

UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**Disminución de la pérdida de aceite por condensados en la
operación de esterilizado en la obtención de aceite crudo de palma
(*Elaeis guineensis*)**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Francisco Rubens Saldaña Tapullima

ASESOR:

Dr. Boris Mirko Chávez Cabellos

PUCALLPA - PERÚ

2022





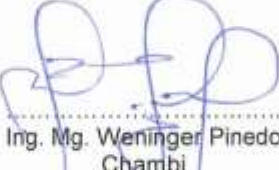
ANEXO 16: ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el distrito de Yarinacocha, reunidos en forma virtual a través de la Plataforma Google Meet, siendo las 10:00 am del día 26 de Agosto de 2022, se reunió el Jurado de Tesis, presidido por el Ing. MSc. Darwin Josué ESTACIO ALBORNOZ, e integrado por el Dr. Esteban ESTELA VILLAR y el Ing. Mg. Weninger PINEDO CHAMBI en calidad de miembros, con la exclusiva finalidad de evaluar la sustentación de la tesis titulada: **Disminución de la pérdida de aceite por condensados en la operación de esterilizado en la obtención de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*)**, cuya responsabilidad corresponde a la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial: Francisco Rubens, SALDAÑA TAPULLIMA, a fin de optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Terminada la el autor de la tesis respondió a las preguntas formuladas por los miembros del jurado, cuya evaluación se consolida según la tabla y parámetros cuantitativos que siguen:

JURADO DE TESIS		NOTA
Presidente	Ing. MSc. Darwin Josué Estacio Albornoz	21
Miembro	Dr. Esteban Estela Villar	20
Miembro	Ing. Mg. Weninger Pinedo Chambi	22
PROMEDIO		21

El Jurado después de deliberar y calificar los aportes de la tesis y la fundamentación del sustentante, compatibilizó el resultado cuantitativo con la tabla cualitativa equivalente sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo se declara la sustentación como **APROBADO** asignándole un calificativo de **REGULAR** (21) puntos, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.

 Ing. Darwin Josué Estacio Albornoz PRESIDENTE	 Dr. Esteban Estela Villar MIEMBRO	 Ing. Mg. Weninger Pinedo Chambi MIEMBRO
--	---	--

Siendo las 11:35 horas del mismo día se dio por terminado el acto firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA**

Licenciada con Resolución N° 131-2018-SUNEDUCO

BIBLIOTECA CENTRAL

**BIBLIOTECA
CENTRAL**

"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

CONSTANCIA

N°020 - 2023

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION SISTEMA ANTIPLAGIO TURNITIN

La Biblioteca Central, hace constar por la presente, que le informe Final (Tesis) titulado:

DISMINUCIÓN DE LA PERDIDA DE ACEITE POR CONDENSADOS EN LA

OPERACIÓN DE ESTERILIZADO EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE CRUDO

DE PALMA (ELAEIS GUINEENSIS).

Cuyo autor es : **SALDAÑA TAPULLIMA, FRANCISCO RUBENS.**

Facultad : **FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES**

Escuela Profesional : **INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio, dicho documento presenta un porcentaje de similitud de 12%.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecido en el artículo 9 de la **DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO**, aprobada con **RESOLUCIÓN N°164-2021-UNIA-CO**, el cual indica que no se debe superar el 24%. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si está dentro de los límites aceptables de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.**

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 04/04/2023



UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL
DE LA AMAZONÍA - UCAYALI

Dr. Jesús Taylor Dávila Francia.
Jefe de la Oficina de Biblioteca Central



La primera universidad intercultural del Perú



biblioteca_central@unia.edu.pe



www.unia.edu.pe



arretera a San José 0.63 Km. Yarina cocha - Ucayali - Perú

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mis hijas, quienes son los pilares más importantes en mi vida y a mi esposa por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nada; ah mi padre, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

Agradecimiento

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que muchas personas que me brindaron su apoyo durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo.

En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres que me han dado su apoyo incondicional antes y durante mi carrera universitaria; a mi esposa e hijas que son los motivos para seguir superando cualquier barrera u obstáculo en esta vida.

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía por todo el conocimiento adquirido en estos años de estudios.

Así mismo, deseo expresar mi reconocimiento a empresa extractora de palma de aceitera INDOLMASA por todas las atenciones e información brindada a lo largo de esta investigación.

ÍNDICE

Dedicatoria	2
Agradecimiento.....	3
ÍNDICE	4
Resumen	7
Abstract.....	8
I. INTRODUCCIÓN.	9
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA	10
2.1 Antecedentes de la investigación.....	10
2.2 Bases teóricas.	13
2.2.1 Aspectos generales de la palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>).....	13
2.2.2 Descripción botánica.....	14
2.2.3 Índice de madurez.....	16
2.2.4 Rendimiento del racimo de fruta de palma africana.	16
2.2.5 Situación actual de la palma en Perú.....	16
2.2.6 Fruto de palma aceitera.	17
2.2.7 Aceite crudo de palma.....	18
2.2.8 Proceso de extracción de aceite crudo de palma	19
2.2.9 Extracción con equipo Soxhlet.....	22
2.2.10 Calidad del aceite de palma.....	23
2.2.11 Condiciones del vapor y tiempo de cocción	25
2.2.12 Ciclos de Esterilización.....	27

2.2.13	Perdida de aceite en el proceso de esterilizado	30
III.	MÉTODOS	31
3.1	Ubicación y descripción del área de estudio	31
3.1.1	Ubicación	31
3.1.2	Descripción del área de estudio.....	31
3.2	Identificación y descripción del material de estudio	31
3.2.1	Identificación del material de estudio.....	31
3.2.2	Descripción del material de estudio.....	31
3.3	Procedimientos para esterilización de los racimos de fruto fresco (RFF).	32
3.3.1	Clasificación de racimos de fruto fresco (RFF) según estado de madurez. 32	
3.3.2	Determinación de las características sensorial y fisicoquímica del racimo de fruto fresco (RFF) antes del esterilizado.....	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
4.1	Porcentaje de perdida de aceite en condensados en la operación de esterilizado.....	45
4.2	Ensayar diversos parámetros de tiempo y presión en la etapa de esterilizado y determinar su efecto sobre el porcentaje de perdida de aceite por condensados. 46	
4.3	Determinar los parámetros adecuados de tiempo y presión que minimicen las pérdidas de aceite por condensado.....	50
4.4	Análisis Estadístico.....	52
4.4.1	Contrastación de hipótesis.....	52
4.4.2	Sub conjuntos para muestras independientes.....	52
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	55

VII. BIBLIOGRAFÍA	56
Anexo. 1.....	60
Anexo. 2.....	64

Resumen

El presente estudio es una investigación tecnológica que contiene orientación puramente práctica y útil, y los resultados pueden servir como solución en casos prácticos en el ámbito industrial de la palma aceitera. Tuvo como objetivo principal determinar que parámetros son adecuados para minimizar las pérdidas de aceites por condensados en la etapa de esterilizado, es así que mediante el método Soxhlet se analizaron muestras de condensados durante un año se pudo determinar que se presentaban pérdidas de hasta por 7.9%, lo cual representa una pérdida considerable para las empresas procesadoras de palma. Con el mismo método se analizó las pérdidas para parámetros propuestos de los cuales los resultados mostraron que ante un parámetro de 65 minutos y 3.5 bares de presión se alcanza una pérdida de 4.39% teniendo una diferencia favorable en rendimiento de 3.51%.

Palabras clave: Condensados de aceite, palma aceitera.

Abstract

The present study is a technological investigation that contains a purely practical and useful orientation, and the results can serve as a solution in practical cases in the industrial field of oil palm. Its main objective was to determine which parameters are adequate to minimize the loss of oil by condensate in the sterilization stage, so that by means of the Soxhlet method, samples of condensate were analyzed for a year, it was possible to determine that there were losses of up to 7.9%, which represents a considerable loss for palm processing companies. With the same method, losses were analyzed for proposed parameters, of which the results showed that with a parameter of 65 minutes and 3.5 bars of pressure, a loss of 4.39% is reached, having a favorable difference in performance of 3.51%.

Keywords: Oil condensates, oil palm.

I. INTRODUCCIÓN.

En la industrialización de la palma aceitera se suscitan diversos eventos no previstos, factores que aún no han sido estudiados y que afectan la productividad del proceso. Es así, que en la obtención del crudo de palma se pierde aceite en la extracción por condensación, principalmente en la operación de esterilización. Este fenómeno genera pérdidas que pueden afectar el porcentaje de extracción durante la etapa de prensado, limitando así los rendimientos y modificación de cálculos previos. Con la observación de anomalías constantes se generó la interrogante de investigación. ¿Cuál será la influencia del manejo de los parámetros de tiempo y presión en la operación de esterilizado, que afectan el porcentaje de pérdida de aceite por condensación?, presumiendo en un primer momento que se debía a que los parámetros de tiempo menor a 70 minutos y presión menor a 3.5 bar disminuyen hasta el 20% en porcentaje de pérdida de aceite por condensación en la operación de esterilizado. Para comprobar la afirmación hipotética antes mencionada se tuvo como objetivo en el estudio evaluar el efecto que tiene los parámetros de tiempo y presión en el porcentaje de pérdida de aceite por condensados en la operación de esterilizado, justificando la ejecución de la tesis como base científica para mejorar el rendimiento producción en las empresas dedicadas al rubro de la producción de aceite de palma, con la aplicación de los métodos aquí descritos y resultados obtenidos.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación.

Los antecedentes que se presentan a continuación muestran información respecto a investigaciones previas sobre el desarrollo de la disminución de la pérdida de aceite por condensados en la operación de esterilizado en la obtención de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*).

Guimaraes (2019). En su proyecto de investigación titulada “Influencia del estado de la madurez y condiciones de esterilización de los frutos, en el rendimiento y calidad de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*) de la Planta Extractora Oleaginosas Amazónicas S.A. – Ucayali 2018”. Cuyo objetivo ha sido decidir la predominación del estado de madurez y condiciones de esterilizado en el rendimiento de sustracción de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*). Se aplicó un Diseño en Bloque Completo al azar con arreglo factorial 3x2 con seis repeticiones-bloque. Los resultados demostraron que la acidez de los frutos es menor cuando el fruto está maduro; mientras que la acidez de los frutos verdes y sobremaduros es mayor. También las características sensoriales del fruto maduro son mejores comparando con las características sensoriales de los frutos verdes y sobremaduros. La disminución en el porcentaje podría deberse a que la hidratación es mayor en los frutos maduros. Durante el proceso de esterilización el tratamiento que permitió mejor rendimiento de aceite se obtuvo cuando el pico de esterilización fue 30/10/45 psi – 80 min.

Por lo tanto, considerando el criterio que a menor madurez de los frutos la esterilización debe tener mayor tiempo (10/30/45 psi – 80 min); mientras que a mayor madurez menor tiempo de esterilización (10/30/40 psi – 60 min).

Santos (2017). En su investigación: “Determinación de las pérdidas de aceite durante el proceso de extracción de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*) de la empresa INDUPALSA - Provincia de Lamas”. Cual objetivo fue cuantificar las pérdidas en base seca de aceite de los principales puntos de perdidas (escobajo, fibra, cáscara, tamizado y florentino), variando la presión de esterilizado, dichas presiones fueron 40, 45 y 50 PSI, y consecuentemente se realizó un balance de masa. Para ello realizó la cuantificación en unidades de la tasa de extracción por presión, la cantidad de aceite que es eliminado en cada flujo másico que sale del proceso; asimismo se hizo el análisis químico (índice de acidez, índice de yodo e índice de peróxido) del aceite obtenido por cada presión; los resultados se encontraron dentro de los límites permisibles de la norma técnica de aceite de palma, asimismo el análisis estadístico indicó que no existe diferencia entre los valores ($p > 0,05$), también determinó que la presión a 40 PSI generó el mayor rendimiento con 92,48%, asimismo las pérdidas en los puntos a esta presión, fueron menores que las presiones de 45 y 50 PSI, cuyos rendimientos fueron 91,08 % y 86,09% respectivamente. Por ello se planteó a la empresa INDUPALSA usar una presión de 40 psi en la etapa del esterilizado, ya que asegura la reducción deseada de las pérdidas de aceite en los puntos en mención.

Idrogo, y Castillo, (2014). En el proyecto de investigación “Evaluación y optimización operativa en el control de pérdidas de aceite en esterilizado y clarificado del proceso extractivo de crudo de palma aceitera”. Tuvo como objetivo optimizar los procesos de esterilizado y clarificación dinámica de la obtención industrial de aceite crudo de palma (CPO), controlando las condiciones y parámetros operativos a la cual se llevó a cabo; obteniendo como resultado una reducción de las pérdidas de aceite durante estas etapas de proceso. También demostraron que manteniendo la presión de vapor saturado a servicio durante el proceso de esterilizado del racimo de fruto fresco (RFF) entre 2,5 y

3,0 bar, las pérdidas se reducen por debajo del estándar establecido de 0.06% como límite máximo expresado en %aceite/TM RFF procesado. Así mismo, para la operación de clarificación dinámica, se comprobó que con dilución aceite-agua de 1,0%v/v y a una temperatura de 90°C se aumenta la eficiencia de separación de aceite, disminuyendo la presencia de CPO en los lodos a proceso de recuperación.

