

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



TESIS

**"EFECTO DE LAS CONDICIONES DE PRENSADO EN EL RENDIMIENTO
Y CALIDAD DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha
curcas* L.), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA "EL PORVENIR
DISTRITO DE JUAN GUERRA - REGIÓN SAN MARTÍN"**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADA POR:

Bach. THAIS EVITA ÑIQUE MESÍA.

TARAPOTO – PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“EFECTO DE LAS CONDICIONES DE PENSADO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA “EL PORVENIR” DISTRITO DE JUAN GUERRA- REGIÓN SAN MARTÍN”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. THAIS EVITA ÑIQUE MESÍA.

TARAPOTO – PERÚ
2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TESIS

“EFECTO DE LAS CONDICIONES DE PRENSADO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas L.*), EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRARIA “EL PORVENIR” DISTRITO DE JUAN GUERRA- REGIÓN SAN MARTÍN”.

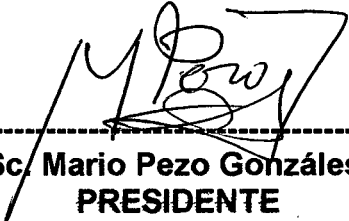
Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por la Bachiller

THAIS EVITA ÑIQUE MESÍA


Sustentado y aprobado ante el honorable jurado:




Ing° M. Sc. Mario Pezo González
PRESIDENTE



Ing° M. Sc. Jaime Ramírez Navarro
SECRETARIO



Ing° M. Sc. Alejandro A. Cruz Rengifo
MIEMBRO



Ing° Dr. Oscar W. Mendieta Taboada
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado con mucho esmero y cariño a mis queridos padres: Carlos Alberto Ñique Pizango y Blanca Ávila Mesía Saldaña por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mi hijo Dylam Dicarlo Gonzales Ñique por ser mi apoyo de superación y motivación personal.

A mis queridos hermanos (as): DIANA y CARLOS por todo su apoyo moral brindado durante la culminación de mis estudios.

AGRADECIMIENTO

A Dios por esa energía espiritual puesta de manifiesto en mí, como testimonio de llegar hasta aquí, culminando mi formación profesional.

A mis queridos padres CARLOS A. ÑIQUE PIZANGO y BLANCA A. MESÍA SALDAÑA por su apoyo incondicional y moral.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Estación Experimental Agraria "El Porvenir" – Juan Guerra.

Al Ing. Ronal Gabriel Echeverría Trujillo, especialista en cultivos agroindustriales, por su apoyo, confianza, dedicación, paciencia y enseñanza puesto de manifiesto durante mi estadía en la Estación Experimental Agraria "El Porvenir" – Juan Guerra.

A los Ing. Livinston Rengifo Gonzáles, Ayda Karín Valles Ramírez, Henry Delgado Haya, Emilcie Ibazeta Valdivieso, Percy Díaz Chuquizuta por el oportuno apoyo durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al señor Magno Pinedo Grández, por su comprensión, apoyo, enseñanzas y recomendaciones brindada durante las labores en campo, de la misma manera a la Sra. Juliana Rodríguez García por su apoyo en laboratorio.

A mi asesor Ing. Dr. Oscar W. Mendieta Taboada, y co-asesor Ing. Richer Garay Montes, por sus recomendaciones y orientaciones en la elaboración y ejecución del presente trabajo de investigación.

A mis grandes amigos (as) que de una u otra manera formaron parte humana del presente trabajo en la institución: Lleny Barrios, Claudia Robles, Vanessa Ventura y Ander Maldonado.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PAG.
INDICE GENERAL.....	i
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general.....	3
2.2. Objetivo específico.....	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	4
3.1. Cultivos agroenergéticos.....	4
3.2. Piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	5
3.2.1. Distribución geográfica del piñón blanco.....	6
3.2.2. Características botánicas.....	7
3.2.2.1. Taxonomía.....	7
3.2.2.2. Descripción botánica.....	7
3.2.2.3. Hojas.....	8
3.2.2.4. Inflorescencia.....	9
3.2.2.5. Fruto.....	10
3.2.2.6. Semillas.....	10
3.2.2.7. Tallo.....	11
3.2.2.8. Raíz.....	12
3.3. Propagación y manejo del cultivo.....	12
3.3.1. Sistemas de propagación del piñón blanco.....	12
3.3.1.1. Reproducción de plantines a partir de semillas.....	12
3.3.1.2. Producción de plantines por estacas vegetativas.....	14

3.3.2. Siembra.....	14
3.3.3. Densidad de Plantación.....	15
3.3.4. Manejo de Plantación.....	15
3.3.4.1. Control de malezas.....	15
3.3.4.2. Podas.....	16
3.3.4.2.1. Tipos de poda.....	16
3.3.5. Monitoreo fitosanitario.....	18
3.4. Madurez fisiológica (época de cosecha).....	19
3.4.1. Formación del fruto de piñón.....	20
3.4.2. Clasificación de los frutos.....	21
3.4.3. Cosecha.....	22
3.4.3.1. Técnicas de cosecha.....	22
3.5. Técnicas de post cosecha.....	24
3.5.1. Selección.....	24
3.5.2. Despulpado.....	24
3.5.3. Secado solar.....	25
3.5.4. Secado artificial.....	25
3.5.5. Humedad de las semillas de piñón Blanco.....	25
3.5.6. Almacenamiento de las semillas.....	26
3.5.6.1. Influencia de los factores ambientales.....	26
3.6. Semillas de piñón blanco (<i>Jatropha curcas L.</i>).....	28
3.6.1. Composición química.....	29
3.6.2. Toxicología.....	30
3.7. Extracción del aceite de piñón blanco.....	31
3.7.1. Métodos de extracción.....	32
3.7.1.1. Centrifugado.....	32
3.7.1.2. Prensa de Expulsor.....	32
3.7.1.3. Prensa Hidráulica.....	33
3.7.1.4. Presionado en frío.....	33
3.7.1.5. Presionado en caliente.....	33
3.7.1.6. Extracción por solventes.....	34
3.8. Aceite de piñón blanco (<i>Jatropha curcas L.</i>).....	34
3.8.1. Especificaciones y propiedades del aceite.....	35

3.8.2. Usos del Piñón Blanco.....	39
3.9. Caracterización fisicoquímica del piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	43
3.9.1. Índice de acidez.....	43
3.9.2. Índice de yodo.....	43
3.9.3. Índice de peróxido.....	43
3.9.4. Índice de saponificación.....	44
3.9.5. Densidad.....	44
3.9.6. Viscosidad.....	44
IV. MATERIALES Y METODOS.....	45
4.1. Lugar de Ejecución.....	45
4.2. Materia prima.....	45
4.3. Materiales, equipos y reactivos.....	45
4.3.1. Materiales.....	45
4.3.2. Equipos.....	46
4.3.3. Reactivos.....	47
4.4. Diseño Experimental.....	48
4.4.1. Factores en estudio.....	48
4.5. Metodología Experimental.....	50
4.5.1. Descripción del proceso de la metodología experimental.....	52
4.5.2. Parámetros a evaluar.....	53
4.5.2.1. Determinación de análisis proximal de las semillas de piñón blanco.....	53
4.5.2.2. Análisis físico-químico del aceite de piñón blanco.....	53
4.6. Métodos Experimentales.....	54
4.6.1. Determinación de análisis proximal de las semillas de piñón blanco.....	54
4.6.1.1. Humedad y materias volátiles.....	54
4.6.1.2. Lípidos.....	54
4.6.1.3. Cenizas totales.....	55
4.6.1.4. Fibra total.....	55
4.6.1.5. Proteína Total.....	56
4.6.1.6. Carbohidratos Totales.....	57

4.6.2. Análisis Físico- Químico del aceite de piñón blanco.....	58
4.6.2.1. Acidez titulable.....	58
4.6.2.2. Índice de yodo.....	58
4.6.2.3. Índice de peróxido.....	59
4.6.2.4. Índice de saponificación.....	60
4.6.2.5. Densidad.....	60
4.6.2.6. Viscosidad cinemática.....	61
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	62
5.1. Análisis proximal de las semillas de piñón blanco de los ecotipos Totorillayco y Yoro.....	62
5.2. Rendimiento del aceite de las semillas de piñón blanco (<i>Jatropha curcas L</i>) a temperaturas de 50, 70 y 90°C y velocidades de giro de la prensa a 20, 24 y 28rpm a presión contante de 800 psi.....	63
5.3. Índice de acidez.....	65
5.4. Índice de yodo.....	66
5.5. Índice de peróxido.....	68
5.6. Índice de saponificación.....	70
5.7. Densidad.....	72
5.8. Viscosidad cinemática.....	73
5.9. Valores del balance de masa de los ecotipos de piñón blanco.....	75
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1. Conclusiones.....	77
6.2. Recomendaciones.....	79
VII. BIBLIOGRAFIA.....	80
VIII. ANEXOS.....	83

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°01.	Resumen de las plagas del piñón blanco encontradas en la Región San Martín.....	18
Cuadro N°02.	Resumen de las enfermedades del piñón blanco encontradas en la región San Martín.....	19
Cuadro N°03.	Características fenológicas de ecotipos de piñón blanco.....	19
Cuadro N°04.	Periodo de maduración de piñón blanco desde el inicio de fructificación.....	20
Cuadro N°05.	Análisis proximal de las semillas del piñón blanco.....	31
Cuadro N°06.	Norma de calidad para aceites vegetales DIN V51605.....	35
Cuadro N°07.	Características fisicoquímicas del aceite del Piñón Blanco comparado con algunos aceites comestibles.....	36
Cuadro N°08.	Especificaciones del aceite crudo y refinado de <i>Jatropha</i>	36
Cuadro N°09.	Acidez y viscosidad cinemática del aceite de piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i>).....	37
Cuadro N°10.	Comparación entre aceite de Piñón y el diésel normal.....	37
Cuadro N°11.	Tratamientos en estudio.....	49
Cuadro N°12.	Análisis proximal de las semillas molidas de piñón blanco.....	62
Cuadro N°13.	Valores del balance de masa de los ecotipos de Totorillayco y Yoro.....	75
Cuadro N°14.	Análisis de humedad de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	86
Cuadro N°15.	Análisis de humedad de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	86
Cuadro N°16.	Análisis de grasa de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	86

Cuadro N°17. Análisis de grasa de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	87
Cuadro N°18. Análisis de cenizas totales de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	87
Cuadro N°19. Análisis de cenizas totales de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	87
Cuadro N°20. Análisis de Fibra bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	88
Cuadro N°21. Análisis de Fibra bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	88
Cuadro N°22. Análisis de Proteína bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	88
Cuadro N°23. Análisis de Proteína bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	89
Cuadro N°24. Interacción de las variables independientes en estudios.....	89
Cuadro N°25. Rendimiento de aceite de las semillas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	90
Cuadro N°26. Rendimiento de aceite de las semillas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	90
Cuadro N°27. Rendimiento en sub productos de las semillas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.....	91
Cuadro N°28. Rendimiento en sub productos de las semillas de piñón blanco, ecotipo Yoro.....	92
Cuadro N°29. Determinación del índice de acidez por tratamientos.....	93
Cuadro N°30. Determinación del índice de yodo por tratamientos.....	94
Cuadro N°31. Determinación del índice de peróxido por tratamientos.....	96
Cuadro N°32. Determinación del índice de Saponificación por tratamientos.....	97
Cuadro N°33. Densidad por tratamientos.....	99
Cuadro N°34. Viscosidad por tratamientos.....	101
Cuadro N°35. Análisis Físicoquímico del ecotipo Totorillayco.....	103
Cuadro N°36. Análisis Físicoquímico del ecotipo Yoro.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura N°01. Distribución geográfica mundial del piñón blanco.....	07
Figura N°02. Planta de piñón blanco en la EEA “El Porvenir”.....	08
Figura N°03. Hoja de piñón blanco: 1. Acorazonada, 2. Astada, 3. Palmeada, 4. Palmatilobada.....	09
Figura N°04. Inflorescencia de Piñón Blanco.....	09
Figura N°05. Frutos de piñón blanco: (a) frutos verdes, (b) frutos maduros.....	10
Figura N°06. Semillas de piñón blanco.....	11
Figura N°07. Raíz adulta de piñón blanco.....	12
Figura N°08. Propagación por semillas de piñón blanco.....	13
Figura N°09. Propagación por estacas vegetativas.....	14
Figura N°10. Densidad de plantación de 3 x 3 metros de Piñón Blanco.....	15
Figura N°11. Periodo de maduración de piñón blanco desde el inicio de fructificación.....	21
Figura N°12. Clasificación de maduración en frutos de Piñón Blanco.....	21
Figura N°13. Cosecha manual de frutos de piñón blanco.....	23
Figura N°14. Estados de maduración fisiológica del piñón blanco.....	24
Figura N°15. Despulpado de los frutos del piñón blanco.....	25
Figura N°16. Prensa extractora marca KEK modelo P0020- Fabricación Alemana.....	33
Figura N°17. Rendimiento de aceite bruto de piñón.....	35
Figura N°18. Análisis físico-químico del aceite de Piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.) ecotipo Totorillayco. Realizado por el laboratorio Aleman Analytik Service Gesellschaft, 2010, y la norma V	

DIN 51 605, 2007.....	38
Figura N°19. Flujograma del proceso para obtener aceite de piñón blanco y efectuar el análisis.....	50
Figura N°20. Balance de masa promediado de los ecotipos Totorillayco y Yoro para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco.....	51
Figura N°21. Rendimiento de aceite de piñón blanco de dos ecotipos.....	63
Figura N°22. Rendimiento de Aceite de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.....	64
Figura N° 23. Índice de acidez del aceite de piñón blanco por tratamientos.....	65
Figura N°24. Índice de acidez de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.....	66
Figura N°25. Índice de yodo del aceite de piñón blanco por tratamientos.....	67
Figura N°26. Índice de yodo de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.....	68
Figura N°27. Índice de peróxido del aceite de piñón blanco por tratamientos.....	69
Figura N°28. Índice de peróxido de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.....	70
Figura N°29. Índice de Saponificación del aceite de piñón blanco por tratamientos.....	71
Figura N°30. Densidad del aceite de piñón blanco por tratamientos.....	72
Figura N°31. Densidad de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.....	73
Figura N°32. Viscosidad del aceite de piñón blanco por tratamientos.....	74
Figura N°33. Viscosidad de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.....	75

INDICE DE ANEXOS

Anexo 01. Balance de masa para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco ecotipo Totorillayco.....	84
Anexo 02. Balance de masa para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco ecotipo Yoro.....	85
Anexo 03. Análisis de varianza del rendimiento del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).....	105
Anexo 04. Prueba de Tuckey del rendimiento del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).....	105
Anexo 05. Análisis de varianza del índice de acidez del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).....	106
Anexo 06. Prueba de Tuckey del índice de acidez del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).....	106
Anexo 07. Análisis de varianza del índice de Yodo del aceite de piñón blanco (g Yodo/100g aceite).....	107
Anexo 08. Prueba de Tuckey del índice de yodo del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).....	107
Anexo 09. Análisis de varianza del índice de Peróxido del aceite de piñón blanco (mg O ₂ /Kg aceite).....	108
Anexo 10. Prueba de Tuckey del índice de Peróxido del aceite de piñón blanco (mg O ₂ /Kg aceite).....	108
Anexo 11. Análisis de varianza del índice de Saponificación del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).....	109
Anexo 12. Análisis de varianza de la densidad del aceite de piñón blanco (kg/m ³).....	109
Anexo 13. Prueba de Tuckey de la densidad del aceite de piñón blanco (kg/m ³).....	110

Anexo 14. Análisis de varianza de la viscosidad del aceite de piñón blanco (mm ² /s).....	110
Anexo 15. Prueba de Tuckey de la viscosidad del aceite de piñón blanco (kg/m ³).....	111
Anexo 16. Ley N° 28054 Mercado de Biocombustibles.....	112
Anexo 17. Decreto Supremo N° 021-2007- EM.....	113
Anexo 18. Ordenanza Regional N° 027-2008-GRSM/CR.....	115
Anexo 19. Actividades realizadas en el laboratorio de post cosecha- INIA El Porvenir y laboratorio de la FIAI.....	116

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se evaluó el mayor rendimiento y la mejor calidad del aceite obtenido. Las condiciones a las que fueron sometidos los tratamientos ayudó a consolidar una temperatura de precalentamiento y velocidad de giro de la prensa que nos ayudarán a obtener mayores rendimientos en el prensado, del mismo modo cumplir con la calidad del aceite y que ésta se encuentre dentro del rango de las normas técnicas para la producción de biodiesel.

