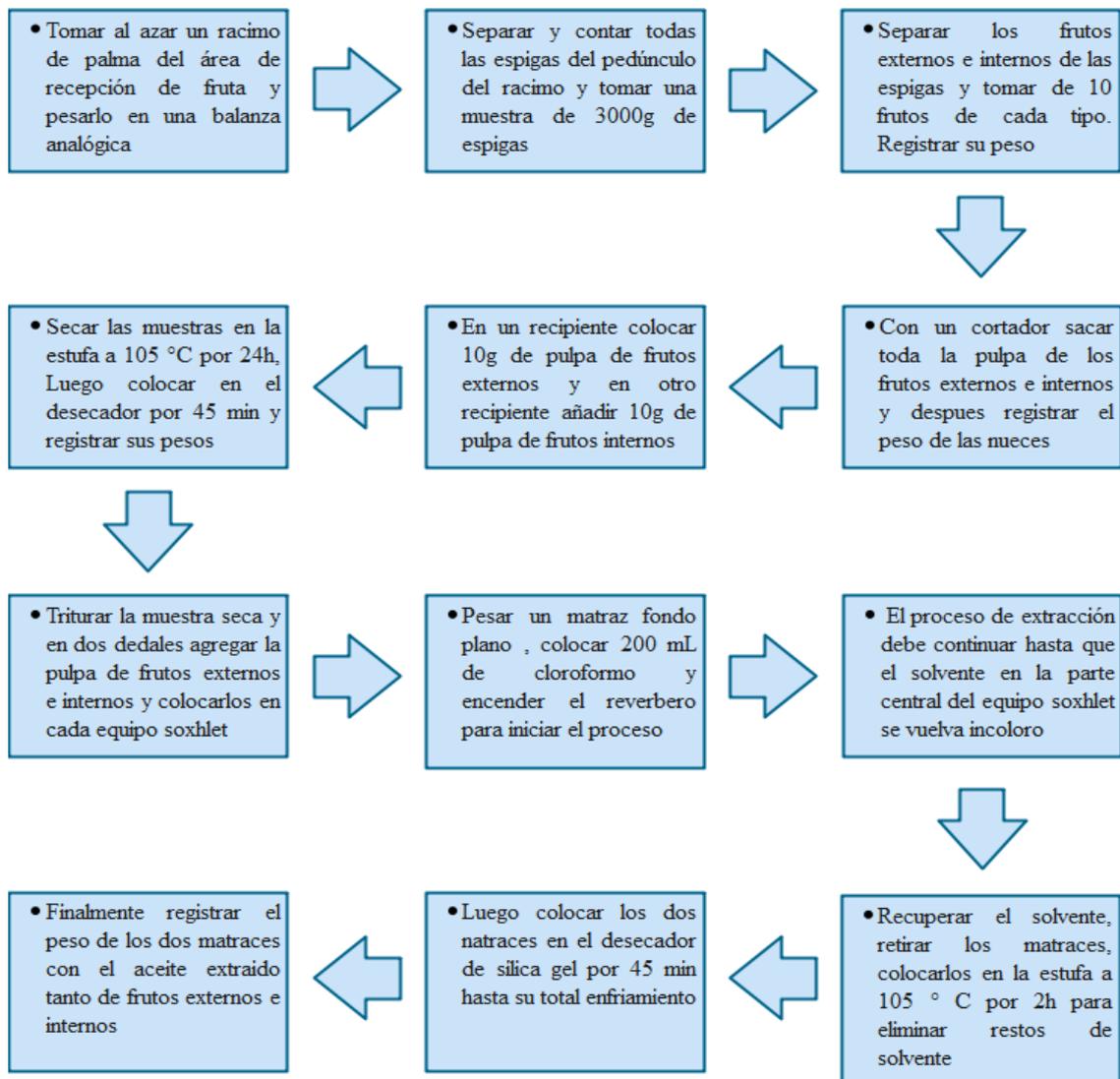


Figura 24-2. Diagrama de flujo para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.2. Determinación de pérdida de aceite en raquis

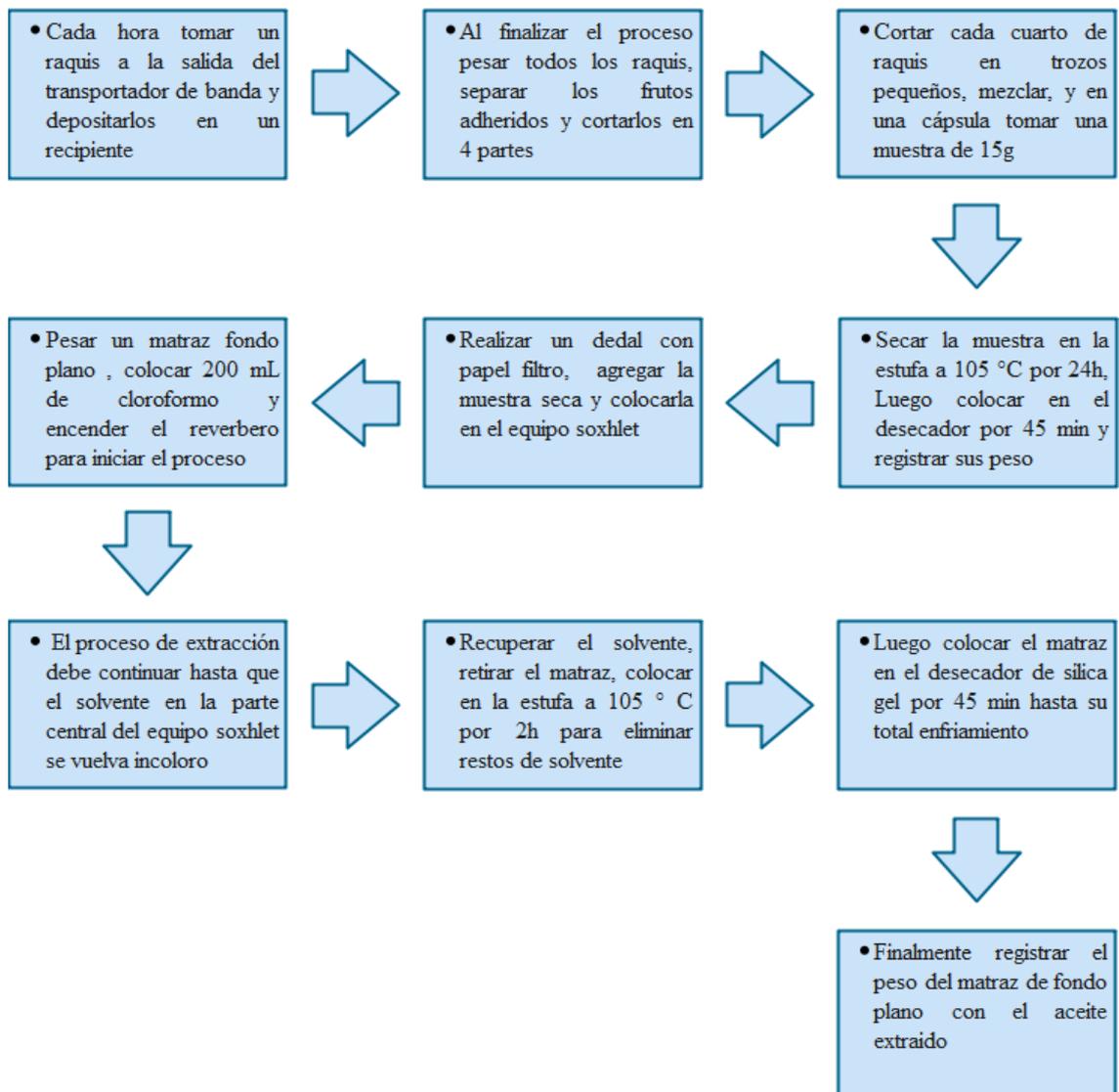


Figura 25-2. Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en raquis.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.3. Determinación de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis

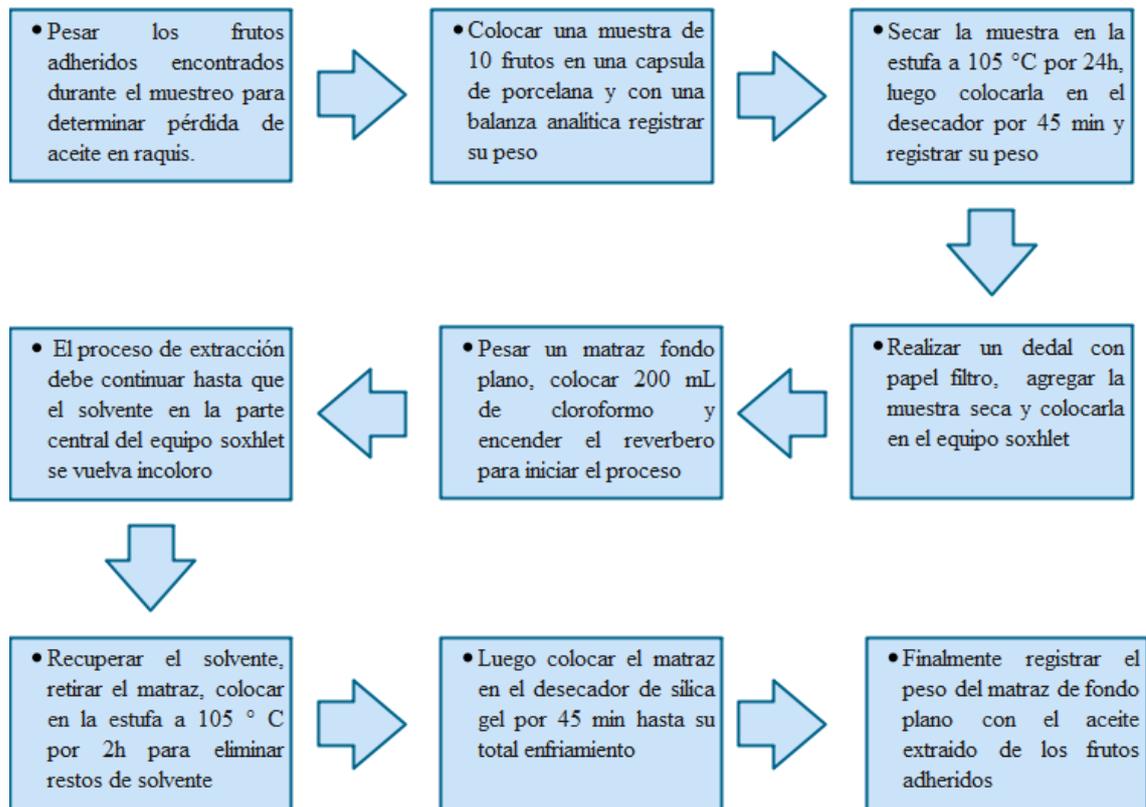


Figura 26-2. Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.4. Determinación de pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador

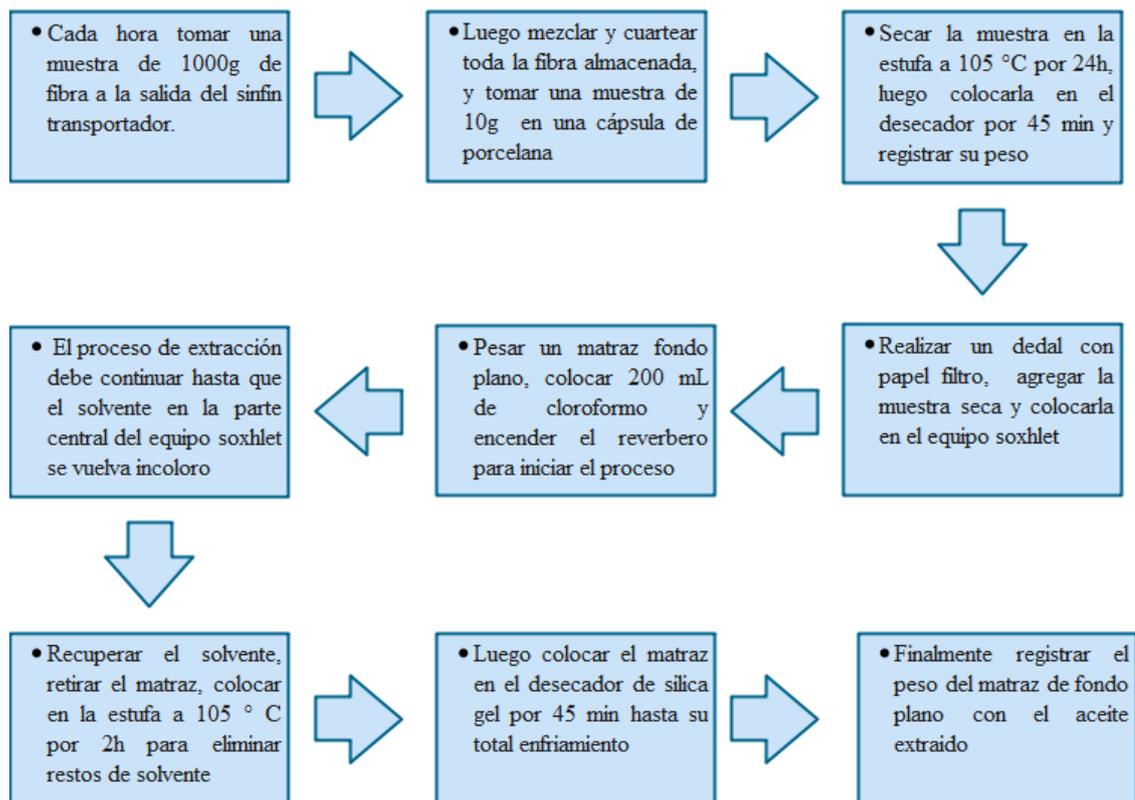


Figura 27-2. Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.5. Determinación de pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino

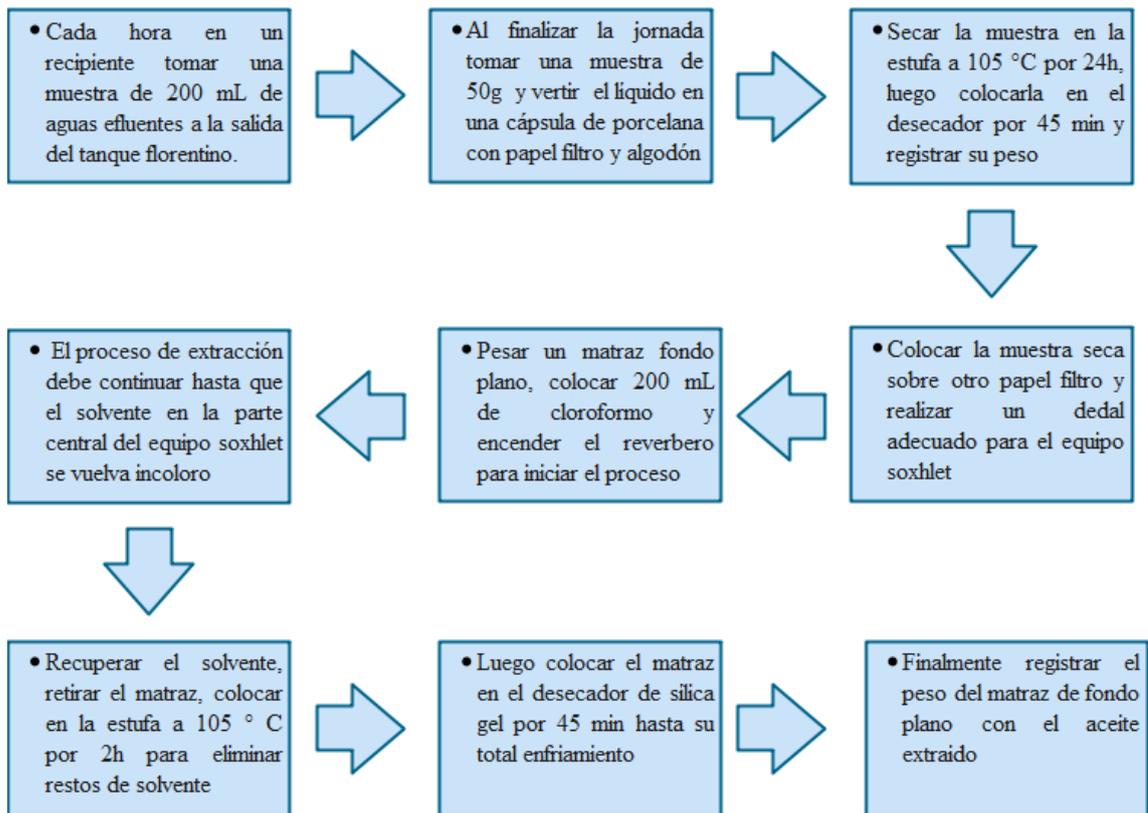


Figura 28-2. Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.6. Determinación de pérdida de aceite en nueces a la salida del sinfín transportador

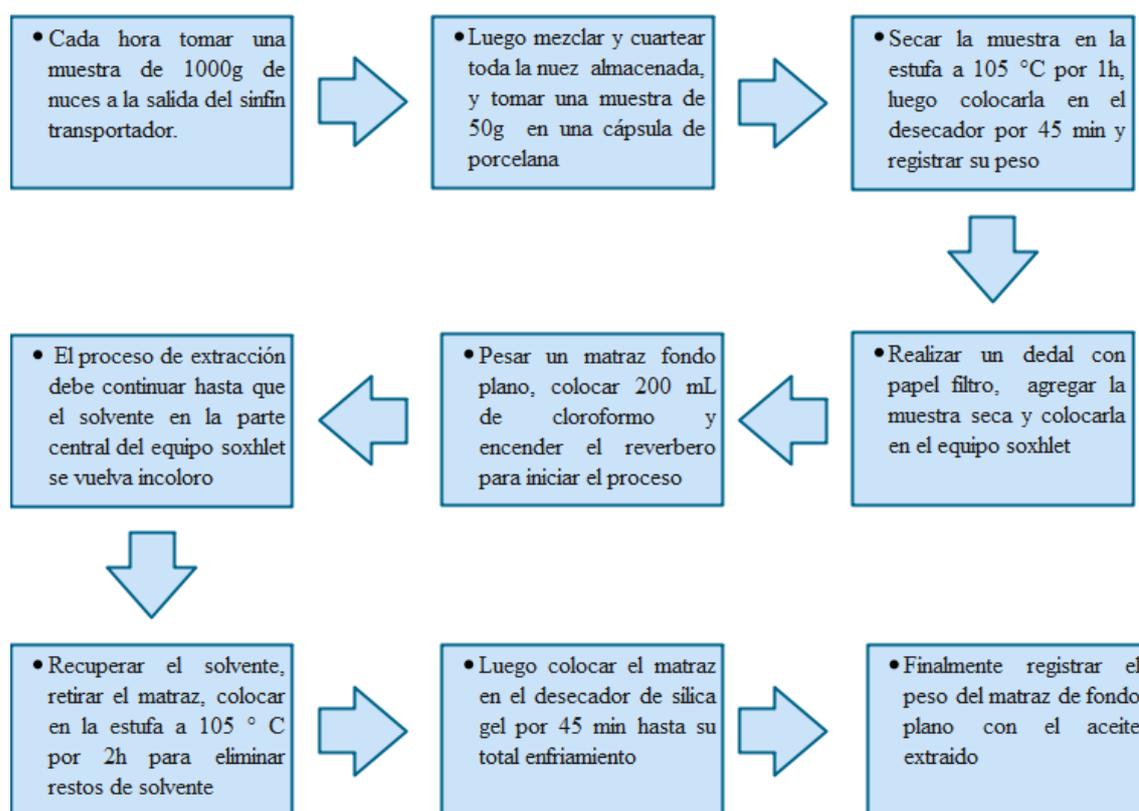


Figura 29-2. Diagrama de flujo para la determinación de pérdida de aceite en nueces a la salida del sinfín transportador.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.7. Determinación de las condiciones de operación en el proceso de esterilización

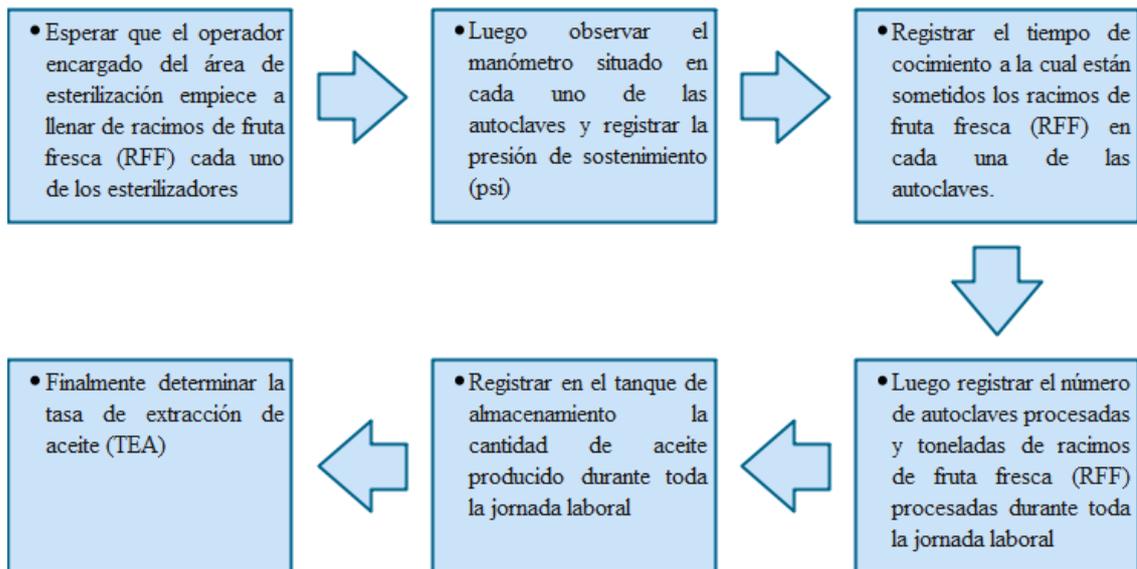


Figura 30-2. Diagrama de flujo para la determinación de las condiciones de operación en el proceso de esterilización.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.8. Determinación de las condiciones de operación en el proceso de Prensado – Digestión

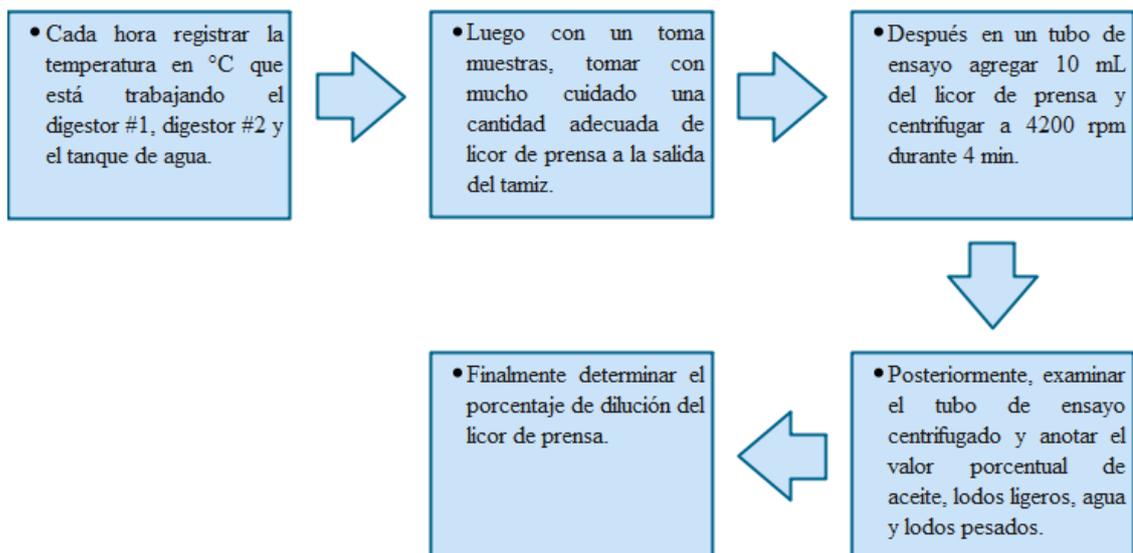


Figura 31-2. Diagrama de flujo para la determinación de las condiciones de operación en el proceso de Prensado – Digestión.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.9. Determinación de las condiciones de operación en el proceso de clarificación