Asiz (2016). En su investigación: “Esterilización a alta presión de racimos de fruta fresca de palma de aceite, cero frutos adheridos en tusas y máximo 5% de aceite en fibra de prensa”, hace de conocimiento que las reacciones químicas en racimos de fruta ocurren únicamente en el esterilizador o durante la esterilización. La eficiencia en la esterilización determina virtualmente los valores de la tasa de extracción de aceite (TEA). Donde la hidrólisis completa de las hemicelulosas (polímeros de carbohidrato), que unen las células circundantes y la fruta al tallo, depende mucho de la presencia continua de agua. La presión más alta aumenta la hidrólisis. La eficiencia hidrolítica depende de: La presión, el equilibrio del agua y el período de reacción. La baja incidencia de la separación de la fruta y el bajo desfrutado se debe a una hidrólisis incompleta. La penetración incompleta del calor en las frutas dentro del racimo impediría la actividad hidrolítica efectiva. La hidrólisis ineficiente lleva al mayor contenido de azúcares con cadena larga, lo que hace que el aceite se vuelva más viscoso.

Lowe (2013) en la publicación: “Esterilización a alta presión de racimos de fruta fresca de palma de aceite”, afirma que el proceso de hidrólisis para garantizar que cada fruta en el racimo se desprenda es largo. A una presión de esterilización baja, <40 psi, la esterilización demora entre 1,5 y 2 horas. El periodo para el desprendimiento completo de la fruta en una carga de esterilización se reduce a mayor temperatura/presión de esterilización. El grado de desprendimiento en las frutas puede diferir, aunque se utilice

el mismo periodo de tiempo de esterilización. La excesiva evaporación de agua en las frutas debido a demasiados picos de vapor de hidrolisis.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Aspectos generales de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*)

Es una planta originaria de la costa de Guinea en el oeste de África, desde donde fue introducido a otras partes de África, sudeste de Asia y Latinoamérica a partir del siglo XV (CIRAD, 2007)

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y extenso rendimiento, debido a que su historia provechosa puede durar bastante más de 50 años, aunque desde los 25-30 años se dificulta su cosecha por la elevación del tallo, llega a conseguir los 20 metros (Infoagro 2010).

Empieza a generar frutos desde los dos años y medio tras su siembra, y se acostumbran usar palmas de vivero de 12 meses de edad que alcanzan su máxima producción entre los 20 y 30 años, después de lo cual declinan y dejan de ser rentables, en especial por la elevación a la que se hallan los frutos. No es la exclusiva especie que se maneja dentro del cultivo de la palma de aceite, aunque al principio y por varios años únicamente se habló de la palma africana de aceite, en la actualidad implica a otras especies de palmas y cruces entre ellas, dentro del cultivo. (InfoAgro 2010).

2.2.2 Descripción botánica.

Según (Guoron 2015), la clasificación taxonómica es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Commelinidae

Orden: Arecales

Familia: Arecaceae

Subfamilia: Coryphoideae

Género: Elaeis

Especie: *E. guineensis* Jacq

Palmera monoica (las flores femeninas y masculinas, se producen independientes, en una misma planta) con tronco solitario de 10 -15 (20) m. de altura y 30-60 cm. de diámetro con cicatrices de las hojas viejas. Hojas pinnadas de 4-5 m. de longitud, con 100-150 pares de folíolos de 50-100 cm. de longitud. Se insertan en el raquis en varios planos, dándole a la hoja aspecto plumoso, de color verde en ambas caras. Pecíolo de 1-1.5 m. de longitud con los folíolos de la base convertidos en espinas y con fibras.

Inflorescencia corta pero muy densa, de 10-30 cm. de longitud. Frutos ovoides, muy abundantes, en racimos con brácteas puntiagudas. Son de color rojizo y de hasta 4 cm. de diámetro (Guoron 2015).

Se trata de una planta Alógama, pues su polinización es cruzada y además es una planta perenne (Guoron 2015). Detalladamente cada una de sus partes se describe a continuación:

- Raíces: Su sistema radicular se expande a partir de un bulbo que está ubicado debajo del tallo por ser una planta monocotiledónea.
- Tallo: Contiene en su interior los haces vasculares (Xilema y Floema) y en su parte central alberga el punto de crecimiento o meristemo apical. Las palmas crecen en promedio de 30 a 60 cm por año. (Guoron 2015).

- Hojas: En condiciones normales las palmas adultas tienen entre 30 y 49 hojas funcionales. Las hojas funcionales están compuestas de un pecíolo de 1.5m aproximadamente, con espinas laterales, luego está el Raquis, que soporta los 200 a 300 folíolos insertos en las caras laterales, donde se alternan. La filotaxia o distribución de las hojas indica que ellas están dispuestas en 8 espirales respecto del eje vertical. (Guoron 2015).
- Inflorescencias: Cada hoja que produce la palma trae en su axila una inflorescencia sin sexo definido. Debe realizar una polinización cruzada para poder producir la semilla. Las flores masculinas, proveen polen, están compuestas de 100 a 160 espigas, cada una de ellas tiene entre 10 y 20 cm de largo y de 700 a 1200 flores, que en conjunto proveen entre 30 y 60 gramos de polen. (Guoron 2015).

- Frutos: Son de forma ovoide, de 3 a 6 cm de largo y cuentan con un peso aproximado de 5 a 12 gramos. Tienen la piel lisa y brillante (Exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con aceite (Mesocarpio), una nuez o semilla compuesta por un cuenco lignificado (Endocarpio), y una almendra aceitosa o palmiste (Endospermo). Los frutos insertados en las espiguillas que rodean el raquis en forma helicoidal, conforman los racimos (con peso variable entre 5 a 40 kg) (Guoron 2015).

2.2.3 Índice de madurez.

Madurez es la máxima acumulación de aceite en el fruto y desde luego, en el racimo. Los análisis bioquímicos de racimos indican que la máxima cantidad de aceite sintetizado se presenta cuando los frutos empiezan a desprenderse del racimo. Para la cosecha el problema sería esperar a que todos los racimos lleguen hasta este estado antes del corte. Una vez cumplida la antesis y la polinización, empieza la formación de fruto. Un componente básico en este período es la clorofila (Rajanaidu *et al.* 1987).

2.2.4 Rendimiento del racimo de fruta de palma africana.

El Racimo de fruta fresca (RFF) de palma de aceite normalmente contiene, en forma aproximada, 45% de agua, 30% de sólidos no grasos y un cuarto de su peso en aceite. El RFF consiste de los frutos que tienen aceite y del pedúnculo. El pedúnculo desfrutado o racimo vacío también se denomina tusa. Por lo tanto, la TEA es el porcentaje de aceite de palma crudo obtenido del RFF como resultado del procesamiento. El objetivo del procesamiento es el de extraer el máximo de aceite del RFF. Una extracción de aceite completa no es posible con el proceso mecánico actual. Fuera del aceite que se queda en la fibra, también se pierde un poco en: los lodos, por derramamiento o por quedar atrapado en las tusas, en el condensado del esterilizador, en la torta de la prensa y en las nueces (Corley y Breure, 1994).

2.2.5 Situación actual de la palma en Perú

La expansión de la palma aceitera es un fenómeno mundial. Para Vladimir Pinto, coordinador del programa de territorios y recursos naturales en Perú, está demostrado que los proyectos de gran escala, como la palma aceitera, promueven este cultivo únicamente en áreas deforestadas. Además, Perú,

Ecuador y Colombia empiezan a aparecer como países productores de palma aceitera. Perú ocupa el puesto dieciséis (OXFAM 2016).

En la actualidad hay 60 mil hectáreas de palma aceitera instaladas en San Martín, Ucayali, Loreto y Huánuco. Es una alternativa rentable a la hoja de coca para las poblaciones amazónicas. En la selva peruana existen 600 mil hectáreas con potencial para cultivar palma aceitera. Algo importante es que el 60% del área cultivada de palma aceitera pertenece a medianos y pequeños agricultores, generando una buena oportunidad de desarrollo para las poblaciones de la Amazonía nacional. Un ejemplo de lo exitoso que viene siendo esta actividad (MINAGRI 2016-2025).



Figura 1. Planta joven de palma aceitera

Fuente: (Terra Noticias, 2012)

2.2.6 Fruto de palma aceitera.

El fruto es una drupa de forma casi esférica, ovoide alongada, de 2 a 5 cm de largo y de 3 a 30 g de peso, como se muestra en la figura 2. (CIRAD, 2007)

El fruto de palma está constituido por 4 secciones la almendra o palmiste, contiene de 5 al 7% de agua y del 48 al 52% de aceite, el cuadro x muestra la composición

ideal del fruto de la palma, el cual está constituido de afuera hacia adentro de la siguiente manera:

- ❖ Exocarpio: Es la capa epidérmica delgada y cerosa (cascara)
- ❖ Mesocarpio: Es la pulpa de donde se obtiene el aceite.
- ❖ Endocarpio: Es la que junto con la almendra forma la semilla.
- ❖ Endospermo: Conocida mayormente como almendra o palmiste.



Figura 1. Fruto de la palma aceitera y sus partes.
Fuente: Velázquez y Gómez, (2010)

Tabla 1. Composición ideal del racimo de fruto de palma.

Componentes	Parámetro ideal
Peso del racimo	23 - 27 Kg
Fruto/racimo	60 - 65%
Aceite/racimo	21 - 23%
Almendro/racimo	5 - 7%
Mesocarpio/fruto	71 - 76%
Almendra/fruto	21 - 22%
Cascara/fruto	10 - 11%

Fuente: (FEDEPELMA, 2016)

2.2.7 Aceite crudo de palma.

La obtención de aceite de crudo de palma tiene diversas operaciones durante su cadena de extracción desde la selección de materia prima hasta la etapa de

almacenamiento y despacho. El aceite crudo extraído pasa por un proceso de refinación y posteriormente es utilizado para la fabricación de diferentes productos de repostería, cosméticos, entre otros.

Según (Wambeck, 2007), El aceite crudo de palma se obtiene de la maceración o extracción del mesocarpio mediante procesos físicos o químicos de la pulpa o parte blanda del fruto de la palma de aceite. Se caracteriza por ser un aceite rico en vitamina, tocoferoles, compuestos por cadenas de mono glicéridos.

2.2.8 Proceso de extracción de aceite crudo de palma

La extracción de aceite se realiza mediante procesos mecánicos y térmicos sin necesidad de solventes lo que lo hace un aceite completamente natural (Alvarado, 2010). Las principales etapas consideradas en el proceso son:

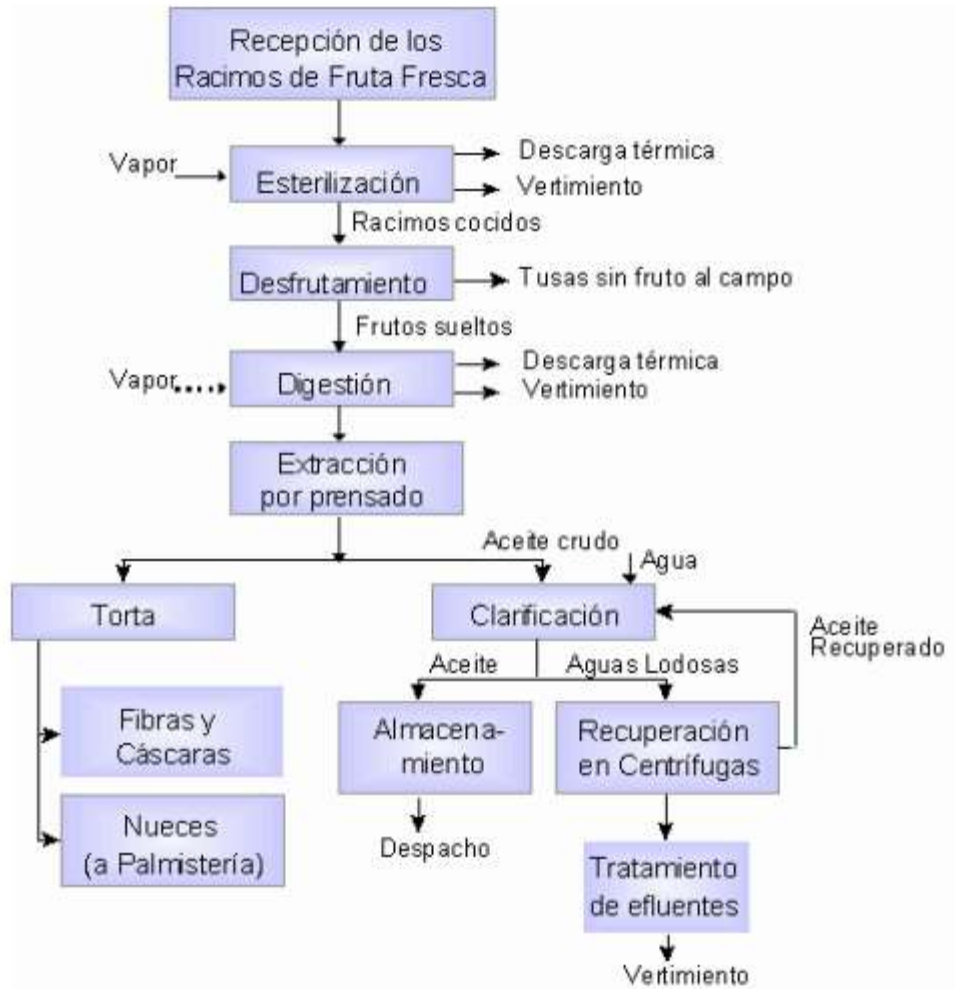


Figura 3. Diagrama de flujo de extracción de aceite crudo de palma.
FUENTE: Elaboración propia

A. Esterilización.

Según Velayuthan, (2009) La etapa está compuesta por un sistema de rieles para el desplazamiento de las vagonetas cargadas de racimos y cuatro esterilizadores horizontales. Los racimos de fruta fresca son cocinados con vapor saturado a presiones que oscilan entre los 25 – 40 psi y una temperatura aproximada de 135°C en un proceso con tres picos, con el fin de inactivar la enzima lipasa responsable de la hidrólisis del aceite, debilita los tejidos del mesocarpio, ablanda la unión entre de los frutos al raquis.