Las pruebas se realizaron con dos ecotipos representado por Totorillayco y Yoro, tres temperaturas de precalentamiento de las semillas de piñón blanco (50°C, 70°C, 90°C) y tres velocidades de giro de la prensa (20, 24, y 28 rpm). Los mejores tratamientos se obtuvieron a mayores temperaturas de precalentamiento de las semillas, los valores de análisis de calidad no presentaron mucha diferencia entre los ecotipos evaluados, encontrándose los resultados dentro de las normas de calidad de los aceites para biodiesel.

En el análisis proximal se obtuvo un 31.63% de lípidos para Totorillayco y 32.40 % para Yoro, el cual también indica un mayor rendimiento en lípidos por extracción con solvente. Del mismo modo no existió mucha diferencia significativa en cenizas totales, 4.44% para Totorillayco y 4.02 para Yoro, fibra bruta 30.98% para Totorillayco y 30.09% para Yoro y proteína bruta un 27.81% para Totorillayco y 26.62% para Yoro.

Los análisis fisicoquímicos determinados en el aceite de piñón blanco en base a la media reportaron: índice de acidez, 1.29 mg KOH/g aceite, índice de yodo, 100.64 g Iodo/100 g aceite, índice de peróxido, 5.86 mg O₂/Kg aceite, índice de saponificación, 193.12 mg KOH/g aceite, densidad, 0.930 g/cm³ y viscosidad, 50.92 mm²/s, los cuales indican que estos valores están dentro de los parámetros aceptables de calidad de aceite para la producción de biodiesel.

El mejor rendimiento en aceite fue con el tratamiento T₁₇ que representa a Yoro a 90°C y 24 rpm con un 26.66%.

ABSTRACT

In this research the highest performance and best quality oil obtained was evaluated. The conditions to which underwent treatments helped consolidate a preheat temperature and rotation speed of the press to help us get higher yields in the press, likewise meet oil quality and that it is within the range of technical standards for the production of biodiesel.

Tests were performed with two ecotypes represented by Totorillayco and Yoro three preheat temperatures seeds white pinion (50° C, 70° C, 90° C) and three rotational speeds of the press (20, 24, and 28 rpm). The best treatments were obtained at higher temperatures preheat seeds, quality analysis values did not show much difference between the ecotypes, being the results within the quality standards of oil for biodiesel.

In one Proximate analysis Lipid 31.67% to 32.40% for Totorillayco and Yoro, which also indicates a higher yield in lipid extraction solvent was obtained. Similarly there was no significant difference in total much ash, 4.44% and 4.02% for Totorillayco for Yoro, crude fiber 30.98% and 30.09% for Totorillayco for Yoro and 27.81% crude protein for one Totorillayco and 26.62% for Yoro.

Physico-chemical analysis determined the nut oil white based on the average reported: acid number, 1.29 mg KOH/g oil, iodine, 100.64 g iodine/100 g oil, peroxide, 5.86 mg O₂/kg oil, saponification, 193.12 mg KOH/g oil, density 0.930 g/cm³ and viscosity, 50.92 mm²/s, which indicate that these values are within acceptable quality parameters of oil for biodiesel production.

The best performance was with oil T17 representing Yoro treatment at 90 ° C and 24 rpm with a 26.66%.

I. INTRODUCCIÓN

En la Región San Martín el cultivo de piñón blanco se remonta al año 2006, con iniciativa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) "El Porvenir" empezando con la colecta de materiales de diferentes ecotipos, con el apoyo de la Cooperación Técnica de Alemana, GIZ. Posteriormente en el 2007 la localidad de Leoncio Prado, Provincia de Picota empezó con la instalación de grandes áreas de piñón blanco con el apoyo de la empresa privada VWP Latinoamérica SAC, creándose la primera Cooperativa de Productores Agroenergéticos de Piñón Blanco en el distrito de Leoncio Prado.

Años posteriores empresas nacionales como extranjeras deciden invertir en la región en todo lo que se refiere a energías renovables, tales como el grupo Tello, VWP Latinoamérica SAC, Agrobiocombustibles, ONASOR del Oriente, VERDAL RSM Perú SAC, bajo un modelo de inclusión social y posteriormente el Gobierno Regional de San Martín como promotor en la utilización de energías renovables (**Echeverría et al., 2013**).

En la Región San Martín se han logrado grandes avances de investigación en el cultivo de piñón blanco logrando obtener protocolos de dicho cultivo y así alcanzar mayores rendimientos productivos de materia prima para la producción de aceite.

En la parte de post cosecha, para obtener un mayor rendimiento en la extracción de aceite se realizó pruebas con diferentes velocidades de giro de la prensa, temperaturas de precalentamiento y ecotipos de piñón blanco que nos ayudaran a conocer la variabilidad en cuanto al rendimiento que se obtiene en el aceite extraído y la calidad que se consigue con éstas variables.

El fruto de este cultivo tiene un gran aprovechamiento agroindustrial: la cáscara seca sirve como generador de calor; de las semillas se extrae el aceite crudo (el aceite extraído es no apto para el consumo humano debido a que en su composición se encuentran diversos componentes tóxicos como la lectina (curcina), ésteres de forbol, saponinas, inhibidores de proteasas y fitatos; por lo tanto sirve como materia prima para la producción de jabones veterinarios y biodiesel) y de la torta se elaboran briquetas, así mismo se puede realizar un aislado proteico previa destoxificación (eliminación de toxinas) como alimentación para peces y animales (**Echeverría et al., 2013**).

Actualmente se proyecta el uso racional de aceites, principalmente de *Jatropha curcas* L., como fuente para biodiesel en diferentes países. En el Perú la Ley N° 28054 (Ver Anexo 16), de Promoción del Mercado de Biocombustibles y la aplicación del Decreto Supremo N° 021-2007-EM (Ver Anexo 17), que regula el Reglamento de Comercialización de Biocombustibles (mezcla B2 desde el 2009 y mezcla B5 desde el 2011), tendrá como principal efecto una gran demanda por aceite, y como consecuencia de cultivos oleaginosos, que podría impulsar un crecimiento importante en el sector agrícola.

La región San Martín, en el año 2008 declara de interés regional y necesidad pública el desarrollo de la actividad bioenergética y crea el «Programa de Biocombustibles de la región San Martín – PROBIOSAM» mediante Ordenanza Regional N° 027 – 2008-GRSM/CR (Ver Anexo 18).

II. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Determinar el rendimiento y calidad del aceite de las semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*) a una velocidad óptima a diferentes temperaturas.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis proximal de las semillas de piñón blanco de los ecotipos Totorillayco y Yoro.
- Evaluar el mejor rendimiento de los ecotipos seleccionados de piñón blanco.
- Realizar el análisis físico-químico del aceite de piñón blanco obtenido.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultivos agroenergéticos

Los cultivos energéticos son cultivos de plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. Se trata de una alternativa energética muy reciente, centrada principalmente en el estudio e investigación del aumento de su rentabilidad energética y económica **(Mejía, 2006)**.

El desarrollo de estos cultivos energéticos suele ir acompañado del desarrollo paralelo de la correspondiente industria de transformación de la biomasa en combustible. Por eso, el agro energético constituye una verdadera agroindustria, donde hace falta que la producción y la transformación esté estrechamente relacionada, tanto desde el punto de vista técnico, económico y geográfico **(Mejía, 2006)**.

Es muy discutida la conveniencia de los cultivos o plantaciones con fines energéticos, no sólo por su rentabilidad en sí mismos, sino también por la competencia que ejercen con la producción de alimentos y otros productos necesarios como la madera. A diferencia con lo que sucede con los cultivos usados como alimentos o como materia prima en la industria, no se necesita ningún requisito especial en cuanto a condiciones del suelo se refiere. Al contrario, lo que se busca es el tipo de cultivo que mejor se acomode a las características del suelo y a las condiciones del lugar, intentando obtener la mayor rentabilidad económica energética. Así, interesa conseguir un alto rendimiento en la transformación energética y una alta producción anual **(Mejía, 2006)**.

3.2. Piñón blanco (*Jatropha curcas* L.)

El género *Jatropha* pertenece a la familia de las Euphorbiaceae comprende aproximadamente 170 especie, su nombre deriva del griego “Iatros” que significa doctor y “Trophe” que significa alimento (**Salas et al., 1994**). Es una planta cuyo origen es México y Centroamérica, crece en la mayoría de los países tropicales. Se le encuentra normalmente en zonas con temperaturas de 20 a 36°C (**Achtner et al., 2008**).

El Piñón Blanco, resiste en un alto grado la sequía y prospera con apenas 250 a 600 mm de lluvia a año. El uso de pesticidas no es importante gracias a las características pesticidas y fungicidas de la misma planta. La planta puede vivir hasta 40 años; la planta puede ser una excelente alternativa en la deforestación de zonas erosionadas para los agricultores que se encuentran en regiones en donde sus cultivo han perdido su valor comercial y para aquellas tierras que no son aptas para los cultivos tradicionales, o inclusive como cultivo alternativo y/o complementario (**Mejía, 2006**).

Es una planta considerada dentro del grupo de las oleaginosas por su alto contenido de aceite (30 a 40%), la misma que es apta para el biocombustible en forma de aceite natural o transesterificado como biodiesel, y lo más importante es que no interfiere en el mercado de los aceites comestibles; el piñón blanco de esta manera se convierte en un nuevo cultivo que genera más ingresos dentro de la finca (parcela, chacra, predio) del productor sanmartinense, la cual le permite diversificar y hacer útil a las tierras degradadas, erosionadas y/o deforestadas en su predio. Su uso actual se limitaba al empleo solo como cerco vivo para evitar el ingreso de los animales a los cultivos, así como plata medicinal, como purgante y cicatrizante de heridas (**Echeverría et al., 2013**).

Otras de las ventajas que tiene el cultivo de piñón blanco es la producción desde el primer año, estabilizándose al quinto año y continúa así durante 25- 50 años (**Kumar & Sharma, 2006**).

Las principales características favorables del piñón blanco son las siguientes:

- No compite con mercados de alimentos.
- Se desarrolla bien en suelos de escasa fertilidad.
- La planta tiene la capacidad de combatir la desertificación y restaurar la cubierta vegetativa.
- Es resistente a la sequía como también a bajas temperaturas, dependiendo al método de cultivo.
- En su madurez produce grandes cantidades de semillas.
- Capacidad de revitalizar los suelos que han perdido su fertilidad.

3.2.1. Distribución geográfica del piñón blanco

Ésta especie probablemente fue distribuida por los portugueses en las Islas de Cabo Verde y en otros países de África y Asia. **(Dehgan y Webster, 1979)** citado por **(Echeverría et al., 2013)**, sin duda pertenece a la flora de México y probablemente al norte de Centroamérica.

En el laboratorio de Horticultural Systematics, existen centenares de especímenes, colectados principalmente en México y todos los países Centroamericanos como: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá.

Existen archivos donde todavía la localización en el Caribe: Bahamas, Cuba, República Dominicana, Haití, Puerto Rico, Santa Lucía, Santo Domingo y Trinidad, otros pueblos del este de la India.

Igualmente se encontraron en registros de otros países de América del Sur como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Islas de Galápagos, Paraguay, Perú y Venezuela. En la Florida también fue localizada. En la Figura N° 01 se presenta la distribución geográfica mundial del piñón blanco.

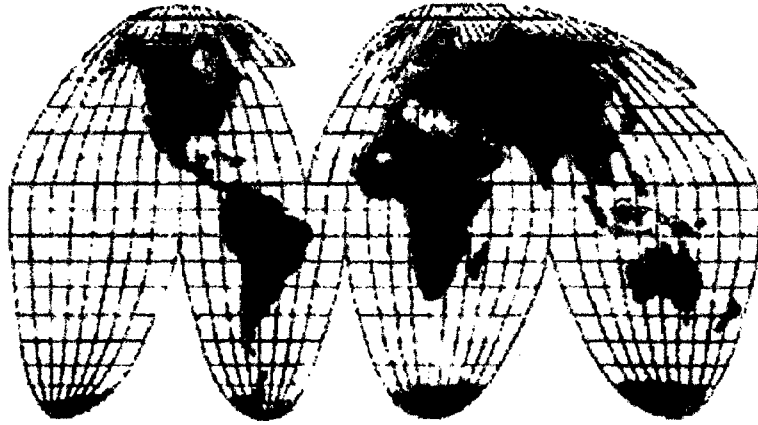


Figura N° 01. Distribución geográfica mundial del piñón blanco

3.2.2. Características botánicas

3.2.2.1. Taxonomía

Torres (2007), indica la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Rosidae
Orden	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Género	:	<i>Jatropha</i>
Especie	:	<i>curcas</i>

3.2.2.2. Descripción botánica

El piñón blanco es una planta dicotiledónea caducifolia, es un arbusto alto o árbol pequeño que puede crecer hasta 6 metros de altura, es una planta monoica, es decir que en una misma planta tiene flores masculinas y femeninas en las mismas inflorescencias. Las raíces son cortas y poco ramificados, presenta el fuste

ramificado a poca altura del suelo y es de copa ancha e irregular. Las ramas de la planta contienen un líquido (látex) de color blanco, de textura pegajosa que deja manchas marrones, difíciles de lavar. En la Figura N°02 puede verse una planta de piñón blanco (Echeverría *et al.*, 2013).