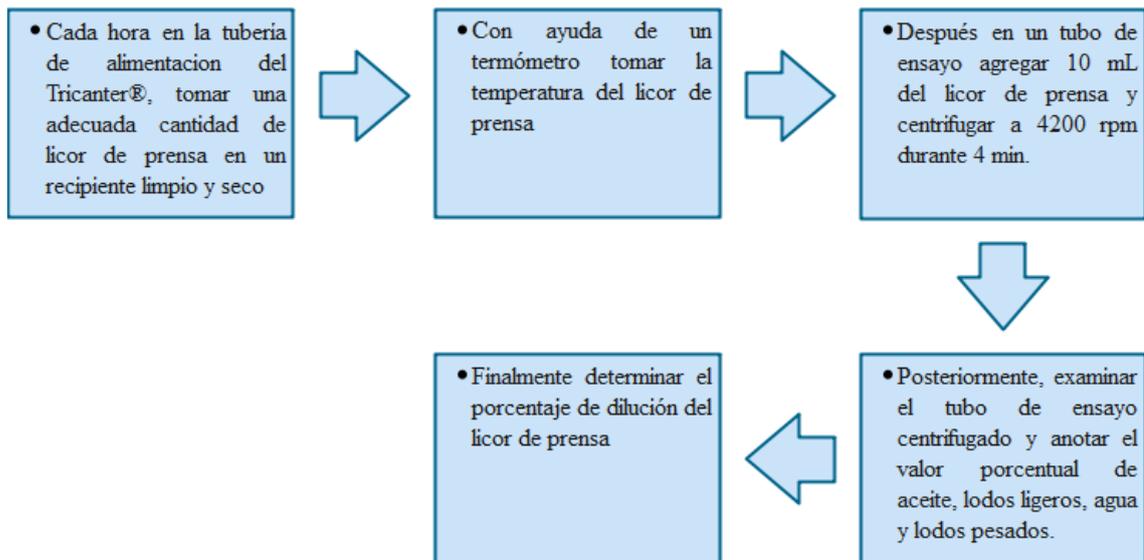


Figura 32-2. Diagrama de flujo para la determinación de las condiciones de operación en el proceso de clarificación.

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.10. Datos experimentales

2.8.10.1. Determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera según el tipo de variedad de fruta

En cada tratamiento se toma 10 frutos externos y 10 frutos internos de muestra y se pesa 10 g de mesocarpio fresco aceitoso externo e interno.

Tabla 3-2: Datos obtenidos del primer tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera.

TRATAMIENTO 1	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma
	Taisha	Coarí	Brunca	<i>E. guineensis</i>
Peso racimo, Kg	16,00	8,00	17,70	14,40
Peso pedúnculo, g	1700,00	850,00	1800,00	1000,00
Peso espigas del racimo, Kg	14,30	7,150	15,90	13,40
Peso muestra de espigas, Kg	3,00	3,00	3,00	3,00
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto externo) g	5,93	7,50	6,53	6,56
Peso nueces frutos externos muestra, g	10,63	0,00	0,00	19,09
Peso aceite extraído, g	3,72	5,46	4,73	5,40
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto interno) g	4,89	4,49	5,44	7,27
Peso nueces frutos interno muestra, g	25,41	26,39	23,53	17,69
Peso aceite extraído, g	3,92	4,74	3,13	6,23

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

Tabla 4-2: Datos obtenidos del segundo tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera.

TRATAMIENTO 2	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma
	Taisha	Coarí	Brunca	<i>E. guineensis</i>
Peso racimo, Kg	20,60	9,60	19,00	13,60
Peso pedúnculo, g	1600,00	900,00	1600,00	900,00
Peso espigas del racimo, Kg	19,00	8,70	17,40	12,70
Peso muestra de espigas, Kg	3,00	3,00	3,00	3,00
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto externo) g	6,13	5,67	6,10	6,46
Peso nueces frutos externos muestra, g	7,13	3,03	0,00	21,11
Peso aceite extraído, g	4,35	4,67	4,16	4,20
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto interno) g	6,65	6,77	5,92	6,44
Peso nueces frutos interno muestra, g	59,35	29,18	28,81	19,53
Peso aceite extraído, g	4,44	4,42	3,82	5,67

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

Tabla 5-2: Datos obtenidos del tercer tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera.

TRATAMIENTO 3	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma
	Taisha	Coarí	Brunca	<i>E. guineensis</i>
Peso racimo, Kg	19,00	14,80	18,60	13,00
Peso pedúnculo, g	1600,00	1250,00	1400,00	700,00
Peso espigas del racimo, Kg	17,40	13,55	17,20	12,30
Peso muestra de espigas, Kg	3,00	3,00	3,00	3,00
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto externo) g	6,09	6,95	6,07	6,85
Peso nueces frutos externos muestra, g	0,00	1,33	0,00	23,78
Peso aceite extraído, g	4,17	5,05	4,11	5,70
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto interno) g	6,92	7,85	5,85	6,98
Peso nueces frutos interno muestra, g	28,81	23,99	22,25	19,49
Peso aceite extraído, g	5,40	5,82	3,07	5,03

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

Tabla 6-2: Datos obtenidos del cuarto tratamiento para la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera.

TRATAMIENTO 4	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma híbrida	Palma
	Taisha	Coarí	Brunca	<i>E. guineensis</i>
Peso racimo, Kg	9,40	7,20	16,60	10,60
Peso pedúnculo, g	850,00	400,00	1500,00	1100,00
Peso espigas del racimo, Kg	8,55	6,80	15,10	9,50
Peso muestra de espigas, Kg	3,00	3,00	3,00	3,00
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto externo) g	6,19	6,84	6,75	7,22
Peso nueces frutos externos muestra, g	0,00	6,30	0,00	20,12
Peso aceite extraído, g	4,64	5,47	4,76	5,41
Peso mesocarpio seco aceitoso, (fruto interno) g	7,02	7,50	5,95	6,65
Peso nueces frutos externos muestra, g	0,00	6,30	0,00	20,12
Peso aceite extraído, g	5,38	5,79	3,96	6,24

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.11. Datos para la elaboración del balance de masas

2.8.11.1. Pérdida de aceite en raquis

Se toma un peso de muestra húmeda aceitosa de 15 g.

Tabla 7-2: Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en raquis.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
Peso muestra seca aceitosa, g	6,97	7,06	7,14	7,29	7,60	7,14	7,23	7,64
Peso aceite extraído, g	0,40	0,42	0,44	0,46	0,44	0,44	0,45	0,40

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.11.2. Pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis

Se toma un número de muestra de 10 frutos adheridos.

Tabla 8-2: Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
Peso raquis, g	17,00	15,40	15,60	19,40	15,80	13,40	13,20	17,60
Peso total frutos adheridos en raquis, g	200,00	150,00	110,00	57,76	100,64	97,50	103,95	149,50
Peso muestra húmeda de frutos adheridos, g	32,78	31,25	30,56	33,40	32,15	39,00	31,50	29,90
Peso muestra seca de frutos adheridos, g	26,78	24,50	23,78	27,62	26,95	33,87	25,29	23,08
Peso aceite extraído, g	12,91	11,51	10,62	13,96	12,04	11,20	11,22	11,71

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.11.3. Pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador

Se toma un peso de muestra húmeda aceitosa de 10 g.

Tabla 9-2: Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en fibras.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
Peso muestra seca aceitosa, g	7,02	6,94	7,11	7,25	6,01	6,76	6,91	6,88
Peso aceite extraído, g	0,55	0,34	0,41	0,39	0,38	0,35	0,38	0,39

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.11.4. Pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino

Se toma un peso de muestra húmeda aceitosa de 50 g.

Tabla 10-2: Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en aguas efluentes.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
Peso muestra seca aceitosa, g	3,57	3,85	3,29	3,18	3,18	3,86	3,21	3,05
Peso aceite extraído, g	0,86	0,89	0,83	0,93	0,93	0,90	0,78	0,72

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.11.5. Pérdida de aceite en nueces

Se toma un peso de muestra húmeda aceitosa de 50 g.

Tabla 11-2: Datos obtenidos para la determinación de pérdida de aceite en nueces.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
Peso muestra seca aceitosa, g	47,08	46,63	46,33	46,87	46,98	46,38	45,95	46,25
Peso aceite extraído, g	0,29	0,16	0,18	0,21	0,26	0,17	0,25	0,20

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.12. Datos del control de procesos

2.8.12.1. Control del proceso de esterilización

Tabla 12-2: Datos obtenidos del proceso de esterilización dos meses antes de la investigación.

EVALUACIÓN 1					
MESES	VARIEDADES	PRESIÓN (psi)	TIEMPO (min)	FRUTA PROCESADA (ton)	ACEITE PRODUCIDO (ton)
1	Taisha	50	60	100,000	15,830
	Coarí	50	60	100,000	16,100
	Brunca	50	60	100,000	11,430
	<i>E. Guineensis</i>	50	60	100,000	20,250
	TOTAL= 400,000				TOTAL= 63,610
2	Taisha	50	50	100,000	15,880
	Coarí	50	50	100,000	16,890
	Brunca	50	50	100,000	12,000
	<i>E. Guineensis</i>	50	50	100,000	20,930
	TOTAL= 400,000				TOTAL= 65,700

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

Tabla 13-2: Datos obtenidos del proceso de esterilización durante los dos meses de investigación.

EVALUACIÓN 2					
MESES	VARIEDADES	PRESIÓN (psi)	TIEMPO (min)	FRUTA PROCESADA (ton)	ACEITE PRODUCIDO (ton)
1	Taisha	45	60	100,000	16,190
	Coarí	45	60	100,000	17,220
	Brunca	45	60	100,000	12,500
	<i>E. Guineensis</i>	45	60	100,000	21,050
				TOTAL= 400,000	TOTAL= 66,960
2	Taisha	45	50	100,000	16,220
	Coarí	45	50	100,000	17,500
	Brunca	45	50	100,000	13,640
	<i>E. Guineensis</i>	45	50	100,000	21,430
				TOTAL= 400,000	TOTAL= 68,790

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.12.2. Control del proceso de Prensado – Digestión

Cada hora se toma una muestra de 10 mL de licor de prensa a la salida del tamiz vibratorio.

Tabla 14-2: Datos obtenidos del proceso de Prensado – Digestión.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
T °C DIGESTOR # 1	85,00	85,00	85,00	85,00	95,00	95,00	95,00	95,00
T °C DIGESTOR # 2	85,00	85,00	85,00	85,00	95,00	95,00	95,00	95,00
T °C DEL AGUA	85,00	85,00	85,00	85,00	95,00	95,00	95,00	95,00
% ACEITE	35,25	33,50	33,00	35,00	40,75	33,25	30,75	32,50
% LODO LIGERO	1,50	3,25	2,50	3,25	2,00	3,25	2,75	2,75
% AGUA	38,25	35,75	36,50	37,75	25,75	23,75	24,25	25,00
% LODO PESADO	25,00	27,50	28,00	24,00	31,50	39,75	42,25	39,75

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.12.3. Control del proceso de clarificación

Cada hora se toma una muestra de 10 mL de licor de prensa antes de ingresar al Tricanter o Separador de tres fases.