Figura 4. Autoclave de esterilización.

B. Desfrutado.

Esta etapa se realiza en un desfrutador, que es un tambor giratorio, al cual ingresan los racimos esterilizados para separar la fruta del raquis por medio del golpeteo. Los frutos sueltos continúan a la etapa de digestión y los raquis son utilizados como abono en las plantaciones ya que contienen altos contenidos de potasio, menciona Alvarado, (2010).

C. Digestión o Maxalado.

La digestión consiste en el rompimiento de las celdas que contienen el aceite, vasos lipógenos, mediante la fricción entre los frutos y el movimiento. Se realiza en tanques cilíndricos con agitadores, a 95°C de temperatura. Adame (2019).

D. Extracción o Prensado.

El fruto digerido es alimentado por gravedad a las prensas de tornillo, por medio de las cuales es extraído el aceite. La presión aplicada debe ser tal que extraiga la mayor cantidad de aceite y minimice la rotura de nueces. Para lograr la presión la masa de frutos digeridos es conducida por el tornillo dentro de la cámara de perforación (canastilla). El aceite extraído es conducido a la

etapa de clarificación. Las fibras y nueces se conducen a palmistería Perez, (2019).

E. Clarificación.

Esta es una etapa de separación, donde por decantación se separa el aceite de agua y lodos, debido a su diferencia de densidades.

El aceite crudo de palma que entra a clarificación, teóricamente debe contener 35% de aceite, 5% de lodos ligeros, 35% de agua y 25% de lodos pesados. el proceso de clarificación se lleva a cabo en varias etapas, donde predomina el consumo de vapor como fuente calórica Alvarado, (2010)

F. Centrifugas desladoras.

Recupera el aceite de las aguas lodosas. Las aguas son conducidas a sistemas de tratamiento en piscinas de oxidación y el aceite a secado. Alvarado, (2010)

G. Secado.

El aceite proveniente de la etapa de clarificación y recuperado en las centrifugas es llevado a tanques en los que permanece a 110°C para disminuir la humedad hasta un 0,1% aproximadamente. Alvarado, (2010)

H. Almacenamiento.

El aceite secado es almacenado en tanques de acero al carbón con calentamiento. Alvarado, (2010)

2.2.9 Extracción con equipo Soxhlet

Jensen, (2007). Menciona que la extracción es una de las operaciones básicas del laboratorio. Se define como la acción de separar con un líquido una fracción específica de una muestra, dejando el resto lo más íntegro posible. Se pueden realizar desde los tres estados de la materia, y se llaman de la siguiente manera:

- 1) Extracción sólida – líquido
- 2) Extracción líquida – líquido
- 3) Extracción gas – líquido.

La primera es la más utilizada y es sobre la que trata este escrito de la extracción con el equipo Soxhlet. Lo que hace el extractor Soxhlet es realizar un sinfín de extracciones de manera automática, con el mismo solvente que se evapora y condensa llegando siempre de manera pura al material.

Para Jensen, (2007) la extracción Soxhlet se fundamenta en las siguientes etapas: Colocación del solvente en un balón.

1. Ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo.
2. El condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho poroso con la muestra en su interior.
3. Ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón.
4. Se vuelve a producir este proceso la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente.

2.2.10 Calidad del aceite de palma

Orthofer, *et al.* (1991). Refiere que, el aceite rojo de palma se ve afectado por factores externos que comprometen su calidad. Así se tiene que está ligada a ciertos cuidados que hay que tener en todas las etapas del procesamiento del aceite, es decir desde la cosecha, pasando por la extracción, el almacenamiento y transporte.

Patterson, (1989). Menciona que el principal factor que influye en la calidad del aceite rojo de palma es la elevación del nivel de oxidación, entendiéndose por oxidación la reacción que se da entre los enlaces dobles de las grasas insaturadas y el oxígeno del medio, en la cual se generan compuestos oxidados como aldehídos o cetonas y ácidos grasos libres de cadena corta que conducen a la alteración de las características sensoriales de producto y la formación de la rancidez en el aceite. Existen ciertas condiciones que aceleran esta reacción como, por ejemplo: temperaturas elevadas, alto porcentaje de humedad, presencia de metales catalíticos como hierro, cobre en altas cantidades, exposición del lípido a la luz y el medio ambiente por periodos prolongados

Peixoto, (1986). Segura que durante la etapa de almacenamiento y transporte hay que tomar precauciones para evitar el exceso de humedad en el aceite, ya que esta favorece la oxidación, compromete la vida útil del aceite y causa problemas para purificarlo y refinarlo.

Tabla 2. Características de un aceite del aceite crudo de palma

Características del aceite crudo de palma	Niveles Óptimos
Ácidos grasos libres	<5%
Humedad	<0,5%
Índice de peróxido	<5%
Impurezas	<0,01%
Hierro	<3,5ppm
Cobre	<0,2ppm

Fuente: Quesada (1998).

2.2.11 Condiciones del vapor y tiempo de cocción

Gómez, (1994). Menciona que el vapor utilizado en la esterilización de racimos de fruto fresco (RFF) de palma debe ser saturado con el fin de facilitar la hidrólisis y la mayor transferencia de vapor, lo cual no se logra con vapor seco.

Tabla 5. Temperatura para diferentes presiones de vapor saturados

PRESION ABSOLUTA (Kg/cm²)	PRESION DEL INDICADOR (Kg/cm²)	TEMPERATURA °C
0,0	1,0	100,0
1,0	2,0	119,6
1,5	2,5	126,8
2,0	3,0	132,9
3,0	4,0	142,9
3,5	4,5	147,2

Fuente: Gómez (1994), Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma.

- Se debe permitir que los racimos permanezcan en calentamiento suficiente tiempo para cocinar. Con una esterilización satisfactoria, la temperatura alcanzada en el fruto es de aproximadamente 120°C y en centro del tallo 100 OC, dependiendo del tamaño de los racimos,
- Para racimos entre 3 y 6 kg, 25 a 30 minutos a presión constante es suficiente, llegando hasta 50 o más minutos para racimos mayores de 20 kg. El otro factor importante que influye sobre la duración de la esterilización es la presión dentro del recipiente durante el período de cocción, ya que la temperatura del vapor está relacionada con su presión como se ve en la tabla anterior.
- Si el aire permanece dentro del esterilizador, la mezcla de vapor y aire tendrá una temperatura más baja que la que tendría con vapor solo a esa presión y el tiempo necesario para la cocción será mayor.
- Aunque el tiempo de cocción puede disminuir aumentando la presión de operación, no es conveniente hacerlo debido a que afecta la calidad del aceite en cuanto a blanqueabilidad.
- La eliminación casi total del aire dentro del estabilizador no sólo permite una temperatura más alta a una presión dada, sino que mejora la conductividad térmica. Lo anterior ayuda a que el calor del vapor pase a los racimos más rápidamente reduciendo el tiempo de esterilización.
- El aumento del tiempo de cocción a presión constante incrementa las pérdidas de aceite en condensados y en el raquis, por lo cual se debe tener sumo cuidado en ello.
- Los esterilizadores deben contar con dos entradas de vapor, una de menor tamaño que la otra (2" aproximadamente), con el fin de inicialmente inyectar vapor lentamente y evitar turbulencia, ya que esta evita la estratificación del aire

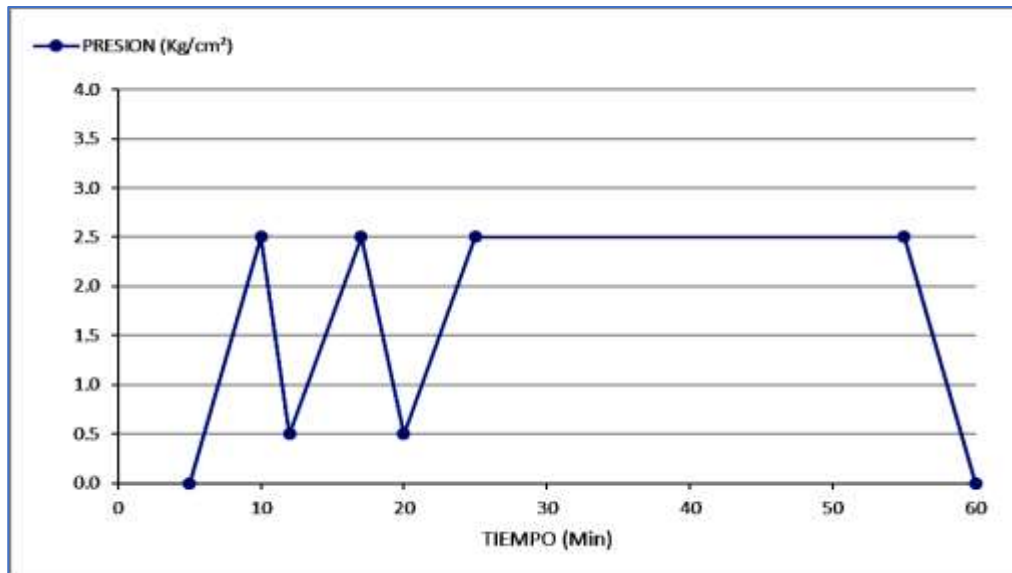
y el vapor. La anterior inyección de vapor debe hacerse con la válvula de escape de vapor cerrada y la de condensados completamente abierta.

- La mayoría del vapor se condensa al entrar en contacto con los racimos y las canastas frías, durante los primeros minutos, un poco pasa a través del tubo de desalojo de condensados forzando la salida de aire, pero la gran mayoría del aire lo hace al mezclarse con el vapor que escapa.
- Es muy difícil recomendar una duración precisa del período de desaireación, ya que este depende mucho del tamaño del esterilizador y de si el vapor es admitido lentamente o no. Si es admitido lentamente, la eliminación del aire durante el período de inyección es probable que sea más completa, con un desperdicio menor de vapor, aunque el tiempo necesario es mayor.
- Es muy recomendable el uso de válvulas de venteo, las cuales ayudan a la eliminación del aire durante todo el ciclo de esterilización evitando gran desperdicio de vapor.
- Un tiempo práctico y muy utilizado es 5 minutos para la desaireación con inyección lenta o no de vapor.

2.2.12 Ciclos de Esterilización

Gómez, (1994). La forma más recomendada de esterilización es de tres picos, pero es muy común la práctica de sólo dos picos.

Gráfico 1: Esterilización de tres picos.



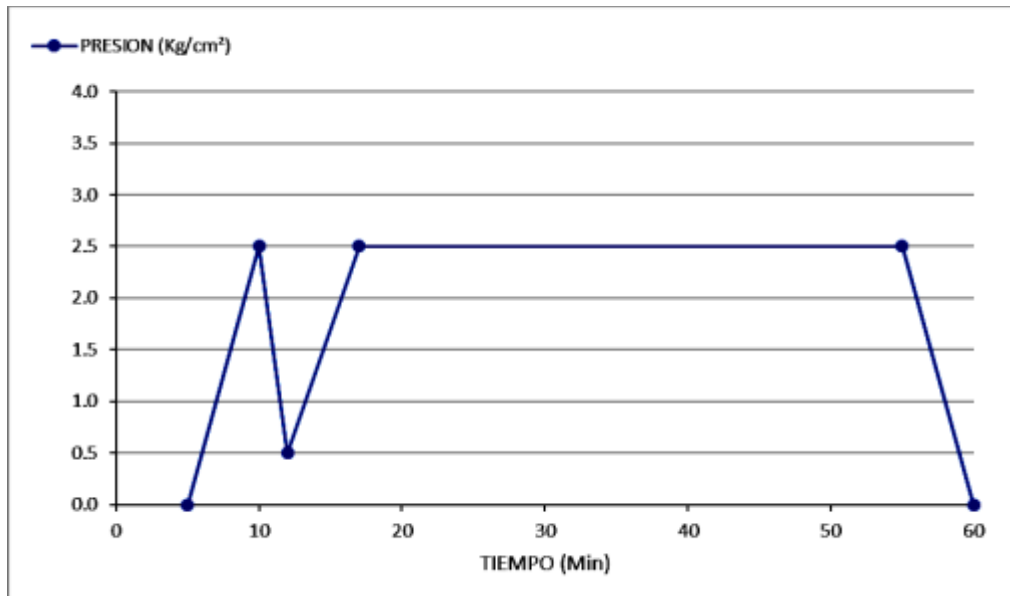
Fuente: Gómez (1994), Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma.

Tabla 6. Etapas del esterilizado con tres picos de vapor

ETAPA DE ESTERILIZADO	PRESION (Kg/cm²)	TIEMPO (Minutos)
Desaireación	-	2 – 5
Elevación de presión	1 - 3	5 – 6
Descompresión	0,5 – 0,2	1
Elevación de presión	2 – 3	5 – 6
Descompresión	0,5 – 0,2	1
Elevación de presión	2 - 3	5 – 6
Presión constante	2 - 3	30 – 50
Descompresión	0	2
Cargue y descargue del esterilizador	-	10 - 15

Fuente: Gómez (1994), Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma.

Gráfico 2: Esterilización de dos picos.



FUENTE: Gómez (1994), Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma.