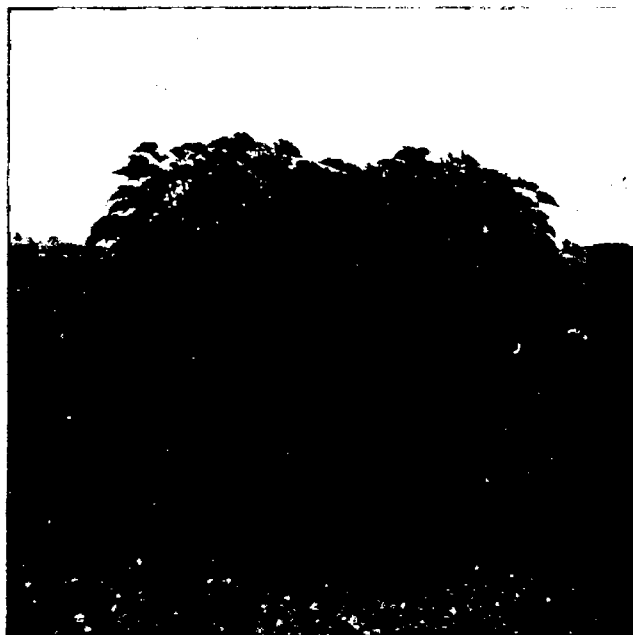


Figura N° 02. Planta de piñón blanco en la EEA “El Porvenir”.

3.2.2.3. Hojas

La planta tiene hojas simples alternas caducas; sus hojas caen bajo condiciones de estrés (en la región San Martín esto se presenta entre los meses de mayo-junio; debido a que las temperaturas bajan, en las plantaciones se notan solo las ramas), el haz es verde oscuro, el envés verde claro, normalmente se forman con 3 a 7 lóbulos acuminados, poco profundos y grandes con peciolo largo de 10 a 15 cm.

Las nervaduras son blanquecinas, resaltantes o salientes en su fase interior de la lámina foliar. En la Figura N°03 se presentan las diferentes formas de hojas de piñón blanco (Echeverría *et al.*, 2013).

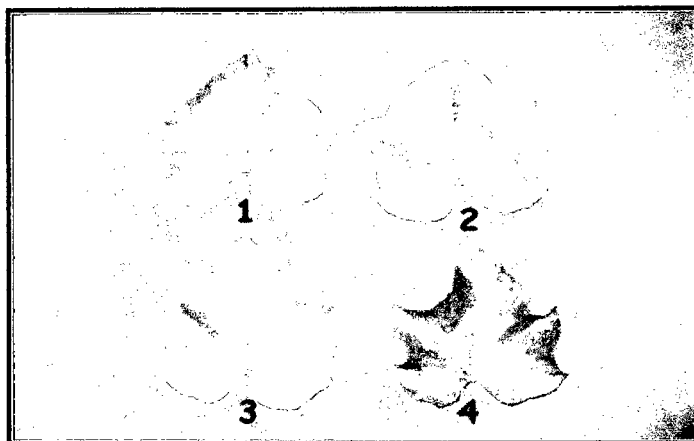


Figura N° 03. Hoja de piñón blanco: 1. Acorazonada, 2. Astada, 3. Palmeada, 4. Palmatilobada.

3.2.2.4. Inflorescencias

Se forman en posición terminal y en las axilas formadas entre hojas y ramas. La inflorescencia es una umbrela compuesta generalmente terminal, donde las flores femeninas se ubican en el centro de la inflorescencia y las flores masculinas en la periferia. Ambas flores masculinas y femeninas se forman en la misma planta, son pequeñas (6-8 mm). Las inflorescencias son complejas en racimos compuestos, como se muestra en la Figura N°04.

Las flores femeninas, son menos numerosas que las masculinas, se encuentran en las ramificaciones. Las flores masculinas están constituidas de un cáliz de 5 sépalos. Las flores femeninas se presentan con pedúnculo largo, no articulado, diferente a las masculinas (Echeverría *et al.*, 2013).



Figura N° 04. Inflorescencia de piñón blanco.

3.2.2.5. Fruto

Son cápsulas drupáceas y ovoides, después de la polinización, se forma una fruta trilobular de forma elipsoidal.

Cada inflorescencia rinde un manojo de aproximadamente 10 o más frutos ovoides. El desarrollo del fruto necesita 90 días desde la floración hasta que madura la semilla.

Las frutas son cápsulas inicialmente verdes que se convierten a café oscuro o negro al sobre madurarse y secarse en la planta, como puede notarse en la Figura N°05.

Las cápsulas de los frutos son de 2.5 a 4 centímetros de largo por 2 cm de ancho, elipsoidales y lisas que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas pero dehiscentes cuando son secas. Se producen los frutos en invierno cuando el arbusto pierde sus hojas, puede producir varias cosechas durante el año si la humedad de la tierra es buena y las temperaturas son suficientemente altas (Echeverría *et al.*, 2013).



(a)



(b)

Figura N° 05. Frutos de piñón blanco: (a) frutos verdes, (b) frutos maduros.

3.2.2.6. Semillas

La fruta produce tres almendras negras, difícilmente producirá una o cuatro almendras por fruto.

Son de color negro y tiene un promedio de 18mm de largo, 12 de ancho y 10 de espesor. Las dimensiones de la semilla varían en una misma planta; así también entre semillas de diferentes accesiones. Los rangos de pesos de las semillas varían en una misma planta entre los 0.5 y 0.8 gramos cada una, con un promedio de 1333 semillas por kilogramo.

Las semillas tienen un cáscara dura o testa que representa alrededor del 37% en peso del total y un grano blanco o almendra y suave al interior que representa el 63% restante. Las semillas secas tienen una cáscara dura con un contenido de humedad de alrededor de 7% y contiene un rango de aceite de 25 a 35%. Prácticamente todo el aceite se encuentra en la almendra, como también ésta contiene distintos componentes tóxicos (ésteres de forbol, curcina, inhibidores de tripsina, lectinas y fitatos), éstos compuestos hacen que este fruto no sea apto para la alimentación humana ni animal. En la Figura N°06 se muestran semillas de piñón blanco (Echeverría *et al.*, 2013).

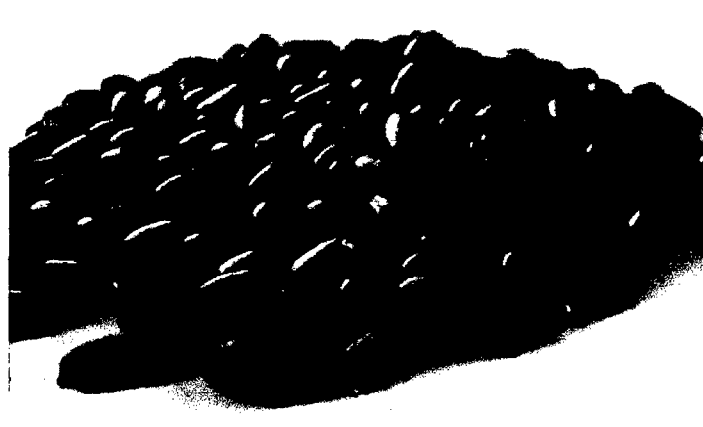


Figura N° 06. Semillas de piñón blanco.

3.2.2.7. Tallo

Los tallos crecen con discontinuidad morfológica en cada incremento. La corteza es delgada de color verde-amarillento, pálido y casi liso, con desprendimientos en tiras horizontales, corteza interna blanca con rayas rojas, exuda una sabia amarillenta y de sabor astringente. Cada rama termina en una inflorescencia. (Echeverría *et al.*, 2013).

3.2.2.8. Raíz

La raíz procedente de semilla, desarrolla cinco (5) raíces, una pivotante y cuatro (4) periféricas, posteriormente se desarrollan las raíces secundarias. La raíz procedente de esquejes, se desarrolla en forma fasciculada (no se observa una raíz principal). En la Figura. N° 07 se muestra la raíz de una planta adulta de piñón blanco (**Echeverría et al., 2013**).

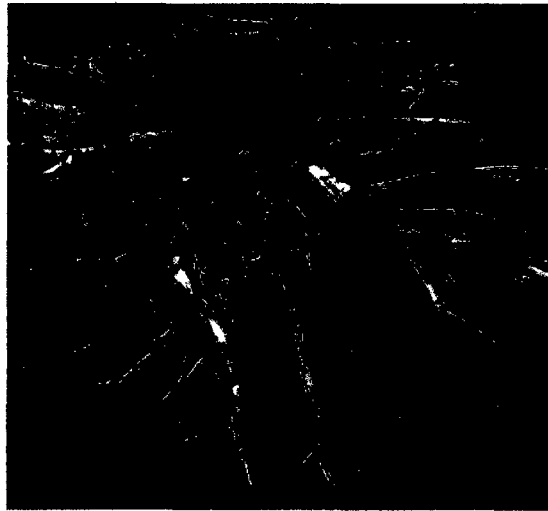


Figura N° 07. Raíz adulta de piñón blanco.

3.3. Propagación y manejo del cultivo

3.3.1. Sistemas de Propagación del Piñón Blanco

Se puede propagar sexualmente por semillas y asexualmente por partes vegetativas (esquejes), también se le puede propagar a través de injertos (experimentalmente). Los resultados a la fecha se inclinan más al uso de semillas, debido a que las plantas propagadas a partir de semilla muestran un desarrollo más rápido y un sistema radicular más fuerte (**Osorio, 1977**).

3.3.1.1. Reproducción de Plantines a partir de semillas

Las semillas que serán utilizadas para la producción de plantines deben provenir de plantas productivas que presenten buenas características de arquitectura de la

planta y que provengan de plantaciones que tengan cinco años, cuando alcancen su estabilidad productiva, así mismo deben estar libres de enfermedades.

Este método consiste en sembrar y cuidar las plantas tiernas o plantines en las instalaciones especiales llamadas camas almacigueras, hasta que tengan la fortaleza y el tamaño adecuados para luego ser repicadas a sus bolsas, como se puede ver en la Figura N° 08.



Figura N° 08. Propagación por semillas de piñón blanco.

Selección de las semillas

En primer lugar es importante obtener semillas de alta calidad. Al adquirir semillas es importante asegurar que cumplan los siguientes criterios, según **(Osorio, 1977)**:

- Las semillas deben proceder de una plantación de alto rendimiento y bajo condiciones agro ecológicas similares al sitio donde se prevé hacer la plantación.
- Las semillas seleccionadas son las más pesadas y grandes de su procedencia.
- Las semillas deben estar libres de enfermedades.
- Las semillas deben tener un contenido de humedad de alrededor de 7%.
- Las semillas deben ser jóvenes (preferentemente de no más de 6 meses).
- Las semillas deben estar almacenadas en un sitio fresco, oscuro y seco.

3.3.1.2. Producción de plantines por estacas vegetativas.

En la propagación por estacas vegetativas, una parte de la rama se coloca bajo condiciones ambientales favorables y se le induce a formar raíces y tallos, produciendo así una nueva planta independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta de la cual procede.

Básicamente se realiza esta manera de propagar cuando se desea tener plantas progenitoras sin variación genética e idéntica a la planta madre (**Osorio, 1977**).

Tipos de estacas vegetativas.

Se utilizan los tallos de una planta adulta de 20 a 30 cm. Las estacas deben de provenir de las ramas no muy gruesas.

Deben permanecer en la cama almaciguera hasta que alcancen una altura de 15cm (Ver Figura N° 09).



Figura N° 09. Propagación por estacas vegetativas.

3.3.2. Siembra

La siembra es otra labor importante en el desarrollo de la vida productiva de una plantación, debido a la permanencia del cultivo en el campo por espacio de 25 a 30 años; una planta bien sembrada producirá semillas de buena calidad. El

personal que realiza la labor de carguío y descargue de los plántones debe hacerlo con sumo cuidado evitando tomar los plántones por el tallo (Echeverría *et al.*, 2013).

3.3.3. Densidad de plantación

La densidad ideal sería de 3 x 3 metros, es decir 1111 plantas por hectárea, como se muestra en la Figura N° 10, también se puede plantar 4 x 2 metros, lo que daría una densidad de 1250 plantas por hectárea. Inclusive se puede plantar 2 x 2 metros, llegando a 2500 plantas por hectáreas. En este último caso, se tiene mayor rendimiento en los 4 a 5 primeros años, pero luego se necesita raleo porque los árboles estarán muy encimados, de forma que quede 4 x 4 metros (625 plantas por hectárea) (Echeverría *et al.*, 2013).



Figura N° 10. Densidad de plantación de 3 x 3 metros de piñón blanco.

3.3.4. Manejo de la plantación

3.3.4.1. Control de malezas

Las malezas, además de competir con el cultivo por agua, luz y nutrientes pueden ser hospederos potenciales de plagas ya que es un monocultivo de periodo largo.

El control de malezas debe realizarse manualmente, siendo cuidadosos con las raíces para evitar la penetración de patógenos **(Echeverría, 2008)**.

Se debe considerar el conocimiento de las poblaciones de malezas en la zona, identificado aquellas que son dominantes y las agresivas para el cultivo así como las malezas nuevas ya que la presencia de estas puede deberse a prácticas inadecuadas de prevención.

Después de uno a tres años, dependiendo de las condiciones agroclimáticas, las plantas de piñón blanco se vuelven tan densas que el crecimiento de malezas es severamente disminuido y por lo tanto, la mano de obra disminuye progresivamente con el desarrollo de las plantas **(Echeverría et al., 2013)**.

3.3.4.2. Podas

Los arbustos se desarrollan con un tallo principal y con 2 ó 4 ramas en cuyos terminales se forman las flores y frutos de las que depende el rendimiento de la planta, debido a ello y con la finalidad de que el arbolito llegue a tener de 24 a 36 ramas productivas, es necesario hacer una primera poda cuando la planta tenga una altura de 50 cm de altura entre los 70 y 120 días después de la siembra a una altura de 25 cm del suelo **(Echeverría, 2008)**.

Propósito de la poda

- Aumentar el número de ramas productivas en la planta de piñón blanco.
- Conformar una estructura productiva que permita una buena penetración de los rayos solares.
- Con la finalidad de facilitar el paso del viento y contribuir a fortalecer las ramas productivas.
- Regular el tamaño de las plantas (poda de formación).
- Facilitar la colecta manual de los frutos (Poda de Mantenimiento).
- Eliminación las ramas secas y podridas (Poda sanitaria).

3.3.4.2.1. Tipos de poda

Según **(Echeverría et al., 2013)**, el tipo de poda va depender de la edad de la planta y la época del año. Se pueden realizar las siguientes podas:

a) Despunte

Es una buena técnica para incentivar a que la planta empiece a activar los brotes laterales, y formar ramas.