Tabla 15-2: Datos obtenidos del proceso de clarificación.

	MES 1				MES 2			
	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM4
T °C DEL LICOR	85,00	85,00	85,00	85,00	95,00	95,00	95,00	95,00
% ACEITE	32,25	30,50	27,00	31,00	29,50	30,25	31,50	33,00
% LODO LIGERO	2,00	2,00	2,75	2,25	1,75	2,00	1,75	1,25
% AGUA	35,00	33,75	30,75	33,25	24,00	24,75	25,75	27,75
% LODO PESADO	30,75	33,75	39,50	33,50	44,75	43,00	41,00	38,00

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

2.8.13. Cálculos

2.8.13.1. Cálculos para determinar el potencial de aceite de palma híbrida Taisha

- Porcentaje de espigas por racimo de fruta fresca (RFF).

$$\% \text{ Espigas/RFF} = \frac{\text{Peso espigas del racimo}}{\text{Peso racimo}} \times 100$$

$$\% \text{ Espigas/RFF} = \frac{14300,00 \text{ g}}{16000,00 \text{ g}} \times 100 = 89,38 \%$$

- Porcentaje de frutos externos por muestra de espigas.

$$\% \text{ Frutos externos/Espigas} = \frac{\text{Peso frutos externos}}{\text{Peso muestra de espigas}} \times 100$$

$$\% \text{ Frutos externos/Espiga} = \frac{900,00 \text{ g}}{3000,00 \text{ g}} \times 100 = 30,00 \%$$

- Porcentaje de frutos internos por muestra de espigas.

$$\% \text{ Frutos internos/Espigas} = \frac{\text{Peso frutos internos}}{\text{Peso muestra de espigas}} \times 100$$

$$\% \text{ Frutos internos/Espiga} = \frac{700,00 \text{ g}}{3000,00 \text{ g}} \times 100 = 23,33 \%$$

- Porcentaje de mesocarpio de frutos externos.

$$\% \text{ M. F.E} = \frac{\text{Peso. F.E} - \text{Peso nueces muestra F. E}}{\text{Peso F.E}} \times 100$$

$$\% \text{ M. F.E} = \frac{87,38 \text{ g} - 10,63 \text{ g}}{87,38 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ M. F.E} = 87,83 \%$$

Siendo:

% M. F.E: Porcentaje de mesocarpio de frutos externos.

Peso. F.E: Peso de la muestra de frutos externos.

Peso nueces muestra F. E: Peso de las nueces de la muestra de frutos externos.

- Porcentaje de mesocarpio de frutos internos.

$$\% \text{ M. F.I} = \frac{\text{Peso F. I} - \text{Peso nueces muestra F. I}}{\text{Peso F.I}} \times 100$$

$$\% \text{ M. F.I} = \frac{92,11 \text{ g} - 25,41 \text{ g}}{92,11 \text{ g}} \times 100 = 72,41 \%$$

Siendo:

% M. F.I: Porcentaje de mesocarpio de frutos internos.

Peso F. I: Peso de la muestra de frutos internos.

Peso nueces muestra F. I: Peso de las nueces de la muestra de frutos internos.

- Porcentaje de aceite contenido en la muestra de mesocarpio de frutos externos.

$$\% \text{ Aceite/M. F.E} = \frac{\text{Peso del aceite extraído}}{\text{Peso mesocarpio fresco aceitoso}} \times 100$$

$$\% \text{ Aceite/M. F. E} = \frac{3,72 \text{ g}}{10,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Aceite/M. F. E} = 37,20 \%$$

Siendo:

% Aceite/M. F. E: Porcentaje de aceite sobre la muestra de mesocarpio de frutos externos.

- Porcentaje de aceite de mesocarpio de frutos externos con respecto al racimo de fruta fresca.

$$\% \text{ AC.F.E/RFF} = \frac{\% \text{ Esp./RFF} * \% \text{ F. E/Esp.} * \% \text{ M. F. E} * \% \text{ AC/M. F.E}}{1000000}$$

$$\% \text{ AC.F.E/RFF} = \frac{89,38 * 30,00 * 87,83 * 37,20}{1000000}$$

$$\% \text{ AC.F.E/RFF} = 8,76 \%$$

Siendo:

% AC.F.E/RFF.: Porcentaje de aceite de los frutos externos sobre el racimo de fruta fresca.

% Esp/RFF: Porcentaje de espigas sobre racimo de fruta fresca.

% F.E/Esp.: Porcentaje de frutos externos sobre las espigas.

% M. F. E: Porcentaje de mesocarpio de la muestra de frutos externos.

% AC/M. F.E: Porcentaje de aceite sobre el mesocarpio de la muestra de frutos externos.

- Porcentaje de aceite contenido en la muestra de mesocarpio de frutos internos.

$$\% \text{ Aceite/M.F.I} = \frac{\text{Peso del aceite extraído}}{\text{Peso mesocarpio fresco aceitoso}} \times 100$$

$$\% \text{ Aceite/M.F.I} = \frac{3,92 \text{ g}}{10,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Aceite/M.F.I} = 39,20 \%$$

Siendo:

% Aceite/M.F.I: Porcentaje de aceite sobre la muestra de mesocarpio de frutos internos.

- Porcentaje de aceite de mesocarpio de frutos internos con respecto al racimo de fruta fresca.

$$\% \text{ AC. F.I/RFF.} = \frac{\% \text{ Esp./RFF} * \% \text{ F. I/Esp.} * \% \text{ M.F.I} * \% \text{ AC/M.F.I}}{1000000}$$

$$\% \text{ AC.F.I/RFF.} = \frac{89,38 * 23,33 * 72,41 * 39,20}{1000000} = 5,92 \%$$

Siendo:

% AC.F.I/RFF.: Porcentaje de aceite de los frutos internos sobre el racimo de fruta fresca.

% Esp./RFF: Porcentaje de espigas sobre racimo de fruta fresca.

% F.I/Esp.: Porcentaje de frutos internos sobre las espigas.

% M. F. I: Porcentaje de mesocarpio de la muestra de frutos internos.

% AC/M. F.I: Porcentaje de aceite sobre el mesocarpio de la muestra de frutos internos.

- Porcentaje de aceite total que contiene el racimo de fruta fresca.

$$\% \text{ AC. Total/RFF} = \% \text{ AC.F.E/RFF} + \% \text{ AC. F.I/RFF}$$

$$\% \text{ AC. Total/RFF} = 8,76 \% + 5,92 \%$$

$$\% \text{ AC.Total/RFF} = 14,68 \%$$

Siendo:

% AC.Total/RFF: Porcentaje de aceite total que contiene todo el racimo de fruta fresca.

2.8.13.2. Cálculos para determinar pérdida de aceite en raquis

- Cálculo del sólido seco no aceitoso.

$$SSNA = SSA - A.E$$

$$SSNA = 6,97 \text{ g} - 0,40 \text{ g}$$

$$SSNA = 6,57 \text{ g}$$

Siendo:

SSNA: Sólido seco no aceitoso.

SSA: Sólido seco aceitoso.

A.E: Aceite extraído.

- Cálculo del porcentaje de aceite en sólido seco no aceitoso.

$$\% AC/SSNA = \frac{A.E}{\text{muestra seca no aceitosa}} \times 100$$

$$\% AC/SSNA = \frac{0,40 \text{ g}}{6,57 \text{ g}} \times 100$$

$$\% AC/SSNA = 6,09 \%$$

Siendo:

% AC/SSNA: Porcentaje de aceite en sólido seco no aceitoso.

- Cálculo del porcentaje de sólido seco no aceitoso sobre raquis.

$$\% \text{ SSNA/Raquis} = \frac{\text{Peso de la muestra seca no aceitosa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ SSNA/Raquis} = \frac{6,57 \text{ g}}{15,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ SSNA/Raquis} = 43,80 \%$$

Siendo:

$\% \text{ SSNA/Raquis}$: Porcentaje de sólido seco no aceitoso sobre raquis.

- Cálculo de pérdida de aceite en raquis.

$$\% \text{ AC/RFF} = \frac{\% \text{ Raquis/RFF} * \% \text{ AC/SSNA} * \% \text{ SSNA/Raquis}}{10000}$$

$$\% \text{ AC/RFF} = \frac{20,00 * 6,09 * 43,80}{10000}$$

$$\% \text{ AC/RFF (impregnado en raquis)} = 0,53 \%$$

Siendo:

$\% \text{ AC/RFF}$: Porcentaje de pérdida de aceite por racimo de fruta fresca.

$\% \text{ Raquis/RFF}$: Porcentaje de raquis por racimo de fruta fresca.

Nota: El 20 % de Raquis/RFF es un valor de referencia de flujo másico establecido por la empresa EXTRACTORA “ATAHUALPA” EXTRACATA S.A. el cual indica que por cada

tonelada de racimos de fruta fresca procesada se obtiene un 20 % en peso de raquis aproximadamente.

2.8.13.3. Cálculos para determinar pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis

- Cálculo de porcentaje de frutos adheridos en raquis.

$$\% \text{ F. ADH/Raquis} = \frac{\text{Peso total frutos adheridos}}{\text{Peso total de los raquis}} \times 100$$

$$\% \text{ F. ADH/Raquis} = \frac{200,00 \text{ g}}{17000,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ F. ADH/Raquis} = 1,18 \%$$

Siendo:

$\% \text{ F. ADH/Raquis}$: Porcentaje de frutos adheridos en raquis.

- Cálculo de pérdida de aceite en frutos adheridos.

$$\% \text{ AC/F. ADH} = \frac{\text{Peso aceite extraído}}{\text{Peso muestra húmeda de frutos adheridos}} \times 100$$

$$\% \text{ AC/F. ADH} = \frac{12,91 \text{ g}}{32,78 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ AC/F. ADH} = 39,38 \%$$

Siendo:

$\% \text{ AC/F. ADH}$: Porcentaje de pérdida de aceite en frutos adheridos.

- Cálculo de pérdida de aceite en frutos adheridos sobre racimo de fruta fresca.

$$\% AC/RFF = \frac{\% AC/F. ADH * \% F. ADH/Raquis * \% Raquis/RFF}{10000} \times 100$$

$$\% AC/RFF = \frac{39,38 * 1,18 * 20}{10000}$$

$$\% AC/RFF(\text{en fruto adherido al raquis}) = 0,09 \%$$

Siendo:

$\% AC/RFF$: Porcentaje de pérdida de aceite en frutos adheridos sobre racimo de fruta fresca.

2.8.13.4. Cálculos para determinar pérdidas de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador

- Cálculo del sólido seco no aceitoso.

$$SSNA = SSA - A.E$$

$$SSNA = 7,02 \text{ g} - 0,55 \text{ g}$$

$$SSNA = 6,47 \text{ g}$$

Siendo:

SSNA: Sólido seco no aceitoso.

SSA: Sólido seco aceitoso.

A.E: Aceite extraído.

- Cálculo del porcentaje de aceite en sólido seco no aceitoso.

$$\% AC/SSNA = \frac{A.E}{\text{muestra seca no aceitosa}} \times 100$$

$$\% \text{ AC/SSNA} = \frac{0,55 \text{ g}}{6,47 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ AC/SSNA} = 8,50 \%$$

Siendo:

$\% \text{ AC/SSNA}$: Porcentaje de aceite en sólido seco no aceitoso.

- Cálculo del porcentaje de sólido seco no aceitoso en fibras.

$$\% \text{ SSNA/Fibras} = \frac{\text{Peso de la muestra seca no aceitosa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ SSNA/Fibras} = \frac{6,47 \text{ g}}{10,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ SSNA/Fibras} = 64,70 \%$$

Siendo:

$\% \text{ SSNA/Fibras}$: Porcentaje de sólido seco no aceitoso en fibras.