Tabla 7. Etapas del esterilizado con dos picos de vapor

ETAPA DE ESTERILIZADO	PRESION (Kg/cm ²)	TIEMPO (Minutos)
Desaireación	-	2 – 5
Elevación de presión	2 - 3	5 – 6
Descompresión	0,5 – 0,2	1
Elevación de presión	2 – 3	5 – 6
Presión constante	2 - 3	30 – 50
Descompresión	0	1
Cargue y descargue del esterilizador	-	10 - 15

Fuente: Gómez (1994), Algunos aspectos del procesamiento de aceite de palma.

Durante el periodo a presión constante, se debe desalojar el condensado, para evitar los efectos descritos anteriormente. Para evitar que el ciclo de vapor no se cumpla exactamente trayendo como consecuencia una mala o deficiente esterilización, se recomienda su automatización.

2.2.13 Pérdida de aceite en el proceso de esterilizado

Idrogo y Castillo, (2014). Refieren que en el proceso de esterilizado los efectos de presión de vapor constante y tiempo en la autoclave son responsables sobre las pérdidas de aceite en el condensado. A esto se le denomina pérdida de aceite por arrastre de vapor.

Valencia, (2017) menciona que la pérdida del aceite en el condensado es una pérdida conocida, mas no registrada. El muestreo de partes representativas del condensado es bastante difícil debido a la amplia variedad del aceite y al volumen de la descarga del mismo. Sin embargo, las muestras que se toman durante la última evacuación de agua dan una idea de la perdida de aceite en la condensación.

Uribe, (1999). En su estudio recomienda que, con el fin de realimentar los parámetros del ciclo, diariamente se debe evaluar este residual de aceite. Hay que tomar una muestra representativa cada hora, para ser analizada una vez por cada turno de proceso. Para expresar la pérdida en términos de la TEA se deben establecer los siguientes parámetros:

- Aceite en sólidos secos sin aceite (A/SSSA)
- Sólidos secos sin aceite en condensados (SSSA/ Cond.)

Adicionalmente hay que cuantificar el caudal de los condensados y relacionarlo con la cantidad de racimos procesados (Cond. /RFF). Esta medida se hace semanalmente para actualizar su valor. Al aplicar la fórmula siguiente se determina la pérdida de aceite en términos de la TEA:

- Pérdida. Ac. Cond. = $A/SSSA \times SSSA/ Cond. \times Cond. /RFF \times 100$

La norma establece un rango permisible para la pérdida en el rango 0,15 -0,18%.

III. MÉTODOS

3.1 Ubicación y descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de la empresa de INDOLMASA; el cual consistió en una serie de actividades encaminados a lograr la tecnología más apropiada para obtener el mayor rendimiento de extracción de aceite crudo de palma.

3.1.2 Descripción del área de estudio

El trabajo de investigación es de tipo aplicado debido a que toma los conocimientos establecidos de nuestra realidad para resolver un problema que perjudica a nuestro medio, teniendo presente la ayuda del personal de laboratorio, así como de la jefatura de planta a cargo de los ingenieros de esta empresa. El nivel de investigación fue descriptivo causal, por lo que se midió el efecto que tienen los parámetros de proceso sobre el rendimiento y pérdidas que se generan en la operación de esterilizado

3.2 Identificación y descripción del material de estudio

3.2.1 Identificación del material de estudio.

Se utilizó fruta de palma africana (*Elaeis guineensis*) en estado de maduro (seleccionados por personas con experiencia en la cosecha de este cultivo), el cual ha sido sometida al proceso de esterilización. Se analizó los parámetros propuestos por la empresa y se determinó el rendimiento y pérdidas en porcentaje en promedio.

3.2.2 Descripción del material de estudio

- Material biológico: Se utilizó frutas maduras de palma africana (*Elaeis guineensis*).
- Reactivo: Hexano (IQBF con el cual cuenta la empresa INDOLMASA)

- Materiales de laboratorio y otros: Vaso de precipitado, pipetas, espátulas, entre otros.
- Equipos de laboratorio y otros: equipo de extracción Soxhlet, balanza analítica, congelador, baño maría, cocina, recipientes de acero inoxidable, cronómetro.

3.3 Procedimientos para esterilización de los racimos de fruto fresco (RFF).

3.3.1 Clasificación de racimos de fruto fresco (RFF) según estado de madurez.

Se seguirá el procedimiento establecido por (CENIPALMA 2011), con sus adaptaciones, el cual comprenderá:

- La fruta de palma africana (*Elaeis guineensis*), se clasificó según el estado de madurez: Manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio:

Maduro: el fruto de palma se encuentra en el óptimo balance de contenido y la calidad del aceite.
- Durante el proceso de clasificación del fruto, se pesará, seleccionará y se registrará en el cuaderno de control. De los racimos seleccionados según estado de madurez se tomará una muestra 200 g para análisis en el laboratorio.

3.3.2 Determinación de las características sensorial y fisicoquímica del racimo de fruto fresco (RFF) antes del esterilizado.

El grupo de fruto seleccionado se tomará una muestra 200 g para análisis en laboratorio para poder determinar las características sensoriales y fisicoquímicas como lo describe a continuación (Echevarría et al. 2008).

A) Características sensoriales.

- **Olor:**

El olor debe ser característico de la fruta, no debe presentar olores fuertes relacionados con algún agente químico. por lo tanto, un olor intenso en una fruta demuestra que la fruta está en plena madurez, pero si el olor es demasiado fuerte es probable que la fruta este empezando su proceso de descomposición.

- **Color:**

El color verdoso en la cascara según sea el fruto, nos indicara que todavía no se ha madurado, si el fruto muestra un color agradable y característico libre de manchas que indiquen deterioro nos percatamos que es una fruta que está en el punto deseado para su cosecha.

- **Sabor:**

Debe se característico de la fruta, debe ser agradable y no demasiado intenso.

- **Textura:**

El fruto debe tener una textura firme, no debe estar demasiado blando ni magullado. Debe ser de fácil manipulación y no debe presentar exudación.

Para el estudio sensorial se usó el formato para prueba de análisis sensorial (Formato 1 que se muestra en Anexos) Realizando la evaluación personas que trabajan en la planta de sustracción de aceite (supervisores de calidad, evaluadores de calidad, analistas de calidad).

B) Características fisicoquímicas: Se aplicará la metodología descrita por Fernández (2011). Los frutos obtenidos de la anterior operación se triturarán por 5 minutos, con la finalidad de reducir el tamaño y uniformizarlo, los materiales y reactivos se mencionan en el Anexo 2.

- **Contenido de ácidos grasos libre (acidez):**

Todos aquellos ácidos grasos que han roto el enlace éster con glicerol y se encuentran libres en el aceite de palma y en el palmiste. El contenido de ácidos grasos libres se reporta como porcentaje y expresa peso (mg) de hidróxido de sodio requerido para neutralizar un gramo de material graso. Para el caso específico de aceite crudo de palma proveniente de materiales *Elaeis*

guineensis Jacq, este porcentaje corresponde al ácido palmítico, mientras que para aceite de palmiste se estima sobre el ácido laúrico.

Para la determinación de la acidez se disuelve la muestra en etanol neutralizado, se calienta y se titula con solución acuosa de hidróxido de sodio.

El porcentaje de ácidos libres (AGL) en el aceite de palma se calcula como:

$$\% \text{ AGL} = \frac{25.6 * V * N}{W}$$

3.3.3 Esterilización de los racimos de fruto fresco (RFF) a diferentes condiciones.

La parte experimental se desarrollará de acuerdo al flujograma para la determinación de pérdidas de aceite durante el proceso de extracción de aceite crudo de palma (figura x), que incluye el proceso de extracción, las variables de evaluación, los puntos de pérdidas de aceite y los respectivos análisis realizados. Se describe las siguientes operaciones:

1. Recepción.

Los racimos de fruto fresco (RFF) se cosecharán en los campos de cultivo con una madurez óptima, seguidamente se transportarán hacia la planta de extracción, donde se pesarán x toneladas en el mismo vehículo; posteriormente el vehículo pasará a la tolva de recepción de RFF en donde se evaluarán las características físicas de los frutos, tales como: estado de madurez, pedúnculo largo, con la ayuda visual se descartaron así lo verdes, luego fueron llevados al esterilizador vertical.

2. Esterilización.

En el proceso de esterilización, se variará la presión disminuyendo y aumentando en x PSI la presión actual (45 PSI) que la empresa usa en esta etapa del proceso; de manera que las presiones analizadas serán x, y y z PSI. Las variables de temperatura y tiempo serán las mismas para todas las presiones.

3. Desfrutado.

Al realizar la separación de los frutos del Escobajo, por la acción de los golpes propiciados por el tambor desfrutador, se tomará una muestra de 15 g de escobajo para determinar la cantidad de aceite adherido, mediante el método Soxhlet.

4. Malaxado.

En esta operación se separará el pericarpio de las nueces, con el rompimiento de las células se dio paso a la liberación de aceite contenido mediante el prensado. Asimismo, los frutos serán macerados por medio de brazos batidores de tal manera que quedará al descubierto la parte fibrosa; todo será calentado por vapor directo, conservándose en el tanque la temperatura (85 a 90°C) y el tiempo (25 a 30 minutos) que la empresa Indolmasa utiliza en el proceso de producción.

5. Prensado.

Los frutos digeridos serán prensados por acción de dos tornillos sinfín de paso regresivo, girando paralelamente en sentido contrario. Para facilitar la salida del aceite durante el prensado, se agregará agua caliente, cuya cantidad se controlará estrictamente para asegurar una buena extracción y para obtener una adecuada dilución del aceite crudo, en esta etapa se extrae la fibra y las cáscaras de las

nueces, asimismo se tomará muestras para determinar la cantidad de aceite impregnado mediante el método soxhlet.

6. Tamizado

Es este proceso se purificará el aceite extraído, usando el tamiz vibratorio en el que quedaran atrapadas las partículas en suspensión de mayor tamaño tales como fibra y arena, y se tomarán muestras de fibras para su posterior análisis mediante el método soxhlet, a estas muestras se denominara “tamizado”. El aceite crudo pasará al tanque, el mismo que cuenta con dos secciones separadas con baffles que permitió una nueva separación del sobrenadante y partículas en suspensión pesadas.

7. Clarificación.

El aceite crudo obtenido en la etapa anterior, inmediatamente será bombeado hacia el tanque clarificador en donde se separará en tres cuerpos: aceite, aguas lodosas y lodos pesados; el aceite se recogerá por rebose a través de un baffle y conducido hacia el tanque aceite recuperado, mientras tanto, los lodos fueron conducidos a través a un tanque de lodos, de aquí se da una recuperación secundaria en una centrifuga, el aceite recuperado inmediatamente pasará al tanque pre clarificador para su recuperación, y la parte lodosa se bombeará a los tanques florentinos para su posterior recuperación. Finalmente se extraen muestras de los tanques de florentino para su respectivo análisis mediante método soxhlet.

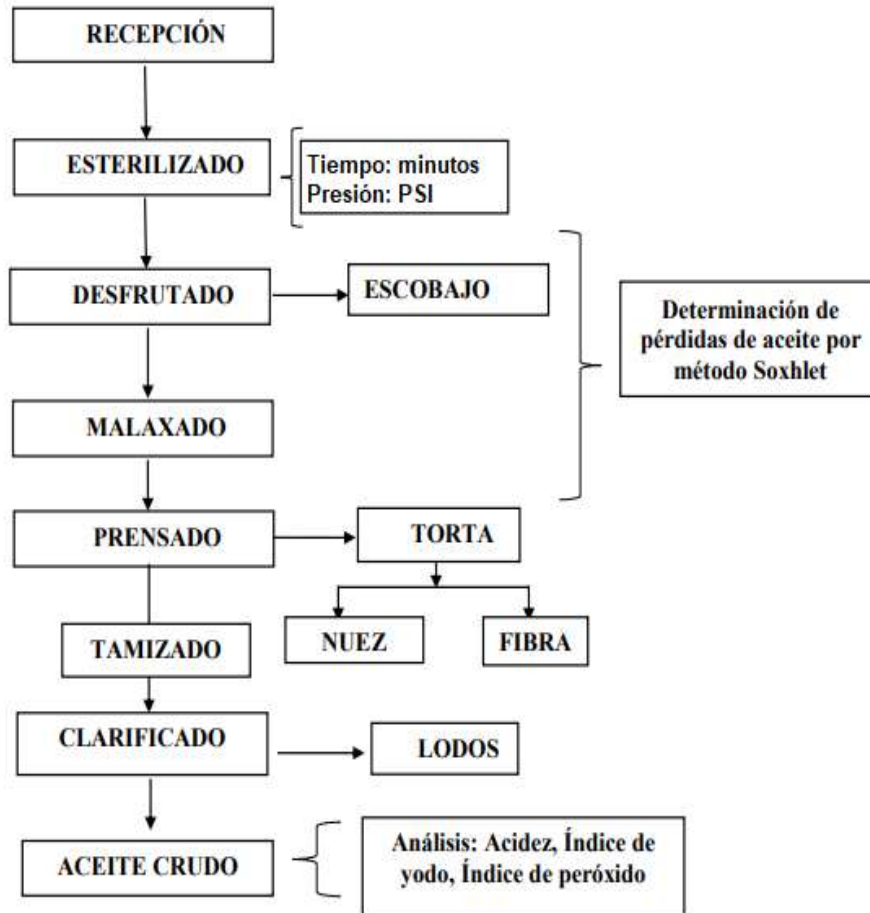


Figura 6: Determinación de Pérdidas de Aceite.
 Fuente: Elaboración propia. 2022.