También se realiza este tipo de poda para evitar hacer un corte que anteriormente se realizaba, y que causaba un estrés a la planta, este método de despunte se realiza aun mes de trasplantado la planta en terreno definitivo, y consiste en cortar la yema terminal de la planta con los dedos (pulgar e índice).

b) Poda de formación

Tiene como objetivo la formación de la arquitectura de la planta y la copa inicial. Para que la planta presente una adecuada y balanceada conformación, el corte debe realizarse 2 meses después del trasplante, realizando la poda a una altura de 30 – 40 cm.

c) Poda sanitaria

Esta actividad consiste en remover las ramas mal formadas, enfermos o entrecruzados.

d) Poda de mantenimiento

Se realiza para renovar las ramas productivas incentivando los brotes florales y se aplica después de la cosecha. El objetivo de esta poda es mantener las plantas a una altura máxima de 2m con la finalidad de favorecer la cosecha y la entrada de luz y ventilación a toda la plantación.

e) Abonamiento

El piñón, aunque es tolerante a suelos de baja fertilidad, eleva sustancialmente sus niveles de producción en suelos fértiles. Se recomienda realizar el análisis de suelos para diseñar un plan de abonamiento, a base de compost, humus de lombriz, gallinaza, etc.

En el primer año el abonamiento se debe aplicar a razón de 5 a 20 toneladas por hectárea de acuerdo a la densidad. Éste debe ser fraccionado, 1 kg al trasplante y 3 kg después de la poda y al inicio de la floración. Posteriormente se deben agregar los residuos de la cáscara del fruto y de la torta para mejorar la acidez de los suelos se sugiere realizar encalados (Echeverría, 2008).

3.3.5. Monitoreo fitosanitario

A partir de un sistema de censos de campo se trata de detectar los focos iniciales de la presencia de plagas y enfermedades que afectan al cultivo.

Cuadro N°01. Resumen de las plagas del piñón blanco encontradas en la Región San Martín

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	"Ácaro hialino"
<i>Tetranychus</i> sp.	"Arañita roja"
<i>Pachycoris torridus</i>	"Chinche del Piñón"
<i>Leptoglossus concolor/gonagra</i>	"Chinche de pata de hoja"
<i>Hyalymemus tarstaus</i>	"Chinche musculoso"
<i>Dysdercus mimus</i>	"Arrebiatado"
<i>Empoasca</i> sp	"Cigarrita verde"
<i>Oncometopia clarior</i>	"Cicadelidos"
<i>Ycerya purchasi</i>	"Quereza blanca"
<i>Trigona truculenta</i>	"Abeja negra"
<i>Atta cephalotes</i>	"Curuhuinsi"
<i>Diabrotica adelpha</i>	"Diabrotica"
<i>Diabrotica balteata</i>	"Vaquita"
<i>Exophthalmus</i> spp	"Vaquita verde"
<i>Frankiniella</i> spp	"Trips negro"
<i>Anacridium aegyptium</i>	"Langosta verde"

Fuente: Orihuela, 2009.

Cuadro N°02. Resumen de las enfermedades del piñón blanco encontradas en la Región San Martín

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Curvularia</i> sp.	"Curvularia"
<i>Corynespora</i> sp.	"Corinespora"
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	"Antracnosis"
<i>Cercospora</i> sp.	"Cercosporiosis"
<i>Oidium</i> sp.	"Oidiosis"
<i>Phakopsora jatrophiicola</i>	"Roya"
<i>Bipolaris</i> sp.	"Bipolaris"
<i>Phomopsis</i> sp.	"Phomopsis"
<i>Botryotinia cinérea</i>	"Podredumbre gris"
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	"Muerte regresiva"
<i>Capnodium</i> sp	"Fumagina"

Fuente: Orihuela, 2009.

Cuadro N°03. Características fenológicas de ecotipos de piñón blanco

Características	Totorillayco	Yoro
Altura de planta	2.17cm	1.47 cm
Diámetro tallo principal	10.2 cm	8.3 cm
Número de ramas principales	3	4
Tipo de fruto	Redondo	Redondo
Tamaño de grano	1.90 cm	1.96 cm
Ancho de grano	1.11 cm	1.11 cm
Longitud de hoja	13 cm	12.2 cm
Rendimiento de fruta promedio/año/ planta	1313 gr	1591.22 gr
Rendimiento de semilla promedio/año/ planta	714.9 gr	750.54 gr
Porcentaje de aceite (almendra)	45.38 %	56.9%

Fuente: Echeverría (2014)

3.4. Madurez fisiológica (época de cosecha)

El piñón se encuentra fisiológicamente maduro en el estado R₁ cuando la semilla se torne por completo a color negro y cuando desarrolla madurando normalmente aún después de cosechada. Esto es una característica de las frutas climatéricas, las frutas de piñón después de cosechadas maduran con mayor rapidez que en

planta esto por la hormona de maduración (etileno) alcanzando en tres días su maduración desde el estado R₁ al R₅, pero en estas condiciones el aceite sufre un incremento en la acidez, disminuyendo el rendimiento y calidad del biodiesel (Garay *et al.*, 2011).

3.4.1. Formación del fruto de piñón

Según el grado de maduración la cosecha se debe realizar en el estado R₄ (color amarillo con puntos marrones). Esto se debe a que es el estado donde alcanza el mayor rendimiento de aceite y la acidez se encuentra dentro del rango ideal de 2.0 mg KOH/g. aceite. Pero esto no quiere decir que no se podría cosechar en los demás estados, al contrario se puede hacer desde el R₁ hasta el R₆ pero se van perdiendo las características de calidad. Sin embargo si cosechamos desde el R₃ hasta el R₅ estas características no se verían alternadas porque los días de maduración es rápida en los tres estados, siendo esta de 1.5 días. Cuando el fruto de piñón blanco llega al estado R₆ se mantiene en campo aproximadamente 9 días haciendo un total de 50 días aproximadamente.

Cuadro N°04. Periodo de maduración de piñón blanco desde el inicio de fructificación

Estados fisiológicos de fructificación	Diámetro	Longitud	Días
Inicio de fructificación al estado R ₀	2.16	2.58	30
Estado R ₀ al Estado R ₁ (color verde)	28.13	29.56	4
Estado R ₁ al Estado R ₂ (Color verde-amarillo)	28.31	32.54	3.5
Estado R ₂ al Estado R ₃ (Color amarillo intenso)	23.93	28.11	1
Estado R ₃ al Estado R ₄ (Color amarillo puntos marrones)	22.56	26.13	1
Estado R ₄ al Estado R ₅ (Color marrón- café)	21.13	25.31	1
Estado R ₅ al Estado R ₆ (Color gris)	20.85	24.31	1
Total días			41

Fuente: (Garay *et al.*, 2011).

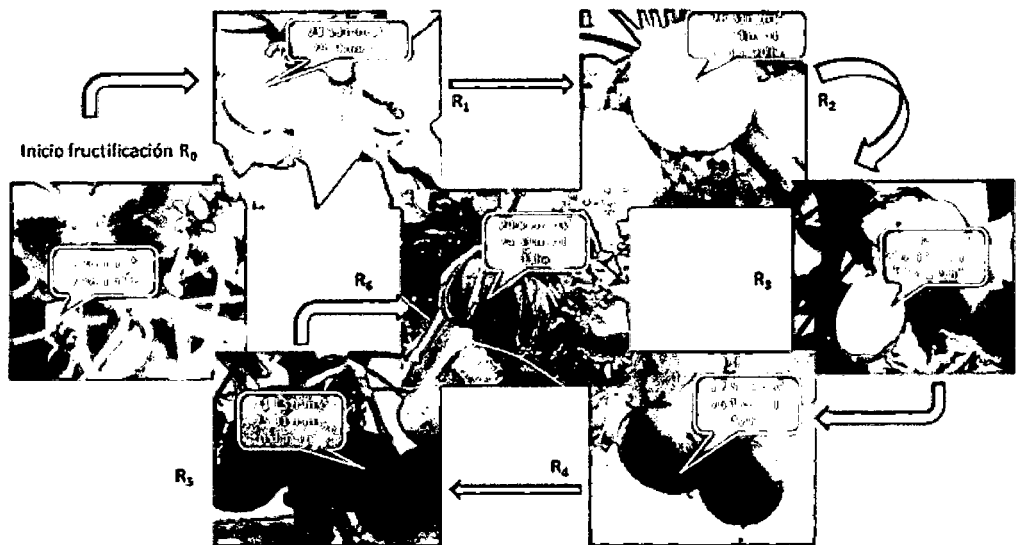


Figura N° 11. Periodo de maduración de piñón blanco desde el inicio de fructificación.

3.4.2. Clasificación de los frutos

La maduración de los frutos de Piñón blanco se puede clasificar en 6 estados fisiológicos (R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 y R_6), como se muestra en la Figura N° 12, en la que se puede apreciar que el estado R_1 presenta coloración verde, R_2 verde amarillento, R_3 amarillo, R_4 amarillo con puntos color café, R_5 café con zonas amarillas y R_6 totalmente color café con la pulpa seca (Garay *et al.*, 2011).

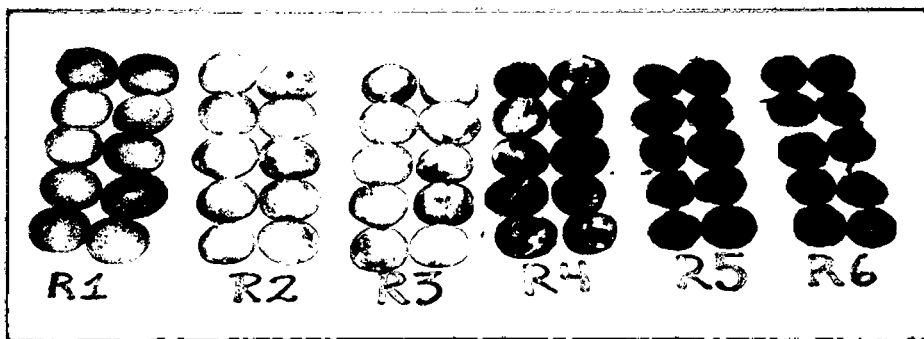


Figura N° 12. Clasificación de maduración en frutos de Piñón Blanco

La humedad presente en las semillas para cada estado de maduración es: 51.07%, 49.94, 44.62%, 44.23%, 38.49% y 9.98% respectivamente (**Garay et al., 2011**).

El momento óptimo de cosecha para el Piñón blanco son los estados (R₃, R₄ y R₅), por obtener mayor contenido y mejores características de calidad del aceite, que se destinará para la elaboración de biodiesel, según lo determina el autor (**Garay et al., 2011**).

3.4.3. Cosecha

La cosecha de los frutos es la culminación de todos los esfuerzos y el resultado de aplicación de un conjunto de técnicas de manejo de cultivo. Es la actividad que va necesitar mucha atención y dedicación, ya que los frutos se deberán cosechar en estado amarillo por la facilidad de despulpado y mayor contenido de aceite.

La cosecha se puede realizar cada 7, 10 y 15 días, va a depender mucho de la cantidad de frutos a cosechar y el nivel de madurez (**Garay et al., 2011**).

3.4.3.1. Técnicas de cosecha

Debido a que el piñón blanco presenta maduración heterogénea, alcanza la madurez fisiológica aproximadamente a los 30 días (estado R₁), la cosecha se realiza de manera intercalada cada 15 a 20 días dependiendo de las condiciones edafoclimáticas de la zona, lo cual permite buscar alternativas en técnicas de cosecha y poder reducir los altos costos que este procedimiento implica.

a) Cosecha manual

La cosecha se debe realizar utilizando morrales o alforjas de tela, yute o polipropileno de 5 – 10 kg, una vez cosechado y alcanzado el peso adecuado del morral, colocar en sacos de polipropileno ubicados estratégicamente dentro del predio con la finalidad de ir llenando a medida que se avanza la cosecha.

Es necesario realizar la cosecha lo más temprano posible para evitar el sobrecalentamiento de las frutas y que no disminuya el rendimiento de los operarios (Ver Figura 13).

La cosecha debe realizarse con la ayuda de una tijera, teniendo cuidado de no lastimar los peciolos de las inflorescencias que al transcurrir los días darán formación a los demás frutos.



Figura N° 13. Cosecha manual de frutos de piñón blanco

La cosecha debe ser en forma oportuna para evitar que los frutos sequen en la planta (R₆) y evitar la recolección de los frutos del suelo. Durante y después de una lluvia no se debe cosechar, de lo contrario el despulpado y secado tiene que ser lo más rápido posible para evitar el incremento de la acidez del aceite que es un factor de calidad y como también de rendimiento para la elaboración de biodiesel.

b) Cosecha mecánica

Esta técnica de cosecha en países como Brasil es utilizada en grandes extensiones del cultivo de piñón cuya topografía es moderadamente plana y la siembra es con distanciamiento entre plantas facilitando el ingreso de la cosechadora, así mismo se podría asociar otros cultivos de pan llevar que permitan a los agricultores generar un ingreso adicional hasta esperar la cosecha. La falta de calibración de esta técnica de cosecha maltrata la planta y no permite una cosecha selectiva (R₃, R₄, R₅), variando la calidad de semilla.

En nuestra región aún la cosecha es manual, por la escasa área de plantaciones instaladas y que están ubicadas en áreas degradadas con topografía variada (laderas).

3.5. Técnicas de post cosecha

3.5.1. Selección

La selección de los frutos al cosechar debe estar en los estados R₃, R₄ y R₅, como se muestra en la Figura N° 14.

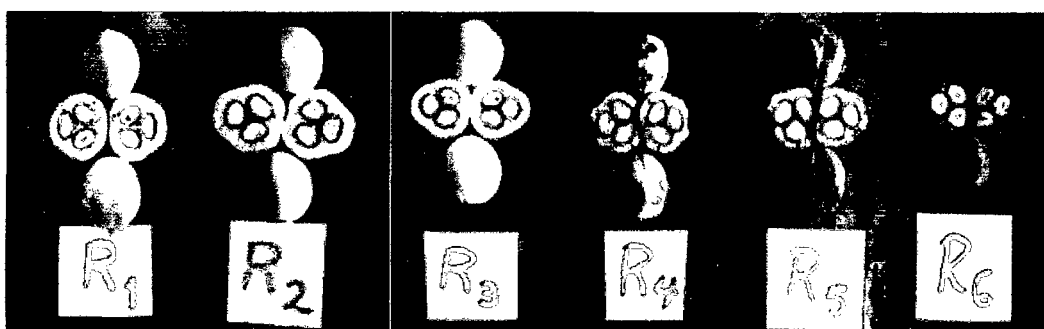


Figura N° 14. Estados de maduración fisiológica del piñón blanco

3.5.2. Despulpado

Consiste en separar la cáscara de las semillas que viene a ser aproximadamente el 33% del fruto. Este proceso se realiza en forma manual como se observa en la Figura N° 15, pero requiere mucho tiempo. El despulpado se puede realizar también en forma semi-mecanizada en la cual, dependiendo del diseño del equipo, se puede emplear frutos en estado seco ya que un alto contenido de humedad dificulta la separación de las semillas (Echeverría *et al.*, 2013).