- Cálculo de pérdida de aceite en fibras.

$$\% \text{ AC/RFF} = \frac{\% \text{ SSNA/Fibras} * \% \text{ AC/SSNA} * \% \text{ Fibras/RFF}}{10000}$$

$$\% \text{ AC/RFF} = \frac{64,70 * 8,50 * 15,00}{10000}$$

$$\% \text{ AC/RFF}(\text{impregnado en fibra}) = 0,82 \%$$

Siendo:

$\% AC/RFF$: Porcentaje de pérdida de aceite impregnado en fibras sobre racimo de fruta fresca.

Nota: El 15 % de Fibras/RFF es un valor de referencia de flujo másico establecido por la empresa EXTRACTORA “ATAHUALPA” EXTRACATA S.A. el cual indica que por cada tonelada de racimos de fruta fresca procesada se obtiene un 15 % en peso de fibras aproximadamente.

2.8.13.5. Cálculos para determinar pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino

- Cálculo para determinar gramos de aceite perdido por litro de efluente.

50 mL de efluente → 0,86 g de aceite extraído

1000 mL de efluente → X=17,20 g/L de efluente

- Cálculo de pérdida de aceite en aguas efluentes.

$$\% AC/RFF = \frac{\text{g Aceite/L de efluente} * m^3/TRFF}{10}$$

$$\% AC/RFF = \frac{17,20 \text{ g/L de efluente} * 0,79 m^3/TRFF}{10}$$

$$\% AC/RFF = 1,36 \%$$

Siendo:

$\% AC/RFF$: Porcentaje de pérdida de aceite en efluentes líquidos sobre racimo de fruta fresca.

$m^3/TRFF$: Volumen en metros cúbicos de efluentes sobre toneladas de racimos de fruta fresca procesada.

g Aceite/L de efluentes: gramos de aceite perdido por cada litro de aguas efluentes.

Nota: La cantidad de 0,79 m³/TRFF es un valor de referencia de flujo másico establecido por la empresa EXTRACTORA “ATAHUALPA” EXTRACATA S.A. el cual indica que por cada tonelada de racimos de fruta fresca procesada se descarga 0,79 m³ de aguas efluentes.

2.8.13.6. Cálculos para determinar pérdida de aceite en nueces

- Cálculo de porcentaje de aceite en nuez.

$$\% \text{ AC/Nuez} = \frac{\text{Peso del aceite extraído}}{\text{muestra húmeda aceitosa}} \times 100$$

$$\% \text{ AC/Nuez} = \frac{0,29 \text{ g}}{50,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ AC/Nuez} = 0,58 \%$$

Siendo:

$\% \text{ AC/Nuez}$: Porcentaje de aceite contenido en nueces.

- Cálculo de pérdida de aceite en nueces

$$\% \text{ AC/RFF} = \frac{\% \text{ AC/Nuez} * \% \text{ Nuez/RFF}}{100}$$

$$\% \text{ AC/RFF} = \frac{0,58 * 11,24}{100}$$

$$\% \text{ AC/RFF} = 0,07 \%$$

Siendo:

$\% \text{ AC/RFF}$: Porcentaje de pérdida de aceite impregnado en nueces sobre racimo de fruta fresca.

$\% \text{ Nuez/RFF}$: Porcentaje de nueces sobre racimo de fruta fresca.

Nota: El 11,24 % de Nueces/RFF es un valor de referencia establecido por la empresa EXTRACTORA “ATAHUALPA” EXTRACATA S.A. el cual indica que por cada tonelada de racimos de fruta fresca procesada se obtiene un 11,24 % en peso de nueces aproximadamente.

2.8.13.7. *Cálculo para determinar la cantidad de aceite perdido en efluentes*

$$C.A.P = \frac{\text{Porcentaje de pérdida de aceite} * \text{Toneladas de racimos procesados}}{100}$$

$$C.A.P = \frac{0,57\% * 400,000}{100}$$

$$C.A.P = 2,280 \text{ ton}$$

Siendo:

C.A.P: Cantidad de aceite perdido en efluentes.

2.8.13.8. *Cálculo para determinar la tasa de extracción de aceite*

$$TEA = \frac{\text{Toneladas de ceite producido}}{\text{Toneladas de racimos procesados}} * 100$$

$$TEA = \frac{15,830}{100,000} * 100$$

$$TEA = 15,83 \%$$

Siendo:

TEA: Tasa de extracción de aceite.

2.8.13.9. Cálculo para determinar el porcentaje de dilución del licor de prensa

$$\% \text{ Dilución} = \frac{\% \text{ Vol. Aceite}}{\% \text{ Vol. Agua}}$$

$$\% \text{ Dilución} = \frac{35,25\% \text{ Vol. Aceite}}{38,25\% \text{ Vol. Agua}}$$

$$\% \text{ Dilución} = 0,92 \%$$

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Resultados del diseño experimental

Tabla 16-3: Resultados obtenidos de la determinación del potencial de aceite de racimos de palma aceitera según el tipo de variedad de fruta.

TRAT.	VARIETADES			
	Palma híbrida Taisha	Palma híbrida Coarí	Palma híbrida Brunca	Palma <i>E. guineensis</i>
1	14,68 %	23,58 %	13,58 %	29,47 %
2	20,27 %	22,18 %	13,27 %	28,63 %
3	14,05 %	19,08 %	11,30 %	27,08 %
4	16,47 %	20,32 %	13,05 %	26,56 %

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

Al determinar el potencial de aceite de cuatro variedades de palma aceitera por el método de extracción soxhlet, se puede observar en los cuatro tratamientos de la Tabla 16-3, que la variedad *E. guineensis* contiene mayor porcentaje de aceite residual, tales como 29,47 %; 28,63 %; 27,08 % y 26,56 %, mientras que, las variedades de palma híbrida presentan menores porcentajes de aceite, en especial los racimos híbridos Brunca con porcentajes de 13,58 %; 13,27 %; 11,30 % y 13,05 %, es decir, es la variedad de menor calidad que ingresa al área de recepción de fruta.

3.2. Resultados del balance de masas

Tabla 17-3: Resultados de las pérdidas de aceite en las fuentes más importantes de la planta de extracción.

MES 1							
PÉRDIDAS EN:	PARAMETROS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	PROMEDIO	CANT (ton)
Raquis	% AC/RFF (impregnado en raquis)	0,53	0,56	0,59	0,61	0,57	2,280
Frutos adheridos	%AC/RFF (en fruto adherido al raquis)	0,09	0,07	0,05	0,03	0,06	0,240
Fibras	% AC/RFF (impregnado en fibra)	0,82	0,51	0,62	0,59	0,64	2,560
Aguas efluentes	% AC/RFF (por efluentes líquidos)	1,36	1,41	1,31	1,47	1,39	5,560
Nueces	% AC/RFF (impregnado en nueces)	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05	0,200
TOTAL, PÉRDIDAS (%AC/RFF)		2,87	2,59	2,61	2,75	2,71	10,840
MES 2							
PÉRDIDAS EN:	PARAMETROS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	PROMEDIO	CANT (ton)
Raquis	% AC/RFF (impregnado en raquis)	0,59	0,59	0,60	0,53	0,58	2,320
Frutos adheridos	%AC/RFF (en fruto adherido al raquis)	0,05	0,04	0,06	0,07	0,05	0,200
Fibras	% AC/RFF (impregnado en fibra)	0,57	0,52	0,57	0,59	0,56	2,240
Aguas efluentes	% AC/RFF (por efluentes líquidos)	1,47	1,42	1,23	1,14	1,32	5,280
Nueces	% AC/RFF (impregnado en nueces)	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05	0,200
TOTAL, PÉRDIDAS (%AC/RFF)		2,74	2,61	2,52	2,37	2,56	10,240

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

El control de pérdidas de aceite en la planta de extracción se llevó a cabo a través de un balance de masas como se logra observar en la Tabla 17-3, en el cual se identificó una pérdida promedio de aceite en tusas de 0,57 % en el primer mes y 0,58 % durante el segundo mes de proceso, encontrándose dichas pérdidas dentro de los límites permisibles. Según Uribe (1999b: p. 36), durante el desfrutamiento en el interior del tambor desfrutador, el raquis entra en contacto con los frutos y otros racimos generando que el aceite se impregne en el raquis, la norma admite un valor de pérdida en raquis de 0,40 a 0,60 %, es decir, se cumple la norma establecida.

En la Tabla 17-3, el porcentaje promedio de pérdidas de aceite en frutos adheridos que se produjo en el primer mes es de 0,06 % y 0,05 % durante el segundo mes. Según Uribe (1999c: p. 35), no todos los frutos del racimo son desprendidos del raquis, y por ende se produce la pérdida del aceite contenido en ello, la norma establece un valor permisible para la pérdida en un rango de 0,03-0,05 %, es decir, solo el segundo mes cumple la norma establecida.

De acuerdo a la Tabla 17-3, la pérdida promedio de aceite en fibras en el primer mes es 0,64 % y 0,56 % para el segundo mes, según Uribe (1999d: p. 36), durante el prensado, algunas celdas que contienen el aceite no se rompen, ocasionando una pérdida en el residuo, la norma permite un máximo para la pérdida en un rango de 0,50 - 0,60 %, de tal manera, que la pérdida promedio de aceite en fibras durante el primer mes se encuentra dentro de los límites permisibles.

Según Villa (2005b: p. 87), las pérdidas de aceite en aguas efluentes debe estar en el rango de 0,5 al 0,7 %. En la Tabla 17-3, se puede apreciar una pérdida promedio de 1,39 % en el primer mes y un 1,32 % en el segundo mes, es decir, son las pérdidas de aceite más altas que se producen en la planta de extracción con un rango promedio de 5,280 - 5,560 Ton de aceite rojo aproximadamente. Según Uribe (1999e: p. 37), Los residuos de mesocarpio y el aceite impregnado en las nueces constituyen pérdidas de aceite en este subproducto, la norma establece un máximo permisible en el rango de 0,05 - 0,06 %. En la Tabla 17-3, se puede apreciar una pérdida promedio de aceite impregnado en nueces de 0,05 % en los dos meses de proceso, es decir, se encuentra dentro de los límites permisibles en el rango de 0,05 – 0,06 %.

De acuerdo a la Tabla 17-3, en el primer mes se obtuvo una pérdida total de 2,71 %, eso significa que el 2,71 % del total de racimos procesados durante dicho mes equivale a la cantidad de aceite perdido, es decir, durante el primer mes se procesó en total 400,000 ton de RFF, entonces, se estima que se perdió 10,849 ton de aceite rojo aproximadamente, mientras tanto, en el segundo mes al procesar 400,000 ton de RFF con un 2,56 % de pérdidas totales, se produjo una pérdida de 10,240 ton de aceite rojo aproximadamente. Según Ah Ngan Ma (1998, p. 278), el porcentaje de pérdida total de aceite debe ser como máximo 1,86 %. Sin embargo, el porcentaje de pérdidas totales de aceite en la Extractora “Atahualpa” Extracata S.A., es del 2,71 % y 2,56 %, es decir, se encuentran por encima del 1,86 %

3.3. Resultados del control de procesos

3.3.1. Resultados del control de Proceso de esterilización

Tabla 18-3: Porcentajes de extracción de aceite según el tipo de variedad de fruta procesada.