A. Características sensoriales de los frutos esterilizados.

Una vez esterilizado los frutos, se procederá a pesar y se registrará los pesos, posteriormente de cada racimo se tomará una muestra de 200 g para el análisis en laboratorio. Para la obtención de los resultados de características sensoriales de los racimos de fruto fresco esterilizados se tendrá en cuenta lo descrito por el manual de procedimientos de laboratorio en plantas de beneficio (CENIPALMA 2011) y lo descrito por Echevarría et al. (2008).

B. Características sensoriales de los frutos esterilizados.

Para determinar el índice de acidez, índice de peróxido e índice de yodo, se extrae 5 gramos de muestras de aceite crudo de palma a cada presión x, y y z PSI. Los análisis mencionados se realizaron en el laboratorio de química de la empresa Indolmasa. Los análisis químicos que se realizarán para cada prueba serán los siguientes:

1. Índice de peróxidos (AOAC, 1998)

- Se pesará 5 gramos de muestra en un Erlenmeyer con tapa esmerilada.
- Añadir 30 mL. de la solución de ácido acético – cloroformo y 1 mL de solución saturada de IK.
- Agitar el matraz durante aproximadamente 1 minuto y añadir 30 mL. de agua destilada.
- Titular con la solución de tiosulfato de sodio 0,1N, agitando vigorosamente la muestra, empleando almidón como indicador.
- Hacer en forma paralela una prueba en blanco.

$$i = \frac{vN}{m} * 1000$$

Donde:

i: Índice de peróxido en meq. de O₂ por kg del producto.

v: Volumen de la solución de tiosulfato de sodio empleado en la titulación de la muestra en cm³, corregido de blanco.

N: Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

m: Masa de muestra analizado en gramos.

2. Índice de iodo (AOAC, 1998)

- Pesar una muestra de 0.25 g de aceite la cantidad de muestra apropiada en un Erlenmeyer de 250 mL
- Añadir 20 mL de tetracloruro de carbono y 25 mL de reactivo de Wijs.
- Dejar en reposo 30 minutos, en un lugar oscuro.
- Añadir 20 mL de solución IK al 15% y 100 mL de agua destilada, agitar.
- Titular con solución de tiosulfato de sodio al 0,1N empleando almidón como indicador, hasta desaparición del color azul.
- Hacer prueba en blanco.

$$I = \frac{12.69(V-V1)N}{m}$$

Donde:

I: Índice de yodo de la muestra.

V: Media aritmética de los volúmenes de la solución de tiosulfato de sodio empleados en la titulación de sodio empleados en la titulación en cm³.

V1: Volumen de solución de tiosulfato de sodio empleados en la titulación en cm³.

m: masa de la muestra analizada en g.

3. Índice de acidez (AOAC, 1998).

- Pesar la muestra (5 gramos de aceite) debidamente homogeneizada en un Erlenmeyer de 250 ml. Añadir 50 ml de alcohol neutralizado y agregar unas gotas de indicador fenolftaleína.
- Titular con NaOH 0,1 N hasta ligero color rosa.
- Anotar el gasto de álcali y calcular el índice de acidez y porcentaje de acidez.

$$A = \frac{M.V.N}{m} \times 100$$

Donde

A: Acidez del producto, en porcentaje de masa

M: Masa molecular del ácido usado

V: Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm³

N: Normalidad de solución de hidróxido de sodio.

m: Masa de la muestra analizada en g.

3.3.4 Rendimiento de extracción de aceite mediante Soxhlet – laboratorio

Para la determinación y evaluación del rendimiento de extracción de aceite por método Soxhlet se aplicará el procedimiento reportado por el manual de laboratorio de planta de beneficio – (CENIPALMA 2011), con solvente de Hexano (la empresa Indolmasa cuenta con el permiso emitido por la SUNAT). Se seguirá las siguientes operaciones:

- Se pesará en una balanza los frutos de palma esterilizadas, tomar el dato del peso cuando se encuentre estable. Registrar en el formato respectivo.
- Con la ayuda de un cuchillo se separará totalmente el mesocarpio de las nueces en los frutos.
- La muestra obtenida se pesará en la balanza analítica; se tomará el dato del peso cuando se estabilizó la balanza, registrándose en el formato respectivo.
- En la balanza analítica, se pesará una cápsula limpia y secará previamente identificada y se registrará este valor en el formato respectivo.

- Se agregará aproximadamente 5 a 10 gramos (g) de muestra molida, a la cápsula que se encuentra en la balanza, registrando el siguiente valor.
- Seguidamente se colocará la cápsula con la muestra húmeda en la estufa 130 a 150°C hasta obtener peso constante (aproximadamente 3 horas).
- Luego se colocó la muestra en el desecador por espacio de una hora, y se pesará la cápsula con la muestra seca, registrando el valor.
- Se preparará el cartucho con papel filtro Whatman N° 40 para el equipo Soxhlet, se pesará el cartucho y se registrará el valor.
- Se colocará 10 g de muestra seca en el cartucho de la cápsula, luego se pesará y registrará su valor, se taponea con un trozo de algodón, para evitar que la muestra se salga del cartucho al mezclarse con el solvente (Hexano). Luego se colocará el cartucho más la muestra en el dedal del tubo Soxhlet.
- Se pesará un matraz fondo plano de 250 mL limpio y seco, se anotará el número del matraz y el peso, en el formato respectivo. Se agregará aproximadamente 150 a 200 mL de Hexano al matraz.
- Luego se conectará el matraz a la parte central del extractor, separando el refrigerante, colocándolo en la plancha de calentamiento.
- Se enciende la estufa, para iniciar el proceso de extracción y se abrió la llave de agua del refrigerante (equipo Soxhlet), este proceso dura aproximadamente de 3 a 4 horas. Se detiene el proceso cuando el solvente que se encuentra en la parte central, pasa a ser totalmente incoloro.
- Luego se retira cuidadosamente el cartucho del dedal de extracción, con la ayuda de una pinza, después se retira el Hexano con la ayuda de una pipeta, hasta obtener el aceite final en el balón de extracción.

- El matraz con la muestra de aceite se llevará al horno (estufa) de calentamiento a 130°C hasta la total eliminación del solvente remanente (aproximadamente 1 hora).
- Transcurrido el tiempo, se llevó el matraz al Desecador (aproximadamente 1 hora) hasta su enfriamiento total y se pesó el matraz en la balanza analítica.

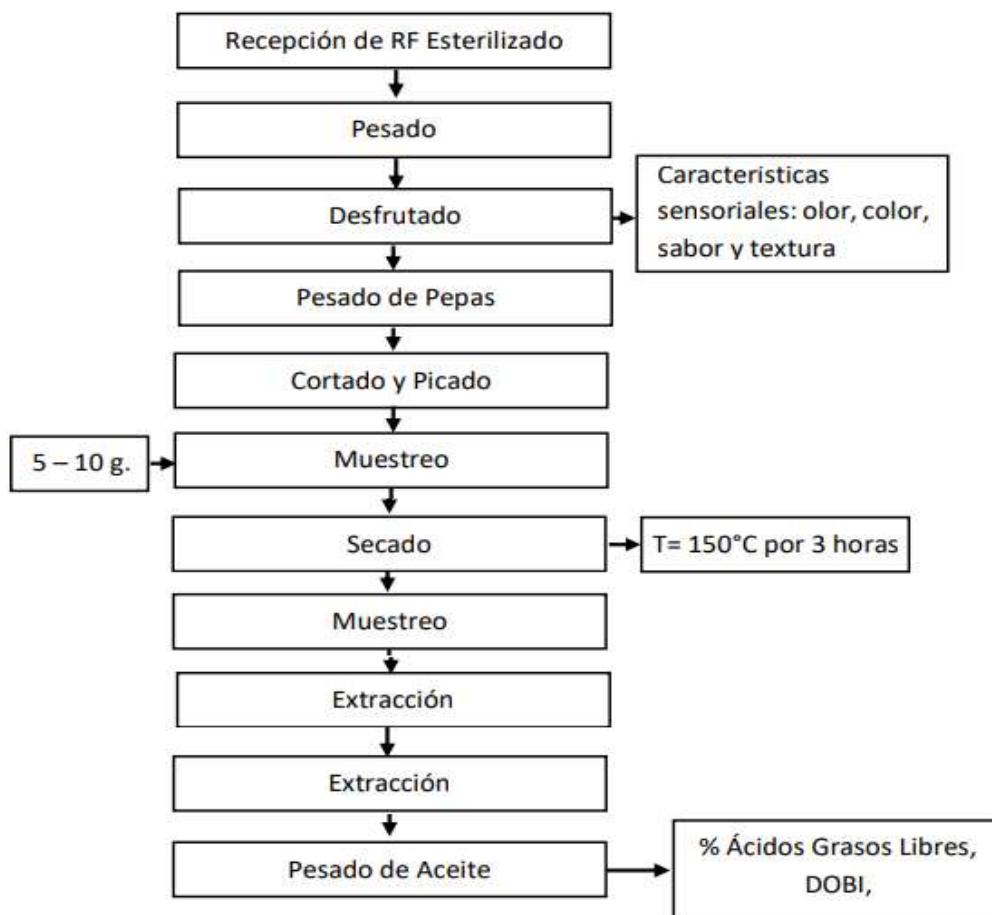


Figura 8. Diagrama de flujo obtención de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*) por método de extracción Soxhlet.

FUENTE: Elaboración propia.

3.3.5 Características fisicoquímicas del aceite extraído por método Soxhlet

Para la determinación de las características fisicoquímicas del aceite extraído se tuvo en cuenta la metodología descrita por Fernández (2011).

a) Contenido de ácidos grasos libre (acidez)

Todos aquellos ácidos grasos que han roto el enlace éster con glicerol y se encuentran libres en el aceite de palma y en el palmiste. El contenido de ácidos grasos libres se reporta como porcentaje y expresa peso (mg) de hidróxido de sodio requerido para neutralizar un gramo de material graso. Para el caso específico de aceite crudo de palma proveniente de materiales *Elaeis guineensis Jacq*, este porcentaje corresponde al ácido palmítico, mientras que para aceite de palmiste se estima sobre el ácido laúrico (Fernández 2011).

Para la determinación de la acidez se disuelve la muestra en etanol neutralizado, se calienta y se titula con solución acuosa de hidróxido de sodio.

El porcentaje de ácidos libres (AGL) en el aceite de palma se calcula como:

$$\% \text{ AGL} = \frac{25.6 * V * N}{W}$$

Dónde:

V = volumen de solución de hidróxido de sodio, expresado en ml

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

W = peso de la muestra de aceite de palma, expresada en gramos.

b) Índice de deterioro a la blanqueabilidad (DOBI)

El índice de deterioro a la blanqueabilidad DOBI, es una medida de calidad del aceite crudo de palma que será sometido al proceso de blanqueo y refinación. Este parámetro mide la relación entre la absorbancia de la muestra de ensayo a 446 nm y a 269 nm. El DOBI se expresa hasta con una cifra decimal, adimensional. Según (Fernández 2011).

Para la determinación del DOBI es necesario homogenizar la muestra a temperatura de 50 °C máximo, se pesa aproximadamente 1 mg, la cual será completada a la marca del solvente. Enjuagar la celda del cuarzo tres veces con la solución de ensayo. Llenar el cuarzo con la solución e ingresar al espectrofotómetro, registrar los datos obtenidos. Los resultados se expresan de la siguiente manera:

$$\text{DOBI} = \frac{\text{absorbancia a } 446 \text{ nm}}{\text{absorbancia a } 269 \text{ nm}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Porcentaje de pérdida de aceite en condensados en la operación de esterilizado.

Los resultados del estudio estuvieron determinados en la cuantificación de pérdidas de aceite en condensados en la operación de esterilizado.