Figura N° 15. Despulpado de los frutos del piñón blanco

3.5.3. Secado solar

El secado solar consiste en colocar las semillas despulpadas de una cosecha oportuna (R_3 , R_4 , R_5) ya sea en secadores de modelo parihuela, plataforma o tradicional (mantas negras de polipropileno en pisos de cemento); dependiendo de las condiciones climáticas de la zona se logrará alcanzar el contenido de humedad deseado (6% - 8%) en un tiempo de 1.5 a 2.0 días (**Garay et al., 2011**).

3.5.4. Secado artificial

Si aplicamos a secado artificial en semillas cosechadas en las mismas condiciones (R_3, R_4, R_5), con temperaturas de 60°C y por un espacio de 16 horas se estaría obteniendo porcentajes de humedad de 6% a 8%, reduciendo considerablemente el tiempo de secado, sin embargo el costo de producción se estaría incrementado por el uso de energía eléctrica.

Se recomienda no utilizar altas temperaturas para el secado artificial debido a que se incrementa el índice de acidez (**Castillo, 2006**).

3.5.5. Humedad de las semillas de piñón blanco

Conocer el porcentaje de humedad de la semilla es importante, porque a través de esto se determina el tiempo de secado que serán sometidos para su posterior uso ya sea en el prensado para la obtención de aceite crudo o su almacenamiento,

los requisitos de tolerancia de humedad de algunas prensas de tornillo sin fin fluctúan entre 6 – 8% de humedad (**Garay et al., 2011**).

3.5.6. Almacenamiento de las semillas

Las semillas secas pueden almacenarse hasta un periodo de 10 meses si están en condiciones controladas (20°C, 65% de humedad relativa y 6 – 8% de humedad de la semilla) y empacado en material de yute. Durante este periodo el aceite alcanza el nivel de acidez permitido para obtener altos rendimientos de biodiesel (2mg KOH/g aceite), y a condiciones ambientales bajo sombra solo se podría almacenar por un periodo de 3 meses (**Vargas, 2014**).

El almacenamiento se refiere a concentrar la producción en lugares estratégicamente seleccionados; en tanto que la conservación implica proporcionar a los productos almacenados, las condiciones necesarias para que no sufran daños por la acción de plagas, enfermedades o del medio ambiente, evitando así disminuciones en su peso, calidad o en casos extremos la pérdida total de la producción. Aun cuando las condiciones bajo las cuales el grano se deteriora de manera más rápida se encuentran en áreas tropicales, los principios relacionados con la conservación de productos y granos almacenados se pueden aplicar igualmente en otros lugares del mundo. Almacenar granos no significa solamente guardarlos en cualquier lugar antes de su utilización. Para poder efectuar tal labor, es necesario contar con una serie de elementos que nos permitan realizar un buen procedimiento, como materiales, equipos apropiados para la cosecha, transporte, limpieza, secado y locales adecuados para su almacenamiento y vigilancia constante (**De Lucia y Assennato, 1993**).

3.5.6.1. Influencias de los factores ambientales

Para una conservación cualitativa y prolongada de los productos es preciso frenar o incluso detener los procesos de degradación. La degradación de los granos durante el almacenamiento depende principalmente de la combinación de tres factores:

- a) Temperatura
- b) Humedad
- c) Contenido de oxígeno.

Durante el almacenamiento, pero también durante otras fases de las operaciones post-cosecha, los efectos combinados de estos tres factores pueden ocasionar pérdidas a veces importantes de los productos **(De Lucia y Assennato, 1993)**.

La temperatura y la humedad contribuyen de manera determinante a acelerar o a retrasar los fenómenos complejos de transformación bioquímica (sobre todo la "respiración" y semillas) que están en el origen de la degradación de las semillas. Tienen además una influencia directa sobre el ritmo de desarrollo de los insectos y de los microorganismos (moho, levaduras y bacterias) y sobre la germinación precoz e intempestiva de las semillas **(De Lucia y Assennato, 1993)**.

a) Temperatura

Todos los organismos tienen un rango de temperatura fuera del cual no pueden vivir. La mayoría de los insectos que atacan a los granos almacenados mueren a menos de 18°C siendo la temperatura óptima de esos insectos entre los 27°C y los 34°C. A temperaturas próximas a los 40°C, la mayoría de los insectos que atacan a los granos almacenados no sobreviven **(De Lucia y Assennato, 1993)**.

b) Humedad

En general se pueden guardar granos con contenidos de al menos 14% de humedad en equilibrio con una humedad relativa de menos del 70% sin peligro de infección por micro-organismos. Aún con humedades bastante bajas, los insectos atacan al grano. Sin embargo, mientras más seco esté el grano, menos deterioro habrá. Muy pocos insectos atacan los productos almacenados causando deterioro a la semilla con menos del 10% de humedad, ya que la mayoría de estos mueren en condiciones de menos del 12% **(De Lucia y Assennato, 1993)**.

c) Contenido de oxígeno

Los microorganismos y los insectos, igual que los granos, son organismos vivos que necesitan oxígeno. El almacenamiento de los granos en medios pobres en oxígeno provoca la muerte de los insectos, la detención del desarrollo de los microorganismos y el bloqueo, total o incompleto, de los fenómenos bioquímicos de degradación de los granos. Con ello se favorece por lo tanto la conservación de los granos, pero se puede dañar su poder de germinación (**De Lucia y Assennato, 1993**).

3.6. Semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.)

La fruta produce tres almendras negras, cada una aproximadamente de 2 centímetros de largo y 1 centímetro en el diámetro. En promedio el peso de 1000 semillas es aproximadamente 500g, contiene aproximadamente 50-60% de aceite, 30 - 32% de proteína y 60 - 66% de lípidos. La cáscara es aproximadamente 43% de la semilla y el grano 57% del cual el 30% es grasa cruda. Su producción anual promedio es de 5 toneladas por hectárea. La semilla contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio (**Mejía, 2006**) citado por (**Vargas, 2014**).

La semilla es cosechada cuando la cápsula está madura y esta cambia del verde a amarillo, ocurre después de dos a cuatro meses de la fertilización. Las semillas descascaradas negras, delgadas se parecen a las semillas del ricino pequeño. Son separadas del fruto manualmente.

Las semillas de *Jatropha* están disponibles durante la estación seca que facilita la colección y procesado. Los rangos de producción de semilla de aproximadamente 0,4 toneladas por hectárea por año hasta por encima de 12 t / ha. La planta empieza dando la semilla en un período máximo de dos años después de plantar, luego de un ensayo al final del primer año (**Mejía, 2006**) citado por (**Vargas, 2014**).

Se ha reportado que la exposición directa al sol tiene efectos negativos en la viabilidad de las semillas y por ello se recomienda el secado a la sombra. Una vez

separadas de los frutos, estas se deben secar hasta alcanzar un contenido de humedad bajo (5 - 7%) y se almacenan en contenedores impermeables al aire. A temperatura ambiente pueden retener la viabilidad al menos un año, aunque por su alto contenido de aceite no deben almacenarse por un tiempo demasiado largo **(Toral et al., 2008)** citado por **(Vargas, 2014)**.

Hay algunos elementos químicos en la semilla que son venenosos siendo no apropiado para el consumo humano. En el siguiente cuadro se detalla el análisis proximal de las semillas del Piñón Blanco **(Mejía, 2006)** citado por **(Vargas, 2014)**.

3.6.1. Composición química

El género *Jatropha* contiene: alcaloides, sapogeninas, taninos, esteroides, toxoalbúminas, compuestos cianogénicos. Además, contiene aceites fijos, ácidos grasos (palmítico, oleico, linoléico, esteárico). La presencia en la semilla de curcuma, una albúmina tóxica termolábil, es la responsable de su elevada toxicidad. La semilla contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio. Las hojas presentan estigmasterol y glicósidos ravenoideos **(Toral et al., 2008)**.

La presencia en la semilla de curcuma, una albúmina tóxica termolábil, es la responsable de su elevada toxicidad. Las hojas presentan estigmasterol y glicósidos ravenoideos **(Toral et al., 2008)**.

Cada 100 g, la semilla se informa contener 6.6 g H₂O, 18.2 g proteína, 38.0g de aceite vegetal, 33.5 g el hidrato de carbono total, 15.5 g fibra, y 4.5 g ceniza **(Duque y Atchley, 1983)**; citados por **(De la Vega, 2006)**.

El aceite está compuesto por ácidos linoléico, Araquidónico, linoléico, mirístico, oleico, palmítico, y también se informan ácido esteárico **(De la Vega, 2006)**.

3.6.2. Toxicología

Por su efecto tóxico debido a los ésteres de forbol, la torta o "seed cake" de la *J. curcas* puede ser usada como plagui-fertilizante ya que además de incorporar nutrientes al suelo es capaz de actuar como pesticida ante organismos dañinos. También es posible utilizar la torta como alimento animal cuando se trata de una variedad no tóxica, ya que contiene entre un 60 - 63% de proteína, <1% de grasa, 9% de fibra neutral, y un valor energético de 18 MJ/kg. Cuando se trata de una variedad tóxica es necesario encontrar métodos para detoxificarla si es que se usará como alimento, o buscar otras salidas comerciales a la misma como los plaguifertilizantes (Makkar, 2010); citado por (Ocampo, 2010).

Según (Muñoz, 2009), la toxicidad de las semillas es debido a los componentes de las mismas: una proteína tóxica (curcina) y éster diterpeno. Las sustancias puras son las toxinas más potentes en el reino vegetal y pueden matar si son administradas en microgramos. Las formas de desactivar la toxicidad de las semillas son:

- La torta de semillas contiene el 11% del total del aceite, donde se encuentra el diterpeno.
- Calentando por encima de los 100°C por 30 minutos no son desactivadas las lecitinas en todas las semillas de la torta.
- Cocinando las tortas de semillas se desactivan las lecitinas.
- El aceite no tiene propiedades mutagénicas, cuando es manejado con cuidado, no es peligroso para los trabajadores.

Los constituyentes del género *Jatropha* incluyen taninos, sapogeninas, alcaloides, ésteres (aceites), toxoalbúminas y toda la planta encierra propiedades tóxicas, por lo que hay que usarla con mucho cuidado, en especial la semilla no se puede comer y se reporta como tóxica y posee propiedades purgantes. Estas poseen una fitotoxina llamada curcina de las que son suficientes unas pocas gotas para matar un niño (Torral et al., 2008).

Las semillas de *Jatropha curcas* pueden contener hasta 60% de ácidos grasos en patrones similares a los aceites comestibles. La composición de los aminoácidos; el porcentaje de aminoácidos esenciales; y el contenido mineral de la pasta resultante de la extracción de aceite, puede ser comparada con pastas similares utilizadas como forraje. Pero, debido a diversos principios tóxicos en la *Jatropha curcas*, incluyendo lecitina (curcina); ésteres de forbol; saponinas; inhibidores de proteasas; el aceite, la semilla o la pasta resultante de la extracción de aceite de *Jatropha curcas* no puede ser utilizada en la nutrición animal o humana (De la Vega, 2006).

Las semillas de *J. curcas* de las regiones evaluadas de las regiones de Chiapas, Morelos, Puebla y Veracruz (Martínez *et al.*, s/a), presentan un alto contenido de proteína (18-28%) y grasa (25-30%). La pasta residual, obtenida después de la extracción de aceite, contiene un 50-60% de proteína cruda comparada con el 45% de la harina de soya.

Cuadro N° 05: Análisis proximal de las semillas del piñón blanco

Constituyente químico	g/100g de semilla
Humedad	4.08
Cenizas	4.98
Grasa cruda	50.33
Proteína cruda	27.13
Fibra cruda	5.12
Carbohidratos solubles	8.36

Fuente: De la Vega, 2006

3.7. Extracción del aceite de piñón blanco

El contenido de aceite de piñón blanco dependiendo del ecotipo puede alcanzar hasta 58%, determinado utilizando extracción con solvente (éter de petróleo), mientras que en la extracción mecánica con prensa de tornillo sin fin graduada a las revoluciones adaptadas (KEK – P0020), que se presenta en la Figura N° 16, y previo calentamiento del motor de 15 a 30 minutos, el porcentaje de aceite que

se obtiene es de 29 al 31% (Mejía, 2006), es decir si deseamos extraer 1.0 TN de semillas de *Jatropha curcas* obtendremos 300 kg de aceite tomando como referencia el promedio de la extracción de la prensa (Mejía, 2006).

3.7.1. Métodos de extracción

Generalmente los métodos para la extracción de aceites vegetales son los siguientes:

3.7.1.1. Centrifugado

El material previamente tratado del cual se va a extraer el aceite, es separado en sólidos, aceite y agua empleando una centrifugadora.

Este método generalmente se emplea para la extracción de aceites comestibles como el de oliva, maíz, etc (De la Vega, 2006), citado por (Proaño, 2014).

3.7.1.2. Prensa de expulsor

Conocida también como Tornillo (*Screw*) o expeller, es un extractor mecánico continuo mediante el cual el aceite es extraído de la materia prima bajo alta presión.

Generalmente se utiliza una presa de tornillo sin fin que consiste en "una rosca helicoidal continua, que gira concéntricamente dentro de un cilindro estático perforado, también denominado "jaula". Al transportarse el material a lo largo de la longitud de la jaula, se produce un incremento de la presión que ocasiona que el aceite sea extraído y drenado a través de pequeños surcos (o espacio entre barras) de la jaula" (Proaño, 2014).

El residuo de la extracción del aceite o torta, se descarga en un extremo del extrusor mientras que el aceite conteniendo algunos sólidos finos pasa a través de los orificios de la cámara del extrusor y se recolecta a la salida del aparato para una posterior clarificación mediante filtrado o decantación.

En la parte superior de la prensa se encuentre una tolva para alimentación del material. El paso del material desde la tolva se regula por un sistema que monitorea la cantidad de carga (Proaño, 2014).

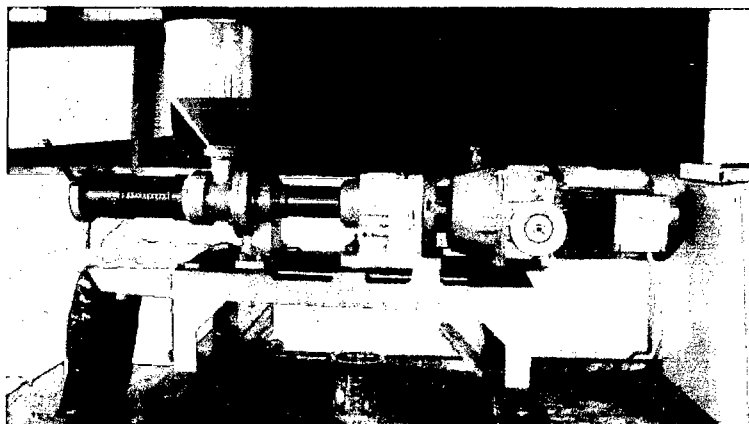


Figura N° 16. Prensa extractora marca KEK modelo P0020 – Fabricación Alemana.