VARIETADES	PORCENTAJES DE EXTRACCIÓN				PROMEDIO
	EVALUACIÓN 1		EVALUACIÓN 2		
	MES 1	MES 2	MES 1	MES 2	
Taisha	15,83 %	15,88 %	16,19 %	16,22 %	16,03 %
Coarí	16,10 %	16,89 %	17,22 %	17,50 %	16,93 %
Brunca	11,43 %	12,00 %	12,50 %	13,64 %	12,39 %
<i>E. Guineensis</i>	20,25 %	20,93 %	21,05 %	21,43 %	20,92 %

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

Los porcentajes de extracción de aceite rojo de la primera evaluación descrita en la Tabla 18-3, corresponde a los resultados de la empresa Extractora “Atahualpa” Extracata S.A dos meses antes de la investigación, y los resultados de la segunda evaluación corresponde a la tasa de extracción de aceite que se obtuvo durante los dos meses de investigación. Se identificó un ligero incremento de la tasa de extracción de aceite durante el segundo mes, tales como 16,22 %; 17,50 %; 13,64 % y 21,43 % cuando las cuatro variedades fueron sometidas en la sección de esterilización a 45 psi durante 50 min, mientras que, la tasa de extracción de aceite durante el primer mes son inferiores, tales como 16,19 %; 17,22 %; 12,50 %; y 21,05 % al ser sometidas en la sección de esterilización a 45 psi durante 60 min.

3.3.2. Resultados del control de proceso de prensado-digestión

Tabla 19-3: Porcentajes de dilución del licor de prensa en el proceso de prensado-digestión.

MES 1				MES 2			
T °C DIGESTOR #1	T °C DIGESTOR #2	T °C DEL AGUA	% DILUCIÓN	T °C DIGESTOR #1	T °C DIGESTOR #2	T °C DEL AGUA	% DILUCIÓN
85,00	85,00	85,00	0,93	95,00	95,00	95,00	1,58
85,00	85,00	85,00	0,94	95,00	95,00	95,00	1,40
85,00	85,00	85,00	0,91	95,00	95,00	95,00	1,27
85,00	85,00	85,00	0,93	95,00	95,00	95,00	1,30
PROMEDIO			0,93				1,38

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

En el proceso de prensado – digestión descrita en la Tabla 19-3, durante el primer mes se obtuvo un porcentaje de dilución promedio de 0,93 % cuando los digestores que maceran los frutos y el agua que se agrega en la etapa de prensado se encuentran en condiciones de temperatura de 85 °C, sin embargo, en el segundo mes el porcentaje de dilución promedio incrementa a 1,38 % al estar operando los digestores y el agua de prensa a 95 °C. Según (Yáñez et al., 2008b: p.21), experimentalmente han comprobado que el porcentaje de dilución (1,40 % vol. aceite / % vol. agua) es la más óptima para el licor de prensa ya que permite una rápida separación del aceite, un incremento global en la eficiencia del proceso y la reducción del impacto ambiental por disminución en el consumo de agua y generación de efluentes. De acuerdo con Villa (2005c: p.81), la carga dentro del digestor debe mantenerse en un rango de temperaturas entre los 92 - 95 °C y mantener siempre lleno el digestor u operar al menos a $\frac{3}{4}$ de lleno.

3.3.3. Resultados del control de proceso de clarificación

Tabla 20-3: Porcentajes de dilución del licor de prensa en el proceso de clarificación.

MES 1		MES 2	
T °C	%	T °C	%
LICOR DE PRENSA	DILUCIÓN	LICOR DE PRENSA	DILUCIÓN
85,00	0,92	95,00	1,24
85,00	0,90	95,00	1,23
85,00	0,89	95,00	1,23
85,00	0,93	95,00	1,19
PROMEDIO	0,91		1,22

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

En la Tabla 20-3, se puede apreciar un incremento del porcentaje de dilución en un 1,22 % cuando la temperatura del licor de prensa antes de ingresar al Tricanter o Separador de tres fases se encuentra a 95 °C, esto indica que en el segundo mes hubo una mejor separación del aceite del resto de productos tales como agua, lodos ligeros y lodos pesados. Según (Yáñez et al., 2008c: p.21), el porcentaje de dilución óptimo es de (1,40 % vol. aceite / % vol. agua). Según Villa (2005d: p. 87), la temperatura del licor de prensa debe mantenerse en un rango entre los 92 y los 97 °C, es decir, en base a los resultados obtenidos los operadores de la empresa deberían optar por incrementar la temperatura del licor de prensa en el tanque homogeneizador para que el licor antes de ingresar al Tricanter se encuentre a una temperatura más elevada y permita una rápida separación del aceite.

3.4. Análisis estadístico del potencial de aceite de palma según el tipo de variedad de fruta

3.4.1. ANOVA Potencial de aceite de palma según el tipo de variedad de fruta

Tabla 21-3: Resultados del análisis estadístico de los cuatro tratamientos y variedades de palma aceitera.

Descriptivos								
Variable dependiente: Variedad								
N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	
				Límite inferior	Límite superior			
1	4	20,33	7,56	3,78	8,29	32,36	13,58	29,47
2	4	21,09	6,32	3,16	11,03	31,15	13,27	28,63
3	4	17,88	6,93	3,46	6,85	28,90	11,30	27,08
4	4	19,10	5,79	2,90	9,88	28,32	13,05	26,56
Total	16	19,60	6,11	1,53	16,34	22,85	11,30	29,47

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Tabla 22-3: Resultados del ANOVA de las variedades de palma aceitera.

ANOVA					
Variable dependiente: Variedad					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	23,836	3	7,945	0,178	0,000
Dentro de grupos	536,156	12	44,680		
Total	559,992	15			

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

De acuerdo a los resultados del ANOVA se puede apreciar un valor de $p = 0,000$ lo que significa que al ubicarse por debajo del nivel de significancia de 0,05 nos indica que el porcentaje de aceite de las variedades son significativamente diferentes.

Para determinar la posibilidad de diferencias existentes entre los diferentes tratamientos aplicados y las distintas variedades utilizadas se recurrió a la aplicación de una prueba de Tukey. La diferencia de medias es significativa al nivel de 0,05. A continuación, se presentan las comparaciones de los resultados de este proceso entre los diferentes grupos.

Tabla 23-3: Resultados de las comparaciones múltiples de los cuatro tratamientos y variedades de palma aceitera.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Variedad						
HSD Tukey						
(I)	Diferencia de			Intervalo de confianza al 95%		
Tratamiento	medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
1	2	0,76	4,73	0,00	14,79	13,27
	3	2,45	4,73	0,01	11,58	16,48
	4	1,23	4,73	0,04	12,81	15,26
2	1	0,76	4,73	0,00	13,27	14,79
	3	3,21	4,73	0,00	10,82	17,24
	4	1,99	4,73	0,07	-12,05	16,02
3	1	-2,45	4,73	0,05	-16,48	11,58
	2	-3,21	4,73	0,90	-17,24	10,82
	4	-1,22	4,73	0,99	-15,26	12,81
4	1	-1,23	4,73	0,99	-15,26	12,81
	2	-1,99	4,73	0,97	-16,02	12,05
	3	1,22	4,73	0,99	-12,81	15,26

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Tabla 24-3: Resultados de la prueba de Tukey de los cuatro tratamientos y variedades de palma aceitera.

Variedad		
HSD Tukey ^a		
Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
3	4	17,88
4	4	19,10
1	4	20,33
2	4	21,09
Sig.		0,90

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Los resultados de la prueba de Tukey muestran las medias para los grupos en todos los subconjuntos en los cuales se aprecia un tamaño muestral armónico, correspondiendo al mismo para cada subgrupo y la existencia de diferencias entre las medias de todos los grupos. Los

resultados de la prueba evidencian la existencia de diferencias de medias entre el tratamiento 1 con el tratamiento 3, es decir, las mayores diferencias se presentan entre la Palma híbrida Taisha y la Palma *E. guineensis*.

3.5. Análisis estadístico del balance de masas

3.5.1. ANOVA Pérdida de aceite en raquis

Tabla 25-3: Cantidad de pérdida de aceite en raquis por extracción soxhlet.

MES 1				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,40	0,42	0,44	0,46
MES 2				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,44	0,44	0,45	0,40

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

H0: $M1 \geq M2$ (La media de extracción del mes 1 es mayor o igual a la media de extracción del mes 2).

H1: $M1 < M2$ (La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2).

Tabla 26-3: Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en raquis.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	4	1,72	0,43	0,00066667		
Columna 2	4	1,73	0,4325	0,00049167		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,25E-05	1	1,25E-05	0,02158273	0,88801463	5,98737761
Dentro de los grupos	0,003475	6	0,00057917			
Total	0,0034875	7				

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Para el análisis se establece que si $F >$ valor crítico F se rechaza la H_0 ; caso contrario se acepta H_1 .

Como se puede observar en la tabla de análisis de varianza para el presente caso $F (0,02158273) < 5,98737761$, por lo tanto, se acepta H_1 : La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2, lo cual evidencia que existe un incremento en la extracción para el segundo mes posterior a las evaluaciones aplicadas, o a su vez que existe una mayor pérdida en el mes 1.

3.5.2. ANOVA Pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis

Tabla 27-3: Cantidad de pérdida de aceite en frutos adheridos a los raquis por extracción soxhlet.

MES 1				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	12,91	11,51	10,62	13,96
MES 2				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	12,04	11,20	11,22	11,71

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

H_0 : $M_1 \geq M_2$ (La media de extracción del mes 1 es mayor o igual a la media de extracción del mes 2).

H_1 : $M_1 < M_2$ (La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2).

Tabla 28-3: Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en frutos adheridos a los raquis.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	4	49	12,25	2,18806667		
Columna 2	4	46,17	11,5425	0,165625		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1,0011125	1	1,0011125	0,8506743	0,39194019	5,98737761
Dentro de los grupos	7,061075	6	1,17684583			
Total	8,0621875	7				

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Para el análisis se establece que si $F >$ valor crítico F se rechaza la H_0 ; caso contrario se acepta H_1 .

Como se puede observar en la tabla de análisis de varianza para el presente caso $F(0,8506743) < 5,98737761$, por lo tanto, se acepta H_1 : La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2, lo cual evidencia que existe un incremento en la extracción para el segundo mes posterior a las evaluaciones aplicadas, o a su vez que existe una mayor pérdida en el mes 1.

3.5.3. ANOVA Pérdida de aceite en fibras a la salida del sinfín transportador

Tabla 29-3: Cantidad de pérdida de aceite en fibras por extracción soxhlet.

MES 1				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,55	0,34	0,41	0,39
MES 2				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,38	0,35	0,38	0,39

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

H_0 : $M_1 \geq M_2$ (La media de extracción del mes 1 es mayor o igual a la media de extracción del mes 2).

H_1 : $M_1 < M_2$ (La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2).

Tabla 30-3: Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en fibras.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	4	1,69	0,4225	0,00809167		
Columna 2	4	1,5	0,375	0,0003		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0045125	1	0,0045125	1,0754717	0,33968821	5,98737761
Dentro de los grupos	0,025175	6	0,00419583			
Total	0,0296875	7				

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Para el análisis se establece que si $F >$ valor crítico F se rechaza la H_0 ; caso contrario se acepta H_1 .

Como se puede observar en la tabla de análisis de varianza para el presente caso $F(1,0754717) < 5,98737761$ por lo tanto, se acepta H_1 : La media de extracción del mes 1 es menor a la media de

extracción del mes 2, lo cual evidencia que existe un incremento en la extracción para el segundo mes posterior a las evaluaciones aplicadas, o a su vez que existe una mayor pérdida en el mes 1.

3.5.4. ANOVA Pérdida de aceite en aguas efluentes a la salida del tanque florentino

Tabla 31-3: Cantidad de pérdida de aceite en aguas efluentes por extracción soxhlet.

MES 1				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,86	0,89	0,83	0,93
MES 2				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,93	0,90	0,78	0,72

Realizado por: Jefferson Navarro, 2020.

H0: $M1 \geq M2$ (La media de extracción del mes 1 es mayor o igual a la media de extracción del mes 2).

H1: $M1 < M2$ (La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2).