Cuadro 1. Cuantificación en porcentaje de pérdida de aceite en la etapa de esterilizado

Muestra Condensados de Esterilizado	ANÁLISIS DE PERDIDAS EN PROMEDIO DE ACEITE EN PROCESO AÑO - 2021								
	Capsula Vacía (g)	Muestra Húmeda (g)	Capsula + Muestra Seca (g)	Humedad (%)	Balón Vacío (g)	Balón+ aceite (g)	Aceite Extraído (g)	% SSNA	% Aceite / SSNA
Enero - Febrero	94.83	50.15	98.02	93.64%	106.10	106.33	0.23	5.9%	7.9%
Marzo - Abril	94.50	50.14	99.00	91.03%	107.49	107.81	0.33	8.3%	7.8%
Mayo - Junio	95.61	51.00	99.00	93.36%	107.67	107.94	0.27	6.1%	8.7%
Julio - Agosto	95.00	51.00	98.50	93.14%	106.60	106.85	0.25	6.4%	7.7%
Setiembre - Octubre	93.00	50.89	98.00	90.17%	106.55	106.89	0.34	9.2%	7.3%
Noviembre - Diciembre	94.00	51.02	99.00	90.20%	106.52	106.90	0.38	9.1%	8.2%

FUENTE: Resultados del estudio para el 2021

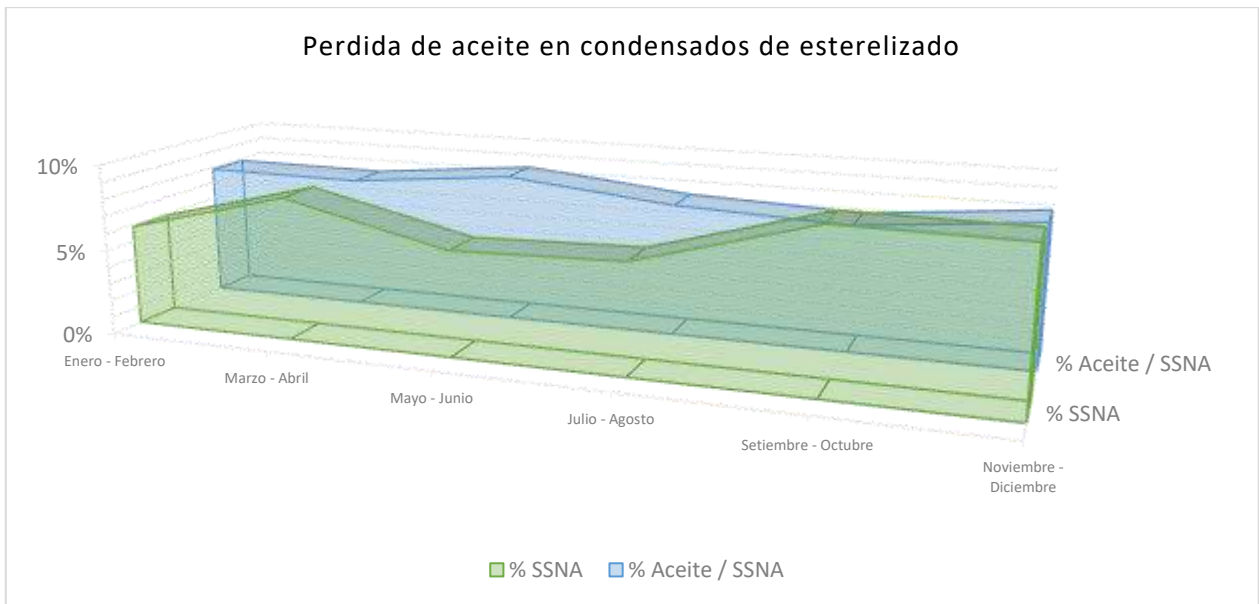


Gráfico 1: Comparación de producción y pérdidas en porcentaje en la etapa de esterilizado

FUENTE: Resultados del estudio para el 2021.

Del análisis realizado durante el año 2021 en la etapa de esterilizado para la obtención de aceite crudo de palma, se puede apreciar en el cuadro 1 que el promedio fue de 7.93% (ver anexo 1) en pérdidas, que, expresado en toneladas por año, asciende a 1005 toneladas, teniendo en cuenta que para el 2021 la empresa produjo 12600 toneladas de aceite crudo. El gráfico de áreas refleja claramente que en los análisis de laboratorio realizados las pérdidas superan en muchos casos a la extracción en esta etapa del proceso. Lo que resume que existe un problema de pérdidas considerable.

4.2 Ensayar diversos parámetros de tiempo y presión en la etapa de esterilizado y determinar su efecto sobre el porcentaje de pérdida de aceite por condensados.

Los resultados que se muestran a continuación forman parte de la propuesta tecnológica de modificación a los parámetros que utiliza la empresa como parte de obtención de aceite crudo de palma en su operación de esterilizado.

Cuadro 2. Porcentaje de pérdida de aceite a 60 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar, 3.5 Bar.

PRESION (Bar)	TIEMPO (minutos)	Aceite Extraído (g)	Promedio	% Aceite / SSNA	% SSNA	Porcentaje de pérdida
2.5	60	0.461	0.466	18.21%	5.05%	5.60%
		0.476		15.73%	6.03%	
		0.4618		15.98%	5.73%	
3.0	60	0.7990	0.794	40.58%	3.94%	5.14%
		0.7952		27.57%	5.72%	
		0.789		27.38%	5.75%	
3.5	60	0.739	0.743	22.56%	6.54%	5.53%
		0.7491		24.69%	6.05%	
		0.741		37.04%	3.99%	

FUENTE: Datos del estudio

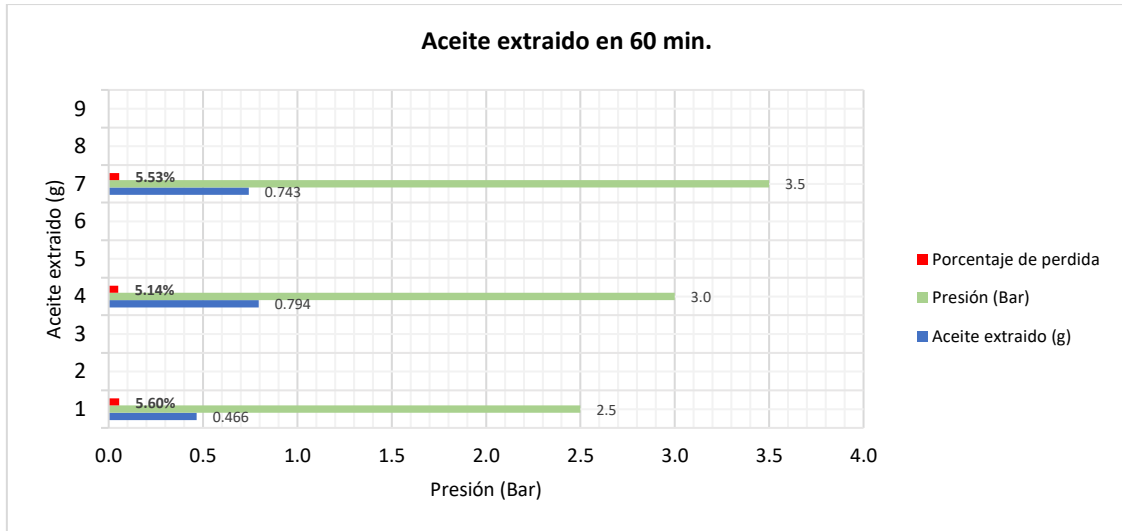


Gráfico 2. Porcentaje de pérdida de aceite a 60 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar. 3.5 Bar.

FUENTE: Datos del estudio

El gráfico y cuadro que anteceden muestran en promedio los porcentajes de pérdidas de aceite que se generan en el esterilizador en un tiempo de operación de sesenta (60) minutos. Es así que la mayor pérdida que se genera en este tiempo es para una presión de 2.5 bar, que promedio de reporta un 5.60% de mermas. Seguidamente de 3.5 bar con un 5.53%, y un 5.14% de pérdidas para 3.0 bar. También se pueden apreciar que a 3.0 bares se puede obtener mayor cantidad de aceite obteniéndose 0.794 gramos (g.) para esta variable, seguida de 0.743 gramos (g.) para 3.5 bar. Y 0.466 gramos para 2.5 bar.

Cuadro 3. Porcentaje de pérdida de aceite a 65 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar. 3.5 Bar.

PRESION (Bar)	TIEMPO (minutos)	Aceite Extraído (g)	Promedio	% Aceite / SSNA	% SSNA	Porcentaje de pérdida
2.5	65	0.7287	0.679	24.60%	5.80%	5.37%
		0.7043		30.89%	4.54%	
		0.6026		20.79%	5.79%	
3.0	65	0.6899	0.670	23.89%	5.54%	5.42%
		0.7586		27.22%	5.57%	
		0.5610		21.55%	5.15%	
3.5	65	0.5455	0.583	20.07%	5.41%	4.39%
		0.62		32.64%	3.80%	
		0.5847		29.08%	3.95%	

FUENTE: Datos del estudio

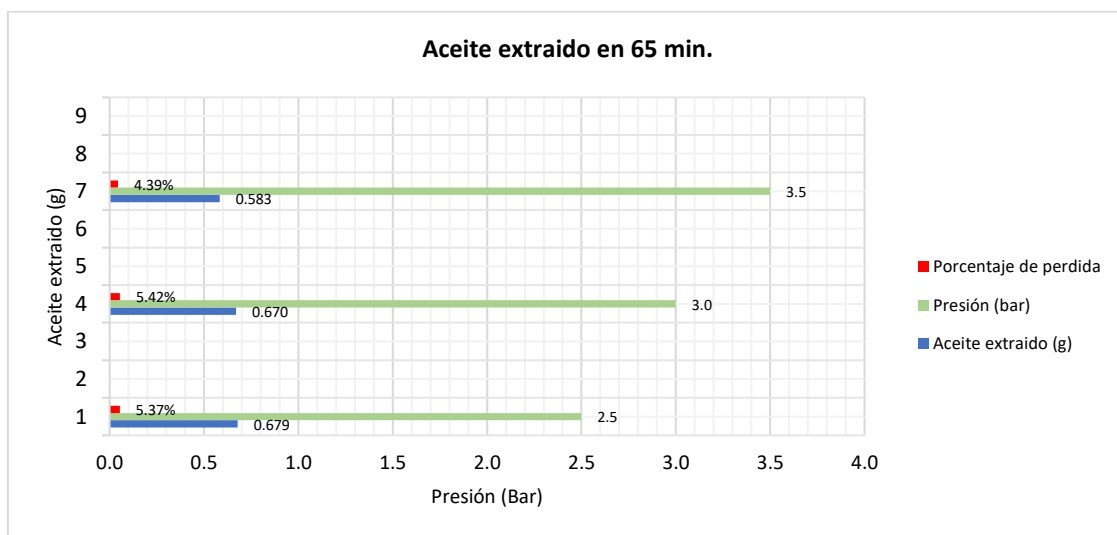


Gráfico 3. Porcentaje de pérdida de aceite a 65 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar. 3.5 Bar.

FUENTE: Datos del estudio

Los resultados para una operación de esterilizado a 65 minutos mostrados en el gráfico 3 y cuadro 3 muestran en promedio los porcentajes de pérdidas de aceite que se generan en el esterilizador a 3.0 bar, es en promedio porcentual de 5.42% que es la mayor alcanzada para

este tiempo, seguida de una pérdida porcentual en promedio de 5.37% para una presión de 2.5 bar. Y para una presión de 3.5 bar. se generó una pérdida en promedio de 4.39%

Cuadro 4. Porcentaje de pérdida de aceite a 75 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar. 3.5 Bar.

PRESION (Bar)	TIEMPO (minutos)	Aceite Extraído (g)	Promedio	% Aceite / SSNA	% SSNA	Porcentaje de pérdida
2.5	75	1.71	1.787	64.02%	5.77%	7.04%
		1.755		62.99%	6.12%	
		1.896		43.67%	9.24%	
3.0	75	1.007	1.149	22.78%	8.70%	6.82%
		1.269		25.71%	9.17%	
		1.17		92.34%	2.60%	
3.5	75	2.154	2.304	46.20%	9.22%	8.21%
		2.512		68.19%	7.86%	
		2.245		63.54%	7.55%	

FUENTE: Datos del estudio

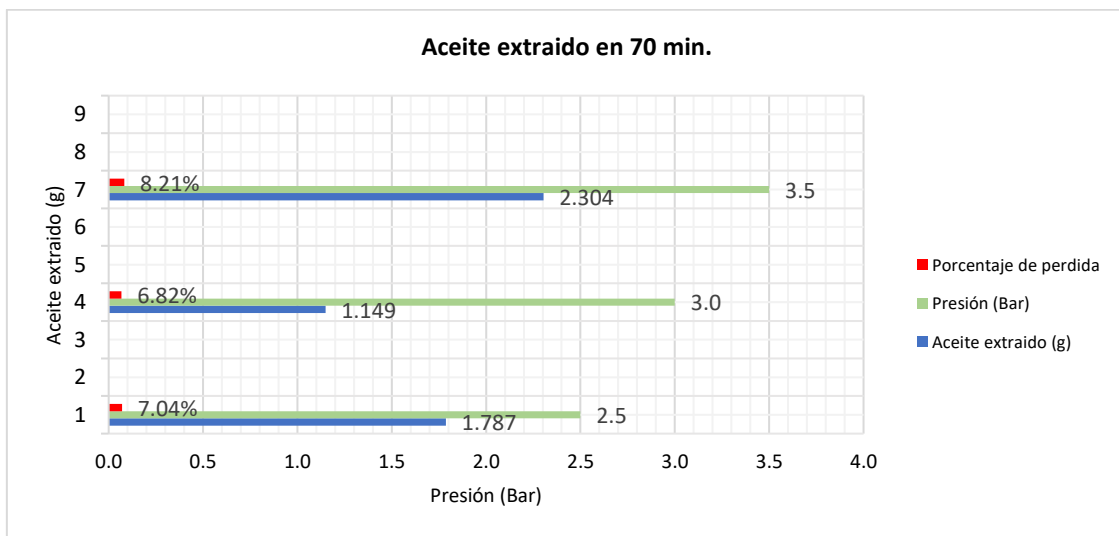


Gráfico 4. Porcentaje de pérdida de aceite a 75 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar. 3.5 Bar.

FUENTE: Datos del estudio

El cuadro y grafico anteriores muestran en promedio los porcentajes de pérdidas de aceite que se generan en el esterilizador en un tiempo de operación de setentaicinco (75) minutos. Los resultados arrojaron una mayor pérdida para 2.5 bar en un porcentaje de pérdidas de 8.21%, seguida de 7.04% para una presión de 2.5 bar, y por último un 6.82% en pérdidas cuando el esterilizador funciona a 3.0 bar. También se puede apreciar que a 3.5 bares se puede obtener mayor cantidad de aceite obteniéndose 2.304 gramos (g.) para esta variable, seguida de 1.787 gramos (g.) para 2.5 bar. Y 1.149 gramos para 3.0 bar.