3.7.1.3. Prensa hidráulica

Es un método de extracción mecánico por lotes. El aceite es extraído por compresión de la semilla que contiene aceite, en una cámara con émbolo. El proceso puede realizarse en frío o en caliente **(Proaño, 2014)**.

3.7.1.4. Prensado en frío

Esta técnica generalmente se emplea en el prensado mecánico, se aplica calor adicional a la materia prima de la que se va a extraer el aceite.

Sin embargo, no resulta un método para todos los aceites vegetales, pero se lo usa específicamente para conseguir un aceite vegetal virgen, puesto que el aceite obtenido mantiene el estado original de sus componentes **(Proaño, 2014)**.

3.7.1.5. Prensado en caliente

En este método el material del cual se va a obtener el aceite es sometido a presión mediante una placa precalentada, el calor logra romper las paredes celulares de las semillas permitiendo así que el aceite sea extraído más fácilmente. Se debe tener precaución con la temperatura, puesto

que temperaturas muy elevadas pueden cambiar las características del aceite **(Proaño, 2014)**.

3.7.1.6. Extracción por solventes

Es un método de extracción por medio de un compuesto que disuelve el aceite contenido en la semilla, el solvente generalmente utilizado es el hexano el cual forma con el aceite una mezcla llamada miscela. Posteriormente mediante destilación, se separa el solvente de la miscela **(Proaño, 2014)**.

3.8. Aceite del piñón blanco (*Jatropha curcas* L.)

Los frutos son cosechados cuando la semilla está madura, esta ocurre 40 días después de la floración y luego se seca a valores menores al 8% de humedad durante 2 días bajo el sol. Las propiedades físicas del fruto de *jatropha* son esenciales para el diseño del equipo de cosecha, secado, limpieza, clasificación, descortezamiento, y su almacenamiento **(Pradhan et al, 2008; Sirisomboon et al, 2007, citado por (Vargas, 2014)**.

Las semillas que se recogen pesan de 600 a 640 mg cada una, representan el 4.980 cal/g (20.85MJ/kg) con un contenido de aceite de 35% y un contenido energético de 9.036 cal /g (37.83 MJ/ kg), convirtiéndose en biodiesel mediante un proceso de transesterificación con una tasa típica de 17 – 18% y una pureza del éster de alquilo de 95-97% **(Augusto et al, 2002; Singh et al, 2008)**, citado por **(Quimbayo, 2010)**.

El aceite de la semilla tiene una buena estabilidad de oxidación en comparación con el aceite de ricino y un bajo punto de congelación (la temperatura donde inicia para convertirse en sólidos) en comparación con la palma de aceite, el biodiesel es estable en caso de almacenamiento **(Augusto et al, 2002; Singh et al 2008)**, citado por **(Quimbayo, 2010)**.

El volumen de aceite es 35-40% en las semillas y 50-60% en el grano. El aceite contiene 21% de ácidos grasos saturados y 79% ácidos insaturados (Mejía, 2006). En la Figura N° 17 se observa el rendimiento de aceite bruto de piñón que presenta valores ligeramente mayores para la temperatura de pretratamiento de 100°C y velocidad de giro de la prensa de 22 RPM (rendimiento ligeramente superior a 28%), (Garay et al., s/a).

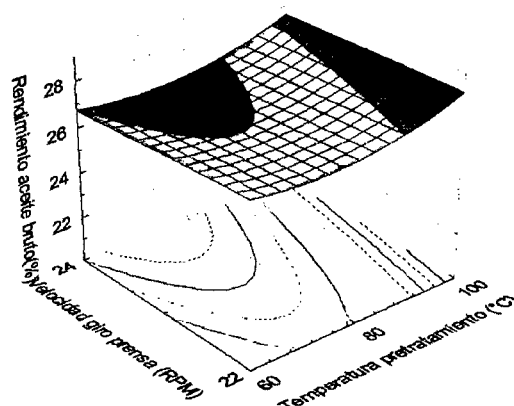


Figura N° 17. Rendimiento de aceite bruto de piñón

3.8.1. Especificaciones y propiedades del aceite

La norma del Instituto de Estandarización Alemán DIN V 51605 (Cuadro N° 06) establece parámetros fisicoquímicos para la evaluación de la calidad de aceites vegetales para elaboración de combustibles de segunda generación como: aceite de colza, aceite de germen de maíz, aceite de girasol, aceite de camelina y aceite de *Jatropha curcas*.

Cuadro N° 06: Norma de calidad para aceites vegetales DIN V 51605.

Parámetros	Límites	Unidades
Humedad	Max 0.075	%
Ácidos grasos libres	Max 2.0	Mg KOH/ g muestra
Índice de Yodo	95- 125	G yodo/ 100g
Índice de Cetano	Min. 39	-
Densidad (15°C)	900-930	Kg/m ³
Viscosidad cinemática (40°C)	Max. 36	mm ² /s
Estabilidad oxidativa	Min. 6	Horas
Energía Bruta	Min. 860	Cal/ 100g

Fuente: Second generation vegetable oil fuels (2011).

Cuadro N° 07: Características fisicoquímicas del aceite del Piñón Blanco comparado con algunos aceites comestibles.

	Piñón	Ajonjolí	Algodón	Girasol	Oliva
Densidad a 25°C.	0.9172	0.916	0.917	0.917	0.912
Ind. de Refracción a 25°C	1.470	1.472	1.466	1.467	1.462
Ind. de yodo	112.51	109.5	106.0	130.5	84.0
Ind. de saponificación	190.5	191.0	193.5	130.5	192.0
Punto de fusión (°C)	-8 a -6	20-25	11	17-26	17- 26

Fuente: Mejía, 2006

Cuadro N° 08: Especificaciones del aceite crudo y refinado de *Jatropha*

ANÁLISIS	ACEITE CRUDO DE JATROPHA	ACEITE REFINADO DE JATROPHA
Acidez (% Oleico)	7	0.1
Índice de Peróxidos (mg O ₂ /Kg)	4	4
Índice de Yodo (g I ₂ /100g)	110.5	110.5
Índice de Saponificación a 25°C	195	195
Índice de Refracción a 25°C	-	-
Insaponificable (%)	-	0.1
Humedad (mg/Kg)	500	300
Densidad a 15°C (kg/m ³)	919	919
Viscosidad a 40°C (mm ² /s)	33.6	33.6
Fósforo (mg/Kg)	-	10
Azufre (mg/Kg)	-	10
Cenizas % (m/m)	0.002	0.002
Residuo carbonoso % (m/m)	0.024	0.024
Índice de cetano	37	37
Calor de combustión (Kj/Kg)	39.48	39.48
Poder calórico (Kcal/Kg)	9.47	9.47
Corrosión en la tira de cobre 3 horas a 50°C	1	1
Punto de inflamabilidad °C	125	125
Contenido de curcina (mg/Kg)	170	170
Color rojo		
Color amarillo	Ligth yellow	Ligth yellow
Materia Insaponificable en Éter		
Etílico	-	0.05
Japonés	0	0

Ácido Mirístico C14		
Ácido Palmítico C16	4.2	4.2
Ácido Esteárico C18	7	7
Ácido Oleico C18:1	43.5	43.5
Ácido Linoléico C18:2	34	34
Ácido Linolénico C18:3		
Ácido Aráquico C20		
Ácido Araquidónico C20:1		
Ácido Behénico C22		
Ácido Erúxico C22:1		
Otros Ácidos	1.4	1.4
Ácidos Grasos Totales	90.5	90.5
Peso Molecular	788	788

Fuente: BIOTEL, 2010

Cuadro N° 09: Acidez y viscosidad cinemática del aceite de piñón (*Jatropha curcas*).

Propiedad	Valor
Acidez	1.22 mg KOH/g
Viscosidad Cinemática	53.68mm ² /s

Fuente: Laboratorio de Química-Física de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Cuadro N° 10: Comparación entre aceite de Piñón y el diesel normal

Características	Unidades	Aceite de Piñón	Diesel normal
Gravedad específica	g/cm ³	0.9186	0.82
Punto de llamarada	°C	110-240	50
Punto de destilación	°C	295	350
Viscosidad cinemática	cp.	50.73	2.7 – 3.6
Sulfuro	% P/P	0.13	1.2
Poder calorífico	Kcal/kg	9.470	10.170
Residuos de carbono	% p/p	0.024	0.35
Punto de ebullición	°C	8	10
Punto de solidificación	°C	2	0.14

Fuente: Torres, 2007



ASG
Analytik-Service
Gesellschaft

ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH
Trentiner Ring 30 • 86356 Neusßs

Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie
Dotzer, Gruber, Kaiser
Am Steigbühl 2
D-90584 Allersberg

Ihr Zeichen : Gruber
Ihr Auftrag : -
Ihr Auftrag vom : 29.07.2008
Eingegangen am : 31.07.2008
Probenahme : Auftraggeber
Prüfbericht vom : 05.08.2008
Seite : 1 von 2

Prüfbericht: 164789

Prüfmuster : ID132568 zentrifugiert

ASG-ID : 132570

Verplombung : -

Prüfparameter	Methode	Prüfergebnis	Grenzwert V DIN 51 605	Einheit
Dichte (15 °C)	DIN EN ISO 12185	919,2	900 - 930	kg/m ³
Flammpunkt P.-M.	DIN EN ISO 2719	256	min. 220	°C
Kin. Viskosität (40 °C)	DIN EN ISO 3104	35,25	max. 36,0	mm ² /s
Heizwert, unterer	DIN 51 900-2	37144	min. 36000	kJ/kg
Cetanzahl	IP 498	49,2	min. 39	-
Koksrückstand n. C.	DIN EN ISO 10370	0,16	max. 0,40	% (m/m)
Iodzahl	DIN EN 14111	101	95 - 125	g Jod/100g
Schwefelgehalt	DIN EN ISO 20884	<1	max. 10	mg/kg
Säurezahl	DIN EN 14104	0,228	max. 2,0	mg KOH/g
Oxidationsstabilität 110 °C	DIN EN 14112	11,6	min. 6,0	h
Phosphorgehalt	DIN EN 14107	23,6	max. 12	mg/kg
Erdalkaligehalt [Ca + Mg]	DIN EN 14538	19,2	max. 20	mg/kg
Oxidasche	DIN EN ISO 6245	<0,001	max. 0,01	% (m/m)
Wassergehalt K.-F.	DIN EN ISO 12937	1165	max. 750	mg/kg

Thomas Wilharm

Dr. Th. Wilharm

Dieser Prüfbericht darf nicht ohne Genehmigung der Prüfeinrichtung auszugsweise vervielfältigt werden.
Das Prüfgutachten bezieht sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfmuster.
Probenaufbewahrung: 4 Wochen. Weitere Informationen siehe allg. Geschäftsbedingungen.
Akkreditiert von der DACH (Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH) für die unter der DAR-
Registriernummer DAC-PL-0408-05-30 aufgeführten Prüfgegenstände und Prüfverfahren.



ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH
Trentiner Ring 30
D-86356 Neusßs

telefon 0049 821 486 25 18
fax 0049 821 486 25 19
e-mail info@asg-analytik.de

Geschäftsführer:
Dr. Thomas Wilharm
Amtsgericht Augsburg HRB 12297

Figura. N° 18. Análisis físico-químico del aceite de Piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) ecotipo Totorillayco. Realizado por el laboratorio Alemán Analytik Service Gesellschaft, 2010, y la norma V DIN 51 605, 2007.

3.8.2. Usos del piñón blanco

Schmook y Sánchez (2005) mencionan los siguientes usos para el piñón (*Jatropha curcas* L):

- **Reforestación agrícola:** Una especie de uso potencial en áreas deforestadas, constituyendo una excelente alternativa en suelos marginales, ociosos y agotados, con una vida útil de 30 a 50 años. En los trópicos se cultiva ampliamente como cercas vivas, puesto que las hojas, ni los tallos, ni los frutos son consumidos por el ganado. Ampliamente usada como sombra y ornato en parques y jardines.
En México y Guatemala se ha usado durante largo tiempo como planta hospedera de un insecto que produce una laca muy apreciada, que se utiliza como barniz para pulir guitarras y otros artículos de madera. En Madagascar la planta se usa como tutor para soporte de vainilla. En Cabo Verde y Bolivia se ha plantado en zonas áridas en altas densidades para control de la erosión del suelo.

- **Comestible:** Las semillas son purgantes, pero tostadas pierden parcialmente esa propiedad y suelen comerla en algunas regiones de México. Esta planta ha sido considerada tóxica pues se ha encontrado en la semilla la presencia de alcaloides conocidos como ésteres de forbol, que provocan el efecto purgante y algunos otros síntomas. Solamente en México, se han encontrado variedades con muy bajo contenido de toxinas, las cuales son consumidas después de tostar y en la preparación de platillos tradicionales por los pobladores de la región de Papantla en Veracruz, Othón P. Blanco en Querétaro, Pueblillo en Veracruz y Huitzilan en Puebla (**Martínez et al., 2004**). La torta que resulta de la extracción de aceite, si proviene de variedades tóxicas solamente se puede usar para fabricar abonos, extraído los alcaloides o si la torta procede de semillas comestibles, la torta puede ser utilizada en alimentación animal.

- **Medicinal:** Se aplica localmente para tratamiento de algodoncillo, fuego labial y mal de boca, se le atribuyen propiedades abortivas. Las hojas maceradas en aceite de ricino se utilizan en medicina casera para apresurar la supuración de los granos infectados. El jugo que mana del tronco (la savia) se emplea como hemostático y para contener hemorragias en heridas no graves, por su propiedad de coagular la sangre de inmediato.

El látex tiene propiedades antibióticas contra algunas bacterias, además de efectos coagulantes y se aplica directamente en heridas y cortes como antiséptico, y para sarpullidos, quemaduras e infecciones de la piel.

- **Industrial:** También se usa para preparar barnices después de ser quemado con óxidos de hierro, o como un excelente sustituto para aceites industriales. En Europa se usa en el hilado de lana y manufacturas textiles. Se usa junto con cenizas de quemar plátano para hacer un duro jabón casero. El jugo de la hoja tiñe las telas de un color negro indeleble. La corteza tiene un 37% de taninos que dan un colorante azul oscuro. El látex también tiene un 10% de tanino y se puede usar como tinta.
- **Doméstico:** El aceite de las semillas se utiliza para iluminación y como lubricante y para hacer jabones y pinturas.
- **Captura de carbono:** La captura de carbono en plantaciones de *Jatropha*, así como en otros tipos de plantaciones, ocurre únicamente durante el desarrollo de las plantas hasta llegar su estado de madurez.
Es en troncos y ramas donde el carbono queda almacenado. La cantidad de carbono (C) que el árbol captura, consiste sólo en el pequeño incremento anual que se presenta en la madera del árbol multiplicado por la biomasa del árbol que contiene carbono. Entre 40% y 50% de la biomasa de un árbol (madera: materia seca) es carbono. Es necesario conservar los árboles para evitar que el carbono (C) contenido en ellos se emita a la atmósfera.