Tabla 32-3: Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en aguas efluentes.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	4	3,51	0,8775	0,001825		
Columna 2	4	3,33	0,8325	0,009825		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,00405	1	0,00405	0,69527897	0,43630563	5,98737761
Dentro de los grupos	0,03495	6	0,005825			
Total	0,039	7				

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Para el análisis se establece que si $F >$ valor crítico F se rechaza la H0; caso contrario se acepta H1.

Como se puede observar en la tabla de análisis de varianza para el presente caso $F (0,69527897) < 5,98737761$, por lo tanto, se acepta H1: La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2, lo cual evidencia que existe un incremento en la extracción para el segundo mes posterior a las evaluaciones aplicadas, o a su vez que existe una mayor pérdida en el mes 1.

3.5.5. ANOVA Pérdida de aceite en nueces a la salida del sinfín transportador

Tabla 33-3: Cantidad de Pérdida de aceite en nueces por extracción soxhlet.

MES 1				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,29	0,16	0,18	0,21
MES 2				
SEMANAS	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
Peso aceite extraído, g	0,26	0,17	0,25	0,20

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

H0: $M1 \geq M2$ (La media de extracción del mes 1 es mayor o igual a la media de extracción del mes 2).

H1: $M1 < M2$ (La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2).

Tabla 34-3: Análisis estadístico de las pérdidas de aceite en nueces.

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	4	0,84	0,21	0,00326667		
Columna 2	4	0,88	0,22	0,0018		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0002	1	0,0002	0,07894737	0,78816672	5,98737761
Dentro de los grupos	0,0152	6	0,00253333			
Total	0,0154	7				

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Para el análisis se establece que si $F >$ valor crítico F se rechaza la H0; caso contrario se acepta H1.

Como se puede observar en la tabla de análisis de varianza para el presente caso $F (0,07894737) < 5,98737761$, por lo tanto, se acepta H1: La media de extracción del mes 1 es menor a la media de extracción del mes 2, lo cual evidencia que existe un incremento en la extracción para el segundo mes posterior a las evaluaciones aplicadas, o a su vez que existe una mayor pérdida en el mes 1.

3.6. Análisis estadístico del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada

3.6.1. ANOVA del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada

Tabla 35-3: Resultados del análisis estadístico del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada.

Descriptivos							
Aceite producido (ton)							
95% del intervalo de confianza para							
la media							
N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	Límite inferior	Límite superior	Mínimo	Máximo
1	4	18,72500	4,129064	2,064532	12,15474	25,29526	14,600 24,300
2	4	15,05000	3,489508	1,744754	9,49741	20,60259	10,500 19,000
3	4	1,52500	0,618466	0,309233	0,54088	2,50912	1,000 2,400
4	4	81,50000	6,244998	3,122499	71,56281	91,43719	75,000 90,000
Total	16	29,20000	32,094029	8,023507	12,09830	46,30170	1,000 90,000

Nomenclatura: Taisha (1), Coarí (2), Brunca (3), *E. guineensis* (4)

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

De acuerdo al análisis de medias entre las cuatro variedades de palma y los porcentajes de aceite producidos, la variedad cuya media fue significativamente mayor a comparación de las demás especies fue la *E. guineensis*, lo que evidencia que la cantidad de aceite producido por la misma fue más elevada en comparación con las otras variedades.

Tabla 36-3: Resultados del ANOVA del porcentaje de extracción según el tipo de variedad de fruta procesada

ANOVA					
Aceite producido (ton)					
	Suma de	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	cuadrados				
Entre grupos	15244,575	3	5081,525	296,263	0,000
Dentro de grupos	205,825	12	17,152		
Total	15450,400	15			

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

Los resultados del $p = 0,000$ permiten evidenciar que existen diferencias entre los tipos de variedad de palma y la cantidad de aceite producido, permitiendo rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis del investigador o lo que es lo mismo que el tipo de variedad de palma influye en la cantidad de aceite producido.

Tabla 37-3: Resultados de las comparaciones múltiples del porcentaje de extracción entre las cuatro variedades de fruta procesadas.

Comparaciones múltiples					
Variable dependiente: Aceite producido (ton)					
HSD Tukey					
Intervalo de confianza al 95%					
(I) Variedades	(J) Variedades	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error Sig.	Límite inferior	Límite superior
	2	3,675000	2,928488,606	-5,01939	12,36939
1	3	17,200000*	2,928488,000	8,50561	25,89439
	4	-62,775000*	2,928488,000	-71,46939	-54,08061
	1	-3,675000	2,928488,606	-12,36939	5,01939
2	3	13,525000*	2,928488,003	4,83061	22,21939
	4	-66,450000*	2,928488,000	-75,14439	-57,75561
	1	-17,200000*	2,928488,000	-25,89439	-8,50561
3	2	-13,525000*	2,928488,003	-22,21939	-4,83061
	4	-79,975000*	2,928488,000	-88,66939	-71,28061
	1	62,775000*	2,928488,000	54,08061	71,46939
4	2	66,450000*	2,928488,000	57,75561	75,14439
	3	79,975000*	2,928488,000	71,28061	88,66939

Nomenclatura: Taisha (1), Coarí (2), Brunca (3), *E. guineensis* (4)

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

La diferencia de medias es significativa en el nivel 0,05.

Al emplear la prueba de Tukey existen diferencias entre la variedad Taisha (1); Brunca (3) y *E. guineensis* (4). También se apreciaron diferencias entre Coarí (2); Brunca (3) y *E. guineensis*. de igual forma se apreciaron diferencias entre Brunca (3) con Coarí (2) y *E. guineensis* (4) y finalmente *E. guineensis* (4) con todas las demás especies.

Tabla 38-3: Resultados de la prueba de Tukey del porcentaje de extracción de aceite

		Aceite producido (ton)		
HSD Tukey		Subconjunto para alfa = 0.05		
Variedades	N	1	2	3
3	4	1,52500		
2	4		15,05000	
1	4		18,72500	
4	4			81,50000
Sig		1,000	0,606	1,000

Nomenclatura: Taisha (1), Coarí (2), Brunca (3), *E. guineensis* (4)

Realizado por: Jefferson Navarro, 2021.

De acuerdo con los resultados de la prueba de Tukey las diferencias más significativas se aprecian entre la variedad Taisha (1) y *E. guineensis* (4) principalmente en la *E. guineensis* (4), es decir, representa la variedad que mayor cantidad de aceite produce.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado a la materia prima, todo indica que los racimos de palma híbrida presentan menor potencial de aceite, mientras que, los racimos *E. Guineensis* presentan un potencial de aceite por encima del 20 %, esto significa que a nivel industrial la empresa tiene mayor probabilidad de obtener una tasa de extracción de aceite rojo mínimo del 20 % como estipulan las plantas extractoras, siempre y cuando la mayor parte de materia prima que se procese sea de variedad *E. Guineensis*.

Según resultados del balance de masas se pudo confirmar que las mayores pérdidas de aceite en los efluentes se producen en el primer mes con un porcentaje promedio de pérdidas de aceite del 2,71 % AC/RFF equivalente a 10,840 ton de aceite aproximadamente al procesar 400,000 ton de racimos de fruta fresca (RFF), mientras que en el segundo mes al procesar la misma cantidad de RFF se obtuvo menores pérdidas de aceite con un porcentaje promedio del 2,56 % que equivale a 10,240 ton de aceite aproximadamente, es decir, por diferencia se evitó una pérdida de 600 kg de aceite rojo durante el segundo mes de proceso.

En la segunda evaluación que se llevó a cabo en el proceso de esterilización se confirmó un ligero incremento de la tasa de extracción de aceite en el segundo mes de 16,22 %; 17,50 %; 13,64 % y 21,43 % cuando las cuatro variedades fueron sometidas en las autoclaves a 45 psi durante 50 min, a diferencia del primer mes que la tasa de extracción de aceite fue de 16,19 %; 17,22 %; 12,50 % y 21,05 % cuando las cuatro variedades fueron sometidas en la sección de esterilización a 45 psi durante 60 min.

Se identificó en el proceso de prensado – digestión, mejores resultados cuando la temperatura de los digestores y del tanque de agua que alimenta a la prensa se encuentran a 95 °C alcanzando un porcentaje de dilución promedio del 1,38 %, indicando que estas condiciones de operación son las más adecuadas para extraer una mayor cantidad de aceite de palma africana.

En el proceso de clarificación durante el segundo mes se identificó un porcentaje de dilución promedio del 1,22%, es decir, se observó mejores resultados cuando el licor de prensa antes de ingresar al Tricanter está a una temperatura de 95 °C.

RECOMENDACIONES

Realizar una técnica correcta de muestreo y selección de al menos unos 4 racimos de palma según el tipo de variedad de fruta a analizar, para tener un mejor resultado en cuanto al promedio del potencial de aceite que puede presentar el racimo.

Para la ejecución del balance de pérdidas de aceite, realizar un muestreo significativo en cada una de las corrientes de salida cuando la planta de extracción esté operando en su máxima capacidad durante toda la jornada laboral.

Al momento de pasar el licor de prensa al tanque homogeneizador, el operador encargado de la sección deberá someterlo a una temperatura mínima de 100 °C para que al pasar a la etapa de clarificación el licor de prensa se mantenga en una temperatura entre los 95 a 97 °C para que el Tricanter o Separador de tres fases pueda separar eficientemente el aceite de los lodos y del agua, con la finalidad de evitar exceso de pérdidas de aceite en aguas efluentes.

Realizar aseguramiento y control de calidad a la materia prima que ingresa al área de recepción de fruta, ya que de aquello depende mucho la tasa de extracción de aceite que se pueda obtener.

GLOSARIO

Dilución: Es la relación volumétrica (% Vol. aceite/% Vol. agua), cuya relación está directamente relacionada con el potencial de aceite de racimos y de las condiciones de operación de la planta (Vela, 2015b: p.14).

Efluentes: Es la descarga del líquido proveniente de la mezcla de los condensados y del agua que se utiliza en el proceso de prensado (Cortes, 2014a: p.13).

Fibra: Es el material residual del proceso de extracción del aceite proveniente del mesocarpio de los frutos (Cortes, 2014b: p.12).

Frutos adheridos: Son los frutos internos y externos que quedan adheridos al raquis luego de realizarse el proceso de desfrutado (Cortes, 2014c: p.12).

Licor de prensa: Es la mezcla de aceite, lodos ligeros, lodos pesados que tiene una determinada composición volumétrica que se genera exactamente durante el proceso de prensado mecánico del fruto (Vela, 2015c: p.11).

Nuez: Son las semillas del fruto de palma (Cortes, 2014d: p.13).

Potencial de aceite: Es la cantidad de aceite que contiene un racimo de fruta fresca (Villa, 2005: p.10).

Raquis: Es la parte del cuerpo estructural del racimo que soporta los frutos (Cortes, 2014e: p.12).

Tricanter o Separador de tres fases: Es aquel que hace posible la clarificación y la separación de los sólidos suspendidos simultáneamente del aceite (Vela, 2015d: p.10).

BIBLIOGRAFÍA

ABDUL AZIS, A. “Proceso mejorado de esterilización para aumentar la tasa de extracción de aceite de palma”. *Palmas*, vol. 31, n° especial (2010), (Colombia) pp. 19-28.

AH-NGAN MA. “La planta extractora de aceite. Control del proceso”. *Palmas*, vol. 19, n° especial (1998), (Colombia) pp. 274-279.

AGUILAR, Norman; et al. La palma de aceite (*Elaeis guineensis*): avances y retos en la gestión de la innovación. 1° ed. Chapingo-México: Universidad Autónoma Chapingo, 2013, pp. 1-141.

ALVARADO, Amancio. “Avances en el mejoramiento genético de la palma de aceite en Centroamérica”. *Palmas*, vol. 31, n° especial (2010), (Colombia), pp. 126-143.