4.3 Determinar los parámetros adecuados de tiempo y presión que minimicen las pérdidas de aceite por condensado.

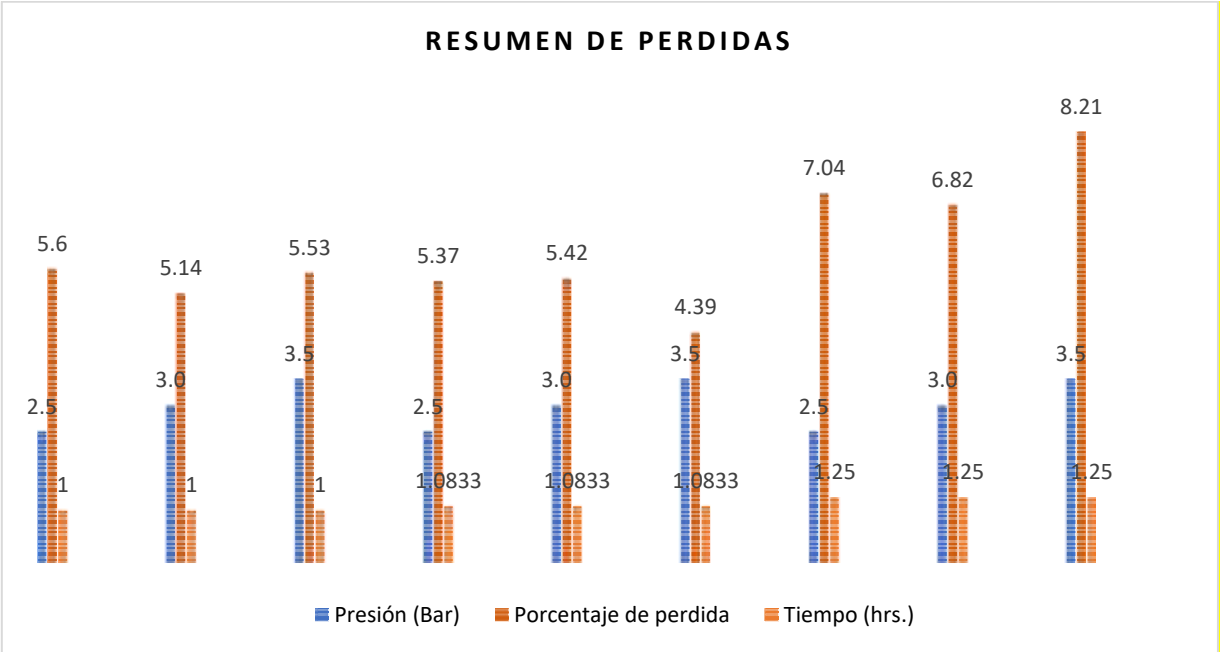


Gráfico 4. Porcentaje de pérdida de aceite a 75 minutos, y presiones de 2.5 Bar, 3.0 bar. 3.5 Bar.

FUENTE: Datos del estudio

El grafico 4 muestra muy claramente el comportamiento de las perdidas de aceite en los condensados para la operación de esterilizado en los diversos cambios de parámetros en la tecnología utilizada por la empresa Indolmasa. Los resultados muestran que para la combinación de parámetros de 3.5 bar y 65 minutos (1.08 hrs) las perdidas caen hasta un total

en porcentaje de 4.39% disminuyendo en 3.59% respecto del total de perdidas calculada para el 2021 que ascendía en promedio de 7.98%. los resultados también muestran que hay una relación directa entre modificación de parámetros presión y tiempo, con el rendimiento de obtención de aceite o disminución en el porcentaje de pérdidas. Es en ese sentido que analizando los resultados para un incremento en presión y tiempo, el porcentaje de pérdidas se incrementa hasta un 8.21 % en promedio.

Por otro lado, es importante mencionar que de la apreciación de los resultados estas tienden a bajar las pérdidas a una presión igual a 3.0 bar. Ya que de 2 series del estudio se desprende que a diferentes tiempos de esterilización la presión antes descrita (3.0 bar) tiende a disminuir las perdidas, es así que de la serie de tiempos a 60 min el tratamiento a 3.0 bar es la menor en perdidas de la serie (perdidas = 5.14), de la serie de tiempos a 75 min el tratamiento a 3.0 bar es la menor en pérdidas de la serie (perdidas = 6.82), contradiciendo al fenómeno ocurrido en la serie para 65 minutos que muestra una pérdida de 4.39% a 3.5 bar.

4.4 Análisis Estadístico

4.4.1 Contrastación de hipótesis

El cuadro siguiente muestra p-valor de 0.018 inferior al alfa planteado $\alpha=0.05$ y demuestra que existe modificación en el porcentaje de pérdidas y, dependiendo de los parámetros planteados estos tienden a cambiar. Con es resultado para el p-valor, se puede validar la hipótesis de investigación que planteaba, que si se modifica los parámetros de esterilizado se podría disminuir las pérdidas por condensados

Cuadro 5. ANOVA para perdidas de aceite en condensados

Perdidas (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	52,601	9	5,845	2,927	,018
Dentro de grupos	45,933	23	1,997		
Total	98,534	32			

FUENTE: Datos calculados en el estudio

4.4.2 Sub conjuntos para muestras independientes

De acuerdo al análisis de varianza y sub conjuntos de Duncan, se pudo demostrar que el parámetro de 65 min y 3.5 bares de presión es el que menor pérdida de aceite por condensados genera, también el parámetro de 60 min. Y 3.0 bares de presión es encontrada como valor importante en la disminución de perdidas de aceite. Los demás parámetros considerados tienden a ser altos y tres de ellos son significativamente iguales en función a perdidas a los utilizados por la empresa Indolmasa.

Cuadro 6. Sub conjuntos homogéneos para perdidas de aceite en condensados

Perdidas (%)				
Duncan				
Parámetros	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
65 min. 3.5 (bar)	3	4,3867		
60 min. 3.0 (bar)	3	5,1367		
65 min. 2.5 (bar)	3	5,3767	5,3767	
65 min. 3.0 (bar)	3	5,4200	5,4200	
60 min. 3.5 (bar)	3	5,5267	5,5267	
60 min. 2.5 (bar)	3	5,6033	5,6033	
75 min. 3.0 (bar)	3	6,8233	6,8233	6,8233
75 min 2.5 (bar)	3	7,0433	7,0433	7,0433
Parámetros Indolmasa	6		7,9333	7,9333
75 min. 3.5 (bar)	3			8,2100
Sig.		,051	,057	,271
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				

FUENTE: Datos calculados en el estudio

V. CONCLUSIONES

- De un análisis exhaustivo que duró un año se pudo determinar que el promedio de pérdida de aceite en los condensados fue en promedio de 7.93 % que expresado en unidades de masa ascienden 1005 toneladas por año. Este problema se suscita por falta de control real de los parámetros que se han determinado en este estudio.
- Respecto del análisis de pérdidas con parámetros propuestos por el investigador se pudo determinar que los parámetros de 65 minutos y 3.5 bares de presión, es el parámetro que alcanzó una menor cantidad de pérdidas en los condensados con un valor de 4.39 %,
- Se concluye también que la modificación en los parámetros de esterilizado modifica también en el porcentaje de pérdidas de aceite, es así, que se pudo determinar de acuerdo a lo propuesto, una disminución de pérdidas.
- Se validó la hipótesis de investigación que expresaba que ante la modificación de parámetros de presión y tiempo este tendría una influencia en el rendimiento y pérdidas de aceite en condensados. Validándose debido a que el p-valor alcanzo un 0.018, para un alfa $\alpha=0.05$.
- Del análisis estadístico se pudo determinar que se forman de las propuestas tres sub conjuntos, dentro de las cuales el primer sub conjunto de mejores resultados es el sub conjunto 1, para parámetros de 65 min. 3.5 (bar) y 60 min. 3.0 (bar), los cuales según el análisis para Duncan son los más adecuados.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios sobre porcentaje de pérdidas en la operación de desfrutado debido a que tienen consecuencias la relación entre el esterilizado de la impregnación de aceite por los picos de vapor que se utilizan.

Se recomienda analizar las pérdidas en porcentaje en la operación de prensado sobre el tiempo y temperatura del malaxado, así como también la presión, ejercida en la prensa.

Se recomienda evaluar la pérdida de lodos en centrifuga evaluando la variante temperatura y distancia de la entrada al tanque de caída de lodos.

Se recomienda evaluar la temperatura adecuada para la recuperación del aceite en los pozos florentinos y la cantidad de sólidos suspendidos totales SST. Con carga de DBO y DQO

VII. BIBLIOGRAFÍA

Alvarado Tobías, M. (2010). Evaluación del proceso de clarificación en la planta de beneficio Palmagro S.A. tesis, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Valledupar. Recuperado el 11 de 01 de 2022, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/6853/796070.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Araque, J. D. (2019). Metodología para la implementación de un programa de. tesis, universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, facultad de ingeniería. Recuperado el 04 de 02 de 2022, de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3246/1/Metodologia_implentacion_programa.pdf.

Asiz, A. (2016). "Esterilización a alta presión de racimos de fruta fresca de palma de aceite, cero frutos adheridos en tusas y máximo 5% de aceite en fibra de prensa. Centro de información y documentación palmero. Vol. 34 No. Especial, Tomo II, 2013.

CIRAD. (2007). La palma aceitera cultivo del fruto *Elaeis guineensis* (Vol. 1). Paris. Recuperado el 14 de 02 de 2022, de https://www.diplomatie.gouv.fr/IMG/pdf/Depliant_en_espagnol.pdf.

FEDEPELMA. (2016). La palma aceitera, una agroindustria eficiente, sostenible y mundialmente competitiva. PALMAS (Vol. 37). (A. G. Cárdenas, Ed.) Recuperado el 01 de 01 de 2022, de https://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/palmas_tomol.pdf

Guimaraes, O. E. (2019). Influencia del estado de la madurez y condiciones de esterilización de los frutos, en el rendimiento y calidad de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*) de la Planta Extractora Oleaginosas Amazónicas S.A. – Ucayali 2018. Tesis de grado para optar al título profesional de ingeniero agroindustrial en la Universidad Nacional Intercultural de la amazonía.

Guoron, A. (21 de 11 de 2015). Cultivo de Palma Africana. Obtenido de <http://cultivodepalmaafricana.blogspot.com/2011/11/descripcion-botanica.html>.

Idrogo, I. M. (2014). Evaluación y optimización en el control de perdidas de aceite en esterilizado y clarificado del proceso extractivo de crudo de palma aceitera. tesis, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de ingeniería química. Recuperado el 15 de 01 de 2022, de https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3571/IdrogoBustamante_I%20-%20CastilloBenites_G.pdf?sequence=1&isAllowed=y

InfoAgro. (2010). INDUSTRIA DE LOS CEREALES Y DERIVADOS. Recuperado el 28 de 02 de 2022, de EL CULTIVO DE LA PALMA AFRICANA.: [https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_gui nea_aabora.htm](https://infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_africana_aceitera_coroto_de_gui_nea_aabora.htm)

Jensen. (2007). The origin of the Soxhlet extractor. *Journal of Chemical Education*, 84(12), 1913. Recuperado el 20 de 02 de 2022, de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html>

MINAGRI. (16 de 06 de 2016). Resolución Ministerial. Recuperado el 02 de 02 de 2022, de

https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/resolucion/esministeriales/2016/junio/rm281_2016-minagri.pdf

OXFAM. (15 de 09 de 2016). Hacia una Ecología Política de la Palma Aceitera en el Perú (Vol. 1). Lima, Perú. Recuperado el 13 de 01 de 2022, de <https://peru.oxfam.org/latest/policy-paper/hacia-una-ecolog%C3%ADa-pol%C3%ADtica-de-la-palma-aceitera-en-el-per%C3%BA>

Palmaceite S.A. (2018). Aceite Crudo de Palma. Obtenido de <https://www.palmaceite.com/index.php/productos/aceite-crudo-de-palma>

Lowe A. (2013) "Esterilización a alta presión de racimos de fruta fresca de palma de aceite. Revista Palmas, Vol. 18. N° 4. pp. 12-14

R.H.V. CORLEY, Y. C. (1994). Actividad de fructificación, crecimiento y. *Experimental Agriculture*, 15(3), 9. Recuperado el 10 de 01 de 2022, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/444-Texto-444-1-10-20120719.pdf>

Rajanaidu, N., Wood, B., & Singh, S. (1987). *Palm Oil: Production, Processing, Characterization, and Uses*. Kuala Lumpur, Malaysia. Recuperado el 07 de 01 de 2022, de <https://books.google.com.pe/books?id=6uRxCGAAQBAJ&pg=PA161&lpg=PA161&dq=Ripeness+standards+and+harvesting+criteria+for+oil+palm+bunches.+In:+International+Oil+Palm+Oil+Conference.&source=bl&ots=XzZEK007ew&sig=ACfU3U0IYhUFm19PIalgB3eenru7gGnFiw&hl=es->

Ramírez, B. P. (2019). Caracterización de las aguas residuales del proceso de extracción de aceite e la industria PASPA. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Facultad de ciencias de la nutrición y alimentos. Recuperado el 23 de 01 de 2022, de <https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/2276/Caracterizaci%3%b3n%20de%20las%20aguas%20residuales%20del%20proceso%20de%20extracci%3%b3n%20de%20aceite%20en%20la%20industria%20PAPSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Santos, CE. (2017). Determinación de las pérdidas de aceite durante el proceso de extracción de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*) de la empresa INDUPALSA - provincia de Lamas. Tesis de grado para optar al título profesional de ingeniero agroindustrial en la Universidad Nacional de San Martín.