- **Biocombustible:** El biodiesel es un combustible alternativo para el diesel del petróleo, es producido principalmente por una reacción llamada transesterificación; llevada a cabo entre un aceite y un alcohol en presencia de un catalizador, para obtener los mono-alquil ésteres y glicerol, que luego se separan y se purifican.

El biodiesel es un combustible de naturaleza renovable derivado de aceites vegetales o grasas animales y que puede ser utilizado como sustituto o complemento del diesel.

Este biocombustible es identificado como FAME (por sus siglas en inglés Fatty Acid Methyl Ester) o también es llamado éster metílico.

El biodiesel sustituye como combustible limpio y renovable a los derivados del petróleo, concretamente al diesel y lo hace con ventaja ecológica ya que reduce las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero. Así, por ejemplo, el uso de una tonelada de biodiesel, evita la producción de 2.5 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) y sobre todo elimina, si se usa el biodiesel sólo en los motores, las emisiones de azufre (SO₂) del diesel, evitando las lluvias ácidas.

Se emplea puro (B100 biodiesel) o mezclado con diesel de petróleo en proporciones de 5% (B5) a 20% (B20). Por otro lado puede usarse en calderas u hornos de calefacción diseñados para utilizar los aceites de petróleo.

En el Perú, según la ley N° 28054, se establece:

- Promover el desarrollo de los biocombustibles para diversificar el mercado de los combustibles.
- Fomentar el desarrollo agropecuario y agroindustrial, disminuir la contaminación ambiental y ofrecer un mercado alternativo en la lucha contra las drogas.

Por lo cual, en Abril del 2007 ya se empezaba a comercializar el uso del B20 y B100 (Autorización DGH), en Enero del 2009, el B2 (OBLIGATORIO) y Enero del 2011 el B5 (OBLIGATORIO).

Propiedades del biodiesel

Las características del biodiesel son las siguientes:

- Combustible limpio.
- Es biodegradable.
- No tóxico.
- Alto índice de lubricidad.
- Libre de azufre y aromáticos.

El biodiesel es un combustible oxigenado, por eso tiene una combustión completa en comparación al diesel derivado del petróleo y produce menos gases contaminantes. Tiene un punto de inflamación relativamente alto (150°C) que le hace menos volátil que el diesel del petróleo y es más seguro de transportar.

El costo del biodiesel varía dependiendo de la reserva, el área geográfica, la variabilidad en la producción de cosecha de estación a estación, el precio del petróleo crudo y otros factores. El alto precio del biodiesel es en gran parte debido al alto precio de la materia prima y también de la calidad que se requiera de éste.

3.9. Caracterización fisicoquímica del piñón blanco (*Jatropha curcas* L.)

3.9.1. Índice de acidez

Es el número de mg de KOH necesario para neutralizar los ácidos grasos libres (es decir, que no se encuentran unidos a un glicérido) de 1 g de aceite. Se determina mediante la titulación o valoración del aceite disuelto en alcohol, con una solución estándar de KOH. En caso del aceite de Piñón debe expresarse como porcentaje de ácido oleico, por ser el más abundante (**Castillo, 2006**). La alta acidez interfiere en la transesterificación alcalina, produciendo jabones. Este índice es particularmente importante para el proceso de producción de biodiesel (transesterificación), ya que los ácidos grasos libres reaccionan con el catalizador de la transesterificación (NaOH ó KOH) formando jabones (saponificación), lo cual lleva a un menor rendimiento en la producción de biodiesel (**Castillo, 2006**).

3.9.2. Índice de yodo

Es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. Un aceite totalmente saturado poseerá un IY = 0, mientras que a mayor cantidad de insaturaciones se fijará en ellos una cantidad proporcional de yodo, incrementándose este índice, Utilizándose por ello para comprobar la pureza y la identidad de las grasas (el índice de yodo del ácido oleico es 90, del ácido linoleico es 181 y del ácido linolénico 274). El yodo por sí mismo no reacciona con los dobles enlaces. En su lugar se utilizan bromo o halogenados mixtos como ICl o IBr. Se expresa convencionalmente por el peso de yodo absorbido por cien partes en peso de la materia grasa. Un alto índice de yodo puede indicar menor punto de fusión y mejores propiedades de flujo en frío. Bajo índice de yodo indica mejor estabilidad a la oxidación y polimerización (menor riesgo de formación de sólidos), y mayor número de cetano (mejor calidad de combustión) (**Castillo, 2006**).

3.9.3. Índice de peróxido

Son los mili equivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir del yodo liberado del yoduro potásico Indica en que extensión ha experimentado el aceite la rancidez oxidativa. Los peróxidos

son los productos de descomposición primaria de la oxidación de las grasas, cualquiera sea su composición, **(Osorio, 1977)**. Los aceites que contienen una proporción más elevada de ácidos grasos insaturados son más propensos a la oxidación que los que contienen cantidades más bajas. La velocidad de oxidación crece con un incremento en la temperatura, con la exposición al oxígeno del aire, presencia de luz y contacto con materiales pro-oxidantes (por ejemplo, el cobre metálico, latón, bronce u otras aleaciones que contengan cobre), **(Castillo, 2006)**.

3.9.4. Índice de saponificación

Es una medida aproximada del peso molecular promedio de los ácidos grasos. Se define como el “número de miligramos de KOH necesarios para saponificar 1 g de aceite completamente”. Dado que los aceites están formados por triglicéridos principalmente, y que cada triglicérido necesita 3 moléculas de KOH para saponificarse, el índice de saponificación puede ser usado para estimar aproximadamente el peso molecular promedio del aceite utilizado **(Castillo, 2006)**.

3.9.5. Densidad

Representa la masa de la unidad de volumen, expresada en gramos por centímetro cúbico, a una temperatura dada. La temperatura se debe controlar exactamente ya que la densidad de las materias grasas varía aproximadamente 0.00068 por grado. La temperatura de la determinación no diferirá de la referencia en más de 5°C, **(Osorio, 1977)**.

3.9.6. Viscosidad

Es la propiedad de los fluidos que caracteriza su resistencia a fluir, debida al rozamiento entre sus moléculas. La viscosidad influye en el combustible obtenido. La alta viscosidad influye en la pulverización del combustible inadecuadamente, por los sistemas de inyección que poseen los motores diesel de inyección directa modernos **(Osorio, 1977)**.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Post cosecha y Agroindustrias de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir", Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), distrito de Juan Guerra, laboratorio de Investigación y laboratorio de Composición de los Alimentos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín dándose inicio en Noviembre del 2014 hasta Julio del 2015.

4.2. Materia prima

La materia prima utilizada fueron las semillas de dos ecotipos de piñón blanco (*Jatropha curcas L.*) correspondiente a Totorillayco y Yoro, procedente de las parcelas de Investigación del proyecto en Agroenergéticos de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir".

Las muestras fueron recolectadas teniendo en cuenta el estado de madurez: maduro, sobremaduro y semiseco (R3, R4 y R5), de las cuales estos estados fueron mezclados para obtener una sola muestra y a partir de ello las semillas de piñón blanco como materia prima para el proceso, esto por encontrar mayor porcentaje de contenido de aceite y el índice de acidez de acuerdo a las normas técnicas (2mg KOH/g muestra) (Garay *et al.*, 2011).

4.3. Materiales, equipos y reactivos

4.3.1. Materiales

- Vasos de precipitación de 100ml, 600ml, 800ml y 1000ml
- Matraz de erlenmeyer de 125ml, 300ml y 500ml
- Probetas de 50ml, 100ml y 250ml.
- Pipetas de 1ml, 5 ml y 10ml
- Fiola de 250ml
- Papel filtro (WHATMAN Nro. 40 de 125 mm de diámetro)



- Perilla de succión
- Embudos
- Placa Petri
- Bureta de 50ml
- Pezetas
- Campana desecadora
- Soporte universal
- Pinzas
- Crisol
- Mortero y pilón
- Baldes de plástico
- Envases de plástico de 300g
- Mascarillas
- Guantes
- Engrapador

4.3.2. Equipos

- Balanza manual de 30 kg de capacidad
- Determinador de Humedad (PFEUFFER HE 50)
- Estufa digital (BINDER, temperatura nominal 300°C, 1.20 KW).
- Mufla, marca Thermo Scientific Thermolyne, Merk
- Equipo Soxhlet, marca Thermo Scientific Multi- Unit, Extracción heater
- Equipo Kjeldahl, marca Labconco
- Prensa de extracción de aceite (marca KEK, Modelo P0020)
- Balanza Analítica digital ADAM 250g
- Balanza Mettler Toledo 15kg
- Viscosímetro rotacional, marca Selecta
- Cocina eléctrica, marca Velp Scientific
- Bomba de vacío
- Picnómetro
- Termómetro
- Cronómetro

4.3.3. Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado, 0.1N, 1.25%
- Ácido clorhídrico 0.02N
- Catalizador (mezcla de ácido salicílico, sulfato de cobre, tiosulfato de sodio, sulfato de hierro III)
- Solución de fenolftaleína 1%
- Ácido bórico 2%
- Rojo de metilo
- Hidróxido de Sodio 0.1N, 1.25%, 35%
- Éter de petróleo
- Agua destilada
- Alcohol 96°
- Cloroformo
- Ácido acético glacial
- Solución de Ioduro de potasio KI 10%
- Solución saturada de Ioduro de potasio KI
- Tiosulfato de sodio 0.02N
- Tiosulfato de sodio 0.1N
- Solución de almidón al 1%
- Tetracloruro de carbono
- Reactivo de wij's.
- Solución de KOH 0.1 N.
- Solución alcohólica de KOH 0.5 N.
- Solución de ácido clorhídrico HCL 0.5 N.

4.4. Diseño experimental

Se utilizó un Experimento Factorial Completo en un (DCA), donde los factores considerados fueron la velocidad de rotación de la prensa (20rpm, 24rpm y 28 rpm), la temperatura de precalentamiento (50°C, 70°C y 90°C) y ecotipos representado por Totorillayco y Yoro, trabajando a una presión constante de 800 PSI, resultando como respuesta el rendimiento de aceite filtrado y el análisis de calidad, obteniendo tres repeticiones con 54 unidades experimentales y a partir de ello el rendimiento de aceite. Cada corrida se realizó con 5 kg de semillas enteras de *jatropha curcas*. Estos datos fueron sometidos al Análisis de Varianza (ANVA) y sometidos a la prueba de TUCKEY ($p < 0.05$) para ver si existe significancia entre los tratamientos.

4.4.1. Factores en estudio

➤ Presión: 800 PSI

➤ Factor "a"(Ecotipo)

a₁: TOTORILLAYCO

a₂: YORO

➤ Factor "b"(Temperatura)

b₁: 50°C

b₂: 70°C

b₃: 90°C

➤ Factor "c"(Velocidad de giro)

c₁: 20

c₂: 24

c₃: 28

En el Cuadro N° 11 se muestra los tratamientos en estudio y la interacción entre ellos. Cabe indicar que la presión empleada en todos los tratamientos es constante (800 psi).

Cuadro N° 11: Tratamientos en estudio

Tratamiento	Combinación	Descripción
T ₁	T ₁ : a ₁ b ₁ c ₁	Totorillayco /50°C/ 20 rpm
T ₂	T ₂ : a ₁ b ₁ c ₂	Totorillayco /50°C/ 24rpm
T ₃	T ₃ : a ₁ b ₁ c ₃	Totorillayco /50°C/ 28rpm
T ₄	T ₄ : a ₁ b ₂ c ₁	Totorillayco /70°C/ 20rpm
T ₅	T ₅ : a ₁ b ₂ c ₂	Totorillayco /70°C/ 24rpm
T ₆	T ₆ : a ₁ b ₂ c ₃	Totorillayco /70°C/ 28rpm
T ₇	T ₇ : a ₁ b ₃ c ₁	Totorillayco /90°C/ 20rpm
T ₈	T ₈ : a ₁ b ₃ c ₂	Totorillayco /90°C/ 24rpm
T ₉	T ₉ : a ₁ b ₃ c ₃	Totorillayco /90°C/ 28rpm
T ₁₀	T ₁₀ : a ₂ b ₁ c ₁	Yoro /50°C/ 20 rpm
T ₁₁	T ₁₁ : a ₂ b ₁ c ₂	Yoro /50°C/ 24 rpm
T ₁₂	T ₁₂ : a ₂ b ₁ c ₃	Yoro /50°C/ 28 rpm
T ₁₃	T ₁₃ : a ₂ b ₂ c ₁	Yoro /70°C/ 20 rpm
T ₁₄	T ₁₄ : a ₂ b ₂ c ₂	Yoro /70°C/ 24 rpm
T ₁₅	T ₁₅ : a ₂ b ₂ c ₃	Yoro /70°C/ 28 rpm
T ₁₆	T ₁₆ : a ₂ b ₃ c ₁	Yoro /90°C/ 20 rpm
T ₁₇	T ₁₇ : a ₂ b ₃ c ₂	Yoro /90°C/ 24 rpm
T ₁₈	T ₁₈ : a ₂ b ₃ c ₃	Yoro /90°C/ 28 rpm

Fuente: Elaboración Propia (2015)

4.5. Metodología experimental

En la Figura N° 19 se muestra el proceso para obtener el aceite y efectuar el análisis de calidad del mismo, de los ecotipos de Totorillayco y Yoro