ALCOPALMA. *Esperanza para el cultivo de palma en el Ecuador* [en línea]. [Consulta: 19 enero 2020]. Disponible en: <https://alcopalma.com/noticias/esperanza-para-el-cultivo-de-palma-en-el-ecuador/?lang=es>

BONOMIE, María.; & REYES, María. “Estrategia ambiental en el manejo de fluentes en la extracción de aceite de palma”. *Telos*, vol. 14, n° 3 (2012), (Venezuela), pp. 323-332.

BARBA, Julián.; & BAQUERO, Yeseña. “Híbridos OxG obtenidos a partir de oleíferas Taisha palmar del Río (PDR), Ecuador. Variedad-PDR (Taisha x Avros)”. *Palmas*, vol. 34, n° especial (2013), (Colombia) pp. 315-325.

BORJA, Sol. *Ecuador: nueva ley de palma promueve la producción de aceite, pero atemoriza a las comunidades.* *Mongabay Latam* [en línea]. [Consulta: 14 septiembre 2020]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2020/09/ley-de-palma-en-ecuador-promueve-aceite-genera-temor-en-comunidades/>

CORTES BARRERO, Ingrid Liliana. Caracterización de pérdidas de aceite durante el proceso de extracción en planta de beneficio para el material híbrido alto oleico (*Elaeis oleífera x Elaeis guineensis*) [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de Nariño, Facultad de ingeniería agroindustrial, San Juan de Pasto, Colombia. 2014. pp.1-97. [Consulta: 2021-06-17]. Disponible en:

file:///C:/Users/HP-

PC/Downloads/CARACTERIZACION%20DE%20P%20C%20RDIDAS%20DE%20AC
EITE%20DURANTE%20EL%20PROCESO%20DE%20EXTRACCI%20EN%20P
LANTA%20DE%20BENEFICIO%20PARA%20EL%20MATERIAL%20H%20BRIDO
%20ALTO%20OLEICO.pdf

COCK, James; et al. “Aumento de los rendimientos de aceite de palma mediante la medición de la eficiencia de recuperación del aceite desde el campo hasta las plantas procesadoras”. *Palmas*, vol. 36, n° 1 (2015), (Colombia) pp. 63-77.

DURÁN, Querubín; et al. “Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio”. *Palmas*, vol. 25, n° especial (2004), (Colombia) pp. 501-508.

ESCOBAR, Camilo V. “Guía de potenciales de extracción de aceite de fruto de palma”. *Palmas*, vol. 25, n° especial (2004), (Colombia) pp. 492-500.

GARCÍA, Jesús; et al. “Balance de pérdidas de aceite en plantas de beneficio de las zonas palmeras colombianas Norte y Central”. *Palmas*, vol. 21, n° especial (2000), (Colombia) pp. 375-380.

GREPALMA. *Manejo de pérdidas de aceite de palma, almendra y aceite de palmiste* [en línea]. [Consulta: 30 enero 2020]. Disponible en: <https://www.grepalma.org/>

INIAP. *Informe anual programa de palma aceite* [en línea]. [Consulta: 12 julio 2020]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5634/1/iniapecaIAPALMA2018.pdf>

IDROGO BUSTAMANTE, Ita Melva, & CASTILLO BENTES, Gabriel Felipe. Evaluación y optimización operativa en el control de pérdidas de aceite en esterilizado y clarificado del proceso extractivo de crudo de palma aceitera [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ingeniería química, Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Química, Trujillo, Perú. 2014. pp. 1-83. [Consulta: 2021-03-14]. Disponible en: http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3571/IdrogoBustamante_I%20%20CastilloBenites_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JAIMES, Wilmer; et al. “Análisis termodinámico del proceso real de extracción de aceite de palma africana”. *Prospectiva*, vol. 10, n° 1 (2012), (Colombia) pp. 61-70.

LEAO, Sheryl; et al. “Estudio de las características vegetativas, calidad del aceite y grosor del cuesco en híbridos interespecíficos *Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis* y sus retrocruces con *E. guineensis*”. *Palmas*, vol. 37, n° especial (2016), (Colombia) pp. 275-280.

LEGUIZAMÓN, Omaira; et al. “Evaluación de la polinización artificial en el material híbrido OxG (*Elaeis Oleífera* x *Elaeis guineensis*)”. *Palmas*, vol. 40, n° 4 (2019), (Colombia) pp. 96-105.

LOUISE, Claude; et al. “Investigaciones dirigidas por el CIRAD sobre las enfermedades del complejo pudrición del cogollo de la palma aceitera en Latinoamérica”. *Palmas*, vol. 28, n° especial (2007), (Colombia) pp. 345-362.

LOUISE, Claude; et al. *Adaptación de la palma aceitera a las condiciones ambientales. Trabajo presentado en I Congreso Nacional de Productores de Palma Aceitera de Junpalma* [en línea]. [Consulta: 20 junio 2020]. Disponible en: <https://junpalmaperu.org/blog/impacto-ambiental-palma-aceitera>

MUÑOS PARREÑO, Gabriela Estefanía. Optimización del proceso de extracción de aceite rojo de palma africana en la empresa “HERMANOS MUÑOZ” [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de ingeniería química y agroindustria, Quito, Ecuador. 2016. pp. 1-155. [Consulta: 2020-09-27]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/15056/1/CD-6869.pdf>

MONTÚFAR, Rommel; et al. “*Elaeis oleífera* (Kunth) Cortés: A neglected palm from the Ecuadorian Amazon”. *Revista Ecuatoriana de medicina y ciencias biológicas*, vol. 39, n° 1 (2018), (Ecuador), pp. 11-18.

MONDRAGÓN, Alexsandra.; & PINILLA, Catalina. “Aceite de palma alto oleico: propiedades fisicoquímicas y beneficios para la salud humana”. *Palmas*, vol. 36, n° 4 (2015), (Colombia), pp. 57-66.

MARROQUÍN RABINAL, Mynor Aaron. Determinación del potencial de producción de aceite de los materiales genéticos en plantaciones de tres y cuatro años de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq): Deli por Nigeria y deli por Ghana [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Izabal, Guatemala. 2016. pp. 1-135. [Consulta: 2021-03-11]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/154906406.pdf>

NAVARRETE, Mercedes P; et al. “Evaluación de la eficiencia de tres equipos de extracción de aceite con diferentes genotipos de palma aceitera (*Elaeis sp.*)”. *Enfoque UTE*, vol. 11, n° 2 (2020), (Ecuador) pp. 21-28.

RINCÓN, Sandra.; & MARTÍNEZ, Daniel. “Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria”. *Palmas*, vol. 30, n° 2 (2009), (Colombia) pp. 11-24.

REYES, Argemiro. Memorias del II encuentro nacional sobre palma africana. Colombia: Fedepalma, 1985, pp. 9-132.

TORRES, Enrique. “Comportamiento del híbrido interespecífico OxG, Coarí x La Mé en Palmeras del Ecuador”. *Palmas*, vol. 37, n° especial (2016), (Colombia) pp. 294-298.

URIBE, León. “Eficiencia en la recuperación de aceite. Efecto de las prácticas agronómicas y el proceso industrial en la tasa de recuperación de aceite (tea)”. *Palmas*, vol. 20, n° 2 (1999), (Colombia) pp. 31-38.

VELA CHAUCA, Mayra Alejandra. Evaluación del nivel de dilución en el proceso de clarificación de aceite rojo en “ALCOPALMA” [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Química, Quito, Ecuador. 2015.pp. 1-89. [Consulta: 2020-09-27]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5941/1/T-UCE-0017-144.pdf>

VILLA, Víctor. Cosecha del fruto de la Palma de aceite. Santo Domingo, Ecuador: Süd-Chemie, 2005, pp.1- 118.

YÁÑEZ, Edgar; et al. “Determinación del nivel de dilución apropiado en el proceso de clarificación y diseño de un sistema de control automático”. *Palmas*, vol. 29, n° 4 (2008), (Colombia) pp. 21-30.

ANEXOS

ANEXO A: SEPARACIÓN DE LAS ESPIGAS DEL RACIMO DE PALMA



ANEXO B: CLASIFICACIÓN DE LOS FRUTOS ADHERIDOS EN LAS ESPIGAS



ANEXO C: ELABORACIÓN DE UN DEDAL DE EXTRACCIÓN SOXHLET



NOTAS:

A: Separación de espigas del racimo de palma

B: Clasificación de los frutos adheridos a las espigas.

C: Elaboración de un dedal de extracción Soxhlet

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TIPO: Proyecto de Investigación

“MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN LA EXTRACTORA ATAHUALPA EXTRACATA S.A.”

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE QUÍMICA

Lamina:

Escala

Fecha

1

1:1

18-03-2021

ANEXO D: MESOCARPIO FRESCO ACEITOSO



ANEXO E: EQUIPO DE EXTRACCIÓN SOXHLET



ANEXO F: ACEITE EXTRAÍDO DEL MESOCARPIO DE FRUTOS EXTERNOS E INTERNOS



NOTAS:

D: Mesocarpio fresco aceitoso
E: Equipo de extracción Soxhlet
F: Aceite extraído del mesocarpio de frutos externos e internos

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TIPO: Proyecto de Investigación

“MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN LA EXTRACTORA ATAHUALPA EXTRACATA S.A.”

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA

Lamina	Escala	Fecha
2	1:1	18-03-2021

ANEXO G: MUESTREO DE RAQUIS A LA SALIDA DE LA BANDA TRANSPORTADORA



ANEXO H: MUESTREO DE FRUTOS ADHERIDOS EN LOS RAQUIS



ANEXO I: MUESTREO DE FIBRA A LA SALIDA DEL SINFIN TRANSPORTADOR



NOTAS:

G: Muestreo de raquis a la salida de la banda transportadora

H: Muestreo de frutos adheridos en los raquis

I: Muestreo de fibra a la salida del sinfín transportador

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TIPO: Proyecto de Investigación

“MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN LA EXTRACTORA ATAHUALPA EXTRACATA S.A.”

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE QUÍMICA

Lamina:

Escala

Fecha

3

1:1

18-03-2021

ANEXO J: MUESTREO DE NUECES A LA SALIDA DEL SINFIN TRANSPORTADOR



ANEXO K: MUESTREO DE AGUAS EFLUENTES A LA SALIDA DEL TANQUE FLORENTINO



ANEXO L: MUESTREO DE LICOR DE PRENSA A LA SALIDA DEL TAMIZ



NOTAS:

J: Muestreo de nueces a la salida del sinfín transportador

K: Muestreo de aguas efluentes a la salida del tanque florentino

L: Muestreo de licor de prensa a la salida del tamiz

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TIPO: Proyecto de Investigación

“MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN LA EXTRACTORA ATAHUALPA EXTRACATA S.A.”

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS
CARRERA DE QUÍMICA**

Lamina:

Escala

Fecha

4

1:1

18-03-2021

ANEXO M: TOMA DE MUESTRA DE LICOR DE PRENSA ANTES DEL INGRESO AL TRICANTER



ANEXO N: MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA AL LICOR DE PRENSA ANTES DEL INGRESO AL TRICANTER



ANEXO O: VERIFICACIÓN DE ACEITE ROJO EXTRAÍDO



NOTAS:

M: Toma de muestra de licor de prensa antes del ingreso al Tricanter.

N: Medición de la temperatura al licor de prensa antes del ingreso al Tricanter

O: Verificación de aceite rojo extraído

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TIPO: Proyecto de Investigación

“MEJORAMIENTO DE LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ROJO EN LA EXTRACTORA ATAHUALPA EXTRACATA S.A.”

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE QUÍMICA

Lamina:

Escala

Fecha

5

1:1

18-03-2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 14 / 09 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Jefferson Geovanny Navarro Alcivar</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Química</i>
Título a optar: <i>Químico</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO
CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.14 10:21:22 -05'00'



1612-DBRA-UTP-2021