Terra Noticias. (02 de 04 de 2012). gronoticias: Agriculture News from Latin America and the Caribbean. Recuperado el 09 de 01 de 2022, de erú tiene potencial para la siembra de palma: <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/493256/>

Velayuthan, A. (2009). PROCESAMIENTO Y CONTROL DEL. 19-33. Recuperado el 18 de 01 de 2022, de file:///C:/Users/USER/Downloads/142-Texto-142-1-10-20120719%20(1).pdf

Wambeck, N. (2007). Desarrollo actual de la esterilización. Revista Palmas, 28(ESPECIAL), 112-118. Recuperado el 15 de 02 de 2022, de <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1296>

Anexo. 1

Descriptivos					
	Parámetros		Estadístico	Desv. Error	
	Perdidas (%)	Parámetros Indolmasa	Media		7,9333
95% de intervalo de confianza para la media			Límite inferior	7,4337	
			Límite superior	8,4330	
Media recortada al 5%			7,9259		
Mediana			7,8500		
Varianza			,227		
Desv. Desviación			,47610		
Mínimo			7,30		
Máximo			8,70		
Rango			1,40		
Rango intercuartil			,72		
Asimetría			,557	,845	
Curtosis			,763	1,741	
60 min. 2.5 (bar)			Media		5,6033
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,3560	
			Límite superior	6,8507	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		5,7300	
		Varianza		,252	
		Desv. Desviación		,50213	
		Mínimo		5,05	
		Máximo		6,03	
		Rango		,98	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		-1,063	1,225
		Curtosis		.	.
		60 min. 3.0 (bar)	Media		5,1367
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		2,5620		

			Límite superior	7,7114	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		5,7200	
		Varianza		1,074	
		Desv. Desviación		1,03645	
		Mínimo		3,94	
		Máximo		5,75	
		Rango		1,81	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		-1,730	1,225
		Curtosis		.	.
	60 min. 3.5 (bar)	Media		5,5267	,78125
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1652	
			Límite superior	8,8881	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		6,0500	
		Varianza		1,831	
		Desv. Desviación		1,35316	
		Mínimo		3,99	
		Máximo		6,54	
		Rango		2,55	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		-1,480	1,225
		Curtosis		.	.
	65 min. 2.5 (bar)	Media		5,3767	,41834
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5767	
			Límite superior	7,1767	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		5,7900	
		Varianza		,525	
		Desv. Desviación		,72459	
		Mínimo		4,54	
	Máximo		5,80		

		Rango	1,26		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	-1,732	1,225	
		Curtosis	.	.	
	65 min. 3.0 (bar)	Media	5,4200	,13528	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,8379	
			Límite superior	6,0021	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	5,5400		
		Varianza	,055		
		Desv. Desviación	,23431		
		Mínimo	5,15		
		Máximo	5,57		
		Rango	,42		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	-1,700	1,225	
		Curtosis	.	.	
		65 min. 3.5 (bar)	Media	4,3867	,51350
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	2,1773	
			Límite superior	6,5961	
	Media recortada al 5%		.		
	Mediana		3,9500		
	Varianza		,791		
	Desv. Desviación		,88940		
	Mínimo		3,80		
	Máximo		5,41		
	Rango		1,61		
	Rango intercuartil		.		
	Asimetría	1,677	1,225		
	Curtosis	.	.		
	75 min 2.5 (bar)	Media	7,0433	1,10297	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,2976	

			Límite superior	11,7890	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		6,1200	
		Varianza		3,650	
		Desv. Desviación		1,91040	
		Mínimo		5,77	
		Máximo		9,24	
		Rango		3,47	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		1,667	1,225
		Curtosis		.	.
	75 min. 3.0 (bar)	Media		6,8233	2,11602
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-2,2812	
			Límite superior	15,9278	
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		8,7000	
		Varianza		13,433	
		Desv. Desviación		3,66506	
		Mínimo		2,60	
		Máximo		9,17	
		Rango		6,57	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		-1,700	1,225
		Curtosis		.	.
	75 min. 3.5 (bar)	Media		8,2100	,51287
		Media recortada al 5%		.	
		Mediana		7,8600	
		Varianza		,789	
		Desv. Desviación		,88831	
		Mínimo		7,55	
		Máximo		9,22	
		Rango		1,67	
		Rango intercuartil		.	
		Asimetría		1,498	1,225
		Curtosis		.	.

Anexo. 2

Comparaciones múltiples								
Variable dependiente: Perdidas (%)								
	(I) Parámetros	(J) Parámetros	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Scheffe	Parámetros Indolmasa	60 min. 2.5 (bar)	2,33000	,99927	,781	-2,2362	6,8962	
		60 min. 3.0 (bar)	2,79667	,99927	,564	-1,7696	7,3629	
		60 min. 3.5 (bar)	2,40667	,99927	,748	-2,1596	6,9729	
		65 min. 2.5 (bar)	2,55667	,99927	,680	-2,0096	7,1229	
		65 min. 3.0 (bar)	2,51333	,99927	,700	-2,0529	7,0796	
		65 min. 3.5 (bar)	3,54667	,99927	,245	-1,0196	8,1129	
		75 min. 2.5 (bar)	,89000	,99927	1,000	-3,6762	5,4562	
		75 min. 3.0 (bar)	1,11000	,99927	,998	-3,4562	5,6762	
		75 min. 3.5 (bar)	-,27667	,99927	1,000	-4,8429	4,2896	
	60 min. 2.5 (bar)	Parámetros Indolmasa		-2,33000	,99927	,781	-6,8962	2,2362
		60 min. 3.0 (bar)		,46667	1,15386	1,000	-4,8060	5,7393
		60 min. 3.5 (bar)		,07667	1,15386	1,000	-5,1960	5,3493
		65 min. 2.5 (bar)		,22667	1,15386	1,000	-5,0460	5,4993
		65 min. 3.0 (bar)		,18333	1,15386	1,000	-5,0893	5,4560
		65 min. 3.5 (bar)		1,21667	1,15386	,999	-4,0560	6,4893
		75 min. 2.5 (bar)		-1,44000	1,15386	,995	-6,7126	3,8326
		75 min. 3.0 (bar)		-1,22000	1,15386	,999	-6,4926	4,0526
		75 min. 3.5 (bar)		-2,60667	1,15386	,810	-7,8793	2,6660
	60 min. 3.0 (bar)	Parámetros Indolmasa		-2,79667	,99927	,564	-7,3629	1,7696
		60 min. 2.5 (bar)		-,46667	1,15386	1,000	-5,7393	4,8060
		60 min. 3.5 (bar)		-,39000	1,15386	1,000	-5,6626	4,8826
		65 min. 2.5 (bar)		-,24000	1,15386	1,000	-5,5126	5,0326
		65 min. 3.0 (bar)		-,28333	1,15386	1,000	-5,5560	4,9893
		65 min. 3.5 (bar)		,75000	1,15386	1,000	-4,5226	6,0226
		75 min. 2.5 (bar)		-1,90667	1,15386	,966	-7,1793	3,3660
		75 min. 3.0 (bar)		-1,68667	1,15386	,985	-6,9593	3,5860
		75 min. 3.5 (bar)		-3,07333	1,15386	,630	-8,3460	2,1993

	60 min. 3.5 (bar)	Parámetros	-2,40667	,99927	,748	-6,9729	2,1596
		Indolmasa					
		60 min. 2.5 (bar)	-,07667	1,15386	1,000	-5,3493	5,1960
		60 min. 3.0 (bar)	,39000	1,15386	1,000	-4,8826	5,6626
		65 min. 2.5 (bar)	,15000	1,15386	1,000	-5,1226	5,4226
		65 min. 3.0 (bar)	,10667	1,15386	1,000	-5,1660	5,3793
		65 min. 3.5 (bar)	1,14000	1,15386	,999	-4,1326	6,4126
		75 min 2.5 (bar)	-1,51667	1,15386	,993	-6,7893	3,7560
		75 min. 3.0 (bar)	-1,29667	1,15386	,998	-6,5693	3,9760
	75 min. 3.5 (bar)	-2,68333	1,15386	,783	-7,9560	2,5893	
	65 min. 2.5 (bar)	Parámetros	-2,55667	,99927	,680	-7,1229	2,0096
		Indolmasa					
		60 min. 2.5 (bar)	-,22667	1,15386	1,000	-5,4993	5,0460
		60 min. 3.0 (bar)	,24000	1,15386	1,000	-5,0326	5,5126
		60 min. 3.5 (bar)	-,15000	1,15386	1,000	-5,4226	5,1226
		65 min. 3.0 (bar)	-,04333	1,15386	1,000	-5,3160	5,2293
		65 min. 3.5 (bar)	,99000	1,15386	1,000	-4,2826	6,2626
		75 min 2.5 (bar)	-1,66667	1,15386	,986	-6,9393	3,6060
		75 min. 3.0 (bar)	-1,44667	1,15386	,995	-6,7193	3,8260
	75 min. 3.5 (bar)	-2,83333	1,15386	,727	-8,1060	2,4393	
	65 min. 3.0 (bar)	Parametros	-2,51333	,99927	,700	-7,0796	2,0529
		Indolmasa					
		60 min. 2.5 (bar)	-,18333	1,15386	1,000	-5,4560	5,0893
		60 min. 3.0 (bar)	,28333	1,15386	1,000	-4,9893	5,5560
		60 min. 3.5 (bar)	-,10667	1,15386	1,000	-5,3793	5,1660
		65 min. 2.5 (bar)	,04333	1,15386	1,000	-5,2293	5,3160
		65 min. 3.5 (bar)	1,03333	1,15386	1,000	-4,2393	6,3060
		75 min 2.5 (bar)	-1,62333	1,15386	,988	-6,8960	3,6493
		75 min. 3.0 (bar)	-1,40333	1,15386	,996	-6,6760	3,8693
	75 min. 3.5 (bar)	-2,79000	1,15386	,744	-8,0626	2,4826	
	65 min. 3.5 (bar)	Parametros	-3,54667	,99927	,245	-8,1129	1,0196
		Indolmasa					
		60 min. 2.5 (bar)	-1,21667	1,15386	,999	-6,4893	4,0560
60 min. 3.0 (bar)		-,75000	1,15386	1,000	-6,0226	4,5226	
60 min. 3.5 (bar)		-1,14000	1,15386	,999	-6,4126	4,1326	
65 min. 2.5 (bar)		-,99000	1,15386	1,000	-6,2626	4,2826	
65 min. 3.0 (bar)		-1,03333	1,15386	1,000	-6,3060	4,2393	
75 min 2.5 (bar)		-2,65667	1,15386	,793	-7,9293	2,6160	

		75 min. 3.0 (bar)	-2,43667	1,15386	,862	-7,7093	2,8360
		75 min. 3.5 (bar)	-3,82333	1,15386	,331	-9,0960	1,4493
	75 min 2.5 (bar)	Parámetros	-,89000	,99927	1,000	-5,4562	3,6762
		Indolmasa					
		60 min. 2.5 (bar)	1,44000	1,15386	,995	-3,8326	6,7126
		60 min. 3.0 (bar)	1,90667	1,15386	,966	-3,3660	7,1793
		60 min. 3.5 (bar)	1,51667	1,15386	,993	-3,7560	6,7893
		65 min. 2.5 (bar)	1,66667	1,15386	,986	-3,6060	6,9393
		65 min. 3.0 (bar)	1,62333	1,15386	,988	-3,6493	6,8960
		65 min. 3.5 (bar)	2,65667	1,15386	,793	-2,6160	7,9293
		75 min. 3.0 (bar)	,22000	1,15386	1,000	-5,0526	5,4926
		75 min. 3.5 (bar)	-1,16667	1,15386	,999	-6,4393	4,1060
		75 min. 3.0 (bar)	Parámetros	-1,11000	,99927	,998	-5,6762
	Indolmasa						
	60 min. 2.5 (bar)		1,22000	1,15386	,999	-4,0526	6,4926
	60 min. 3.0 (bar)		1,68667	1,15386	,985	-3,5860	6,9593
	60 min. 3.5 (bar)		1,29667	1,15386	,998	-3,9760	6,5693
	65 min. 2.5 (bar)		1,44667	1,15386	,995	-3,8260	6,7193
	65 min. 3.0 (bar)		1,40333	1,15386	,996	-3,8693	6,6760
	65 min. 3.5 (bar)		2,43667	1,15386	,862	-2,8360	7,7093
	75 min 2.5 (bar)		-,22000	1,15386	1,000	-5,4926	5,0526
	75 min. 3.5 (bar)		-1,38667	1,15386	,996	-6,6593	3,8860
	75 min. 3.5 (bar)	Parámetros	,27667	,99927	1,000	-4,2896	4,8429
		Indolmasa					
		60 min. 2.5 (bar)	2,60667	1,15386	,810	-2,6660	7,8793
		60 min. 3.0 (bar)	3,07333	1,15386	,630	-2,1993	8,3460
		60 min. 3.5 (bar)	2,68333	1,15386	,783	-2,5893	7,9560
		65 min. 2.5 (bar)	2,83333	1,15386	,727	-2,4393	8,1060
		65 min. 3.0 (bar)	2,79000	1,15386	,744	-2,4826	8,0626
		65 min. 3.5 (bar)	3,82333	1,15386	,331	-1,4493	9,0960
		75 min 2.5 (bar)	1,16667	1,15386	,999	-4,1060	6,4393
		75 min. 3.0 (bar)	1,38667	1,15386	,996	-3,8860	6,6593