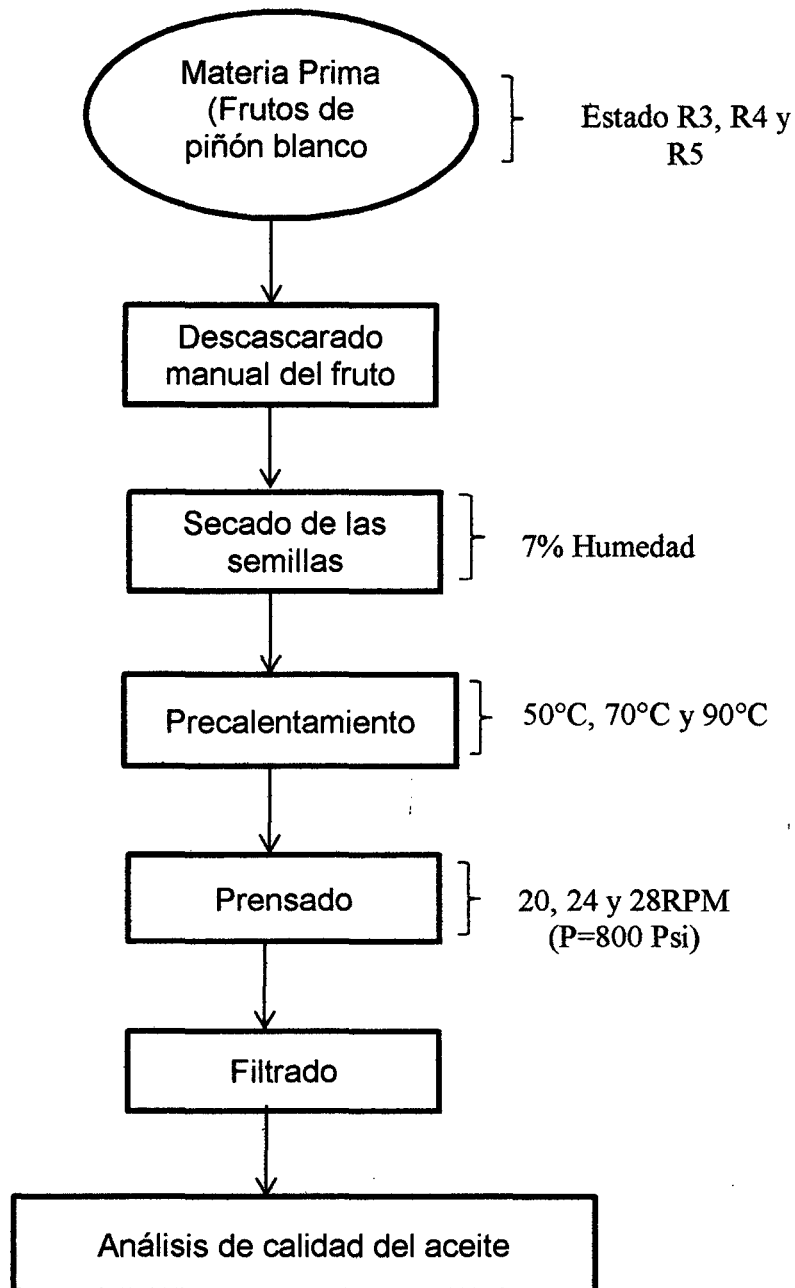


Figura. N° 19. Flujograma del proceso para obtener aceite de piñón blanco y efectuar el análisis

Fuente: Elaboración Propia (2015)

4.5.1. Balance de masa promediado de los ecotipos de Totorillayco y Yoro (Anexo 01 y 02) para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco.

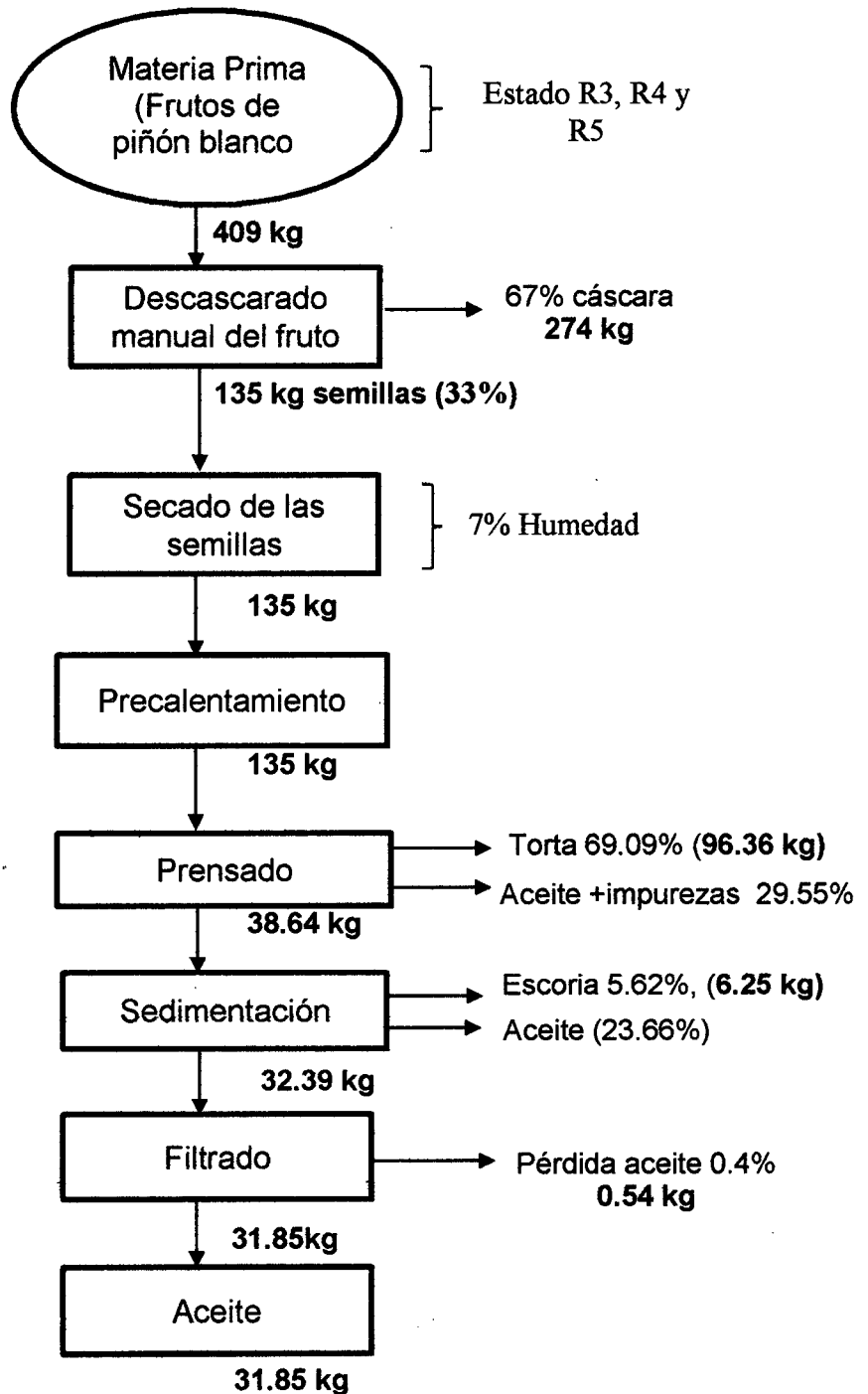


Figura. N° 20. Balance de masa promediado de los ecotipos Totorillayco y Yoro para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco.

Fuente: Elaboración Propia (2015)

4.5.2. Descripción del diagrama de flujo de la metodología experimental

Las actividades para obtener la materia prima (semillas de piñón blanco) se da inicio en campo, con el reconocimiento de los ecotipos Totorillayco y Yoro, los cuales son descritos según como se detalla a continuación:

- **Materia prima:** Inicia con la cosecha de los frutos de piñón blanco en los estados R3, R4 y R5 (maduro, sobremaduro y semiseco) para luego ser mezclados y obtener una sola muestra, éstos se recolectan y pesan (para obtener el rendimiento) y colocados en secadores solares.
- **Descascarado manual:** Una vez colocadas las muestras en los secadores solares, se procede a realizar el descascarado o despulpado de forma manual, obteniendo de tal forma las semillas de piñón blanco y la cáscara del fruto.
- **Secado:** Se deja secar las semillas de forma natural en los propios secadores solares por un lapso de una semana, tiempo necesario donde disminuye el contenido de humedad inicial de las semillas hasta obtener un 7% como promedio para luego ser pesadas, rotuladas y trasladadas al laboratorio de post cosecha y agroindustria de la institución.
- **Pre calentamiento:** Las muestras son recepcionadas, nuevamente pesadas en una balanza manual de 30 kg de capacidad y sometidos a temperaturas de pre calentamiento en una estufa digital de acuerdo a los tratamientos con los que se trabaje.
- **Prensado:** Una vez pre calentados por un tiempo de una hora, se coloca en la tolva de alimentación de la prensa de extracción de aceite (Marca KEK, Modelo P0020), previo calentamiento de la prensa sin muestra y graduada a las revoluciones de giro y presión constante de 800 psi. De esta manera se obtiene el aceite más las impurezas en un vaso de precipitado previamente pesado.
- **Sedimentado:** Al obtener el aceite más las impurezas se deja sedimentar por el lapso de 1.5 a 2 días, tiempo necesario donde se formaban dos fases (aceite y residuo).

- **Filtrado:** Luego se realiza el filtrado en un matraz de 500ml con embudo y papel filtro (WHATMAN Nro. 40 de 125 mm de diámetro). De esta manera se obtiene el aceite para los análisis.
- **Análisis de calidad del aceite:** Las muestras de aceites obtenidos deben codificarse por tratamiento y éstos por cada repetición para realizar los análisis correspondientes de calidad.

4.5.3. Parámetros a evaluar

Se determinó el efecto de los ecotipos, temperaturas y velocidades de giro (rpm) sobre el rendimiento y calidad de aceite obtenido de las semillas de piñón blanco.

4.5.3.1. Determinación de análisis proximal de las semillas de piñón blanco

- **Humedad y materias volátiles,** por el método de secado en estufa a 105°C (AOAC, 1990).
- **Cenizas totales,** método horno mufla a 550 °C por 24 horas (AOAC, 1990).
- **Proteína total,** por método de Kjeldahl (Método AOAC, 1990).
- **Grasa total,** por el método de soxhlet (AOAC, 1990).
- **Fibra total,** por hidrólisis ácida y alcalina (AOAC, 1990).
- **Carbohidratos totales,** se obtendrá por diferencia, restándose de 100 la sumatoria de porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra.

4.5.3.2. Análisis físico-químico del aceite de piñón blanco

- **Acidez titulable,** AOCS (método oficial Cd 3d - 63) (Castillo, 2006).
- **Densidad,** método gravimétrico DIN12797 and ISO 3507
- **Viscosidad cinemática,** se utilizará un viscosímetro rotatorio o capilar (Osorio, 1977).
- **Índice de yodo,** (AOCS 1995), método oficial Cd 1 – 25.
- **Índice de peróxido,** (AOCS 1990), método oficial Cd 8 – 53.
- **Índice de saponificación,**(AOCS 1990), método oficial Cd 3 – 25.

4.6. Métodos experimentales

4.6.1. Determinación de análisis proximal de las semillas de piñón blanco

4.6.1.1. Humedad y materias volátiles

Método de Secado en Estufa a 105°C por el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio (AOAC, 1990). Desecamos placas a 105°C y enfriamos en un secador. Pesamos 5 g de muestra. Colocamos en la estufa, previamente regulada a 105°C. Después de 30 minutos sacamos, enfriamos y pesamos. Repetimos esta última operación hasta alcanzar el equilibrio. El contenido de humedad se calculó mediante la fórmula.

$$H = \frac{P_M - P_{S.E.}}{P_M} * 100$$

Donde:

H : Humedad y materias volátiles (mg/Kg).

P_M : Peso de la muestra húmeda (g).

$P_{S.E.}$: Peso de la muestra seca en equilibrio (g).

4.6.1.2. Lípidos

Método de soxhlet (AOAC, 1990). Pesamos 5 gramos de muestra en papel filtro y empaquetamos para colocarlo dentro de la columna soxhlet. Pesamos el balón vacío y colocamos el equipo incorporando el balón, la columna, el refrigerante para enfriar el solvente que arrastrará el aceite y las mangueras de entrada y salida del agua. Se empieza la extracción controlando por un tiempo de 3 horas. Luego evaporamos a sequedad para obtener solo los lípidos. Enseguida secamos en estufa a 100°C por el periodo de 1 hora. Enfriar y pesar el balón. El contenido de lípidos se calcula mediante la fórmula:

$$\%G = \frac{B_G - B_v}{P_M} * 100$$

Donde:

B_G : Peso balón con muestra (g).

B_v : Peso balón vacío (g).

P_M : Peso de la muestra (g)

4.6.1.3. Cenizas totales

Se utilizó el método de Cenizas en un Horno de Mufla. Para éste análisis se utilizaron los crisoles secos del análisis de humedad. Inicialmente se pesaron los crisoles y la muestra. Posteriormente se colocaron los crisoles en el horno de mufla a 550°C durante 1 hora. Después de transcurrido este tiempo, se sacaron los crisoles de la mufla y se enfriaron en el desecador y se pesó el crisol con las cenizas. El contenido de cenizas totales se calcula mediante la fórmula:

$$\%CT = \frac{C_c - C_v}{P_M} * 100$$

Donde:

C_c : Peso crisol con muestra (g).

C_v : Peso crisol vacío (g).

P_M : Peso de la muestra (g)

4.6.1.4. Fibra total

Método por hidrólisis ácida y alcalina (AOAC, 1990). Se pesó 2 gramos de muestra (P_1) y se colocó en un vaso de precipitado de 300ml y sobre él 200 ml H_2SO_4 al 1.25% y se dejó hervir por 30 minutos controlando el volumen con agua caliente. Luego se filtra con papel filtro enjuagando con agua caliente.

Luego el residuo filtrado en el papel se enjuaga con 200 ml de solución de NaOH al 1.25%; de igual manera se hierve por 30 minutos controlando su

volumen con agua caliente. Luego filtramos en una papel filtro seco y tarado (P₂) y colocamos en una placa petri para colocar en estufa por 1 hora a 100°C, pasado el tiempo enfriamos y pesamos (P₃). Obtenido el papel filtro más la muestra colocamos en un crisol seco y tarado (P₄) y colocamos en la mufla a 500°C por una hora. Enfriar y pesar (P₅). El contenido de fibra bruta se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Muestra digerida} = P_3 - P_2$$

$$\text{Ceniza} = P_5 - P_4$$

$$\%FB = \frac{\text{Muestra digerida} - \text{Ceniza}}{P_1} * 100$$

Donde:

P1: Peso de la muestra (g)

P2: Peso papel filtro (g)

P3: Papel filtro más muestra (g)

P4: Peso crisol (g)

P5: Peso crisol más muestra (g)

4.6.1.5. Proteína total

Método de Kjeldahl (Método AOAC, 1990). Este método consta de 3 etapas:

La Digestión. Inicialmente se pesó 0.3 g de muestra y se anotó el peso; se colocó la muestra en el tubo de digestión y se añadió 1 g de catalizador y 4ml de ácido sulfúrico concentrado. Posteriormente se colocaron los tubos con la muestra en la cocina de digestión a una temperatura adecuada y se cubrió en bloque con el sistema de escape de los gases. Se dejó digerir la muestra hasta que llegaron a tener un color transparente (verde neón) sin que quedara material carbonizado. Se retiraron las muestras del bloque de digestión y se dejaron enfriar y se diluyó la muestra en un matraz de 1000ml

con un volumen de agua destilada de 100ml, se dividió en dos partes, de tal forma que se realizaron dos lavados y se agregó 20ml de NaOH.

La Destilación. Se midió 2ml de ácido bórico al 2% en un matraz de 125 ml más rojo de metilo y se colocó en el sistema de destilación. El matraz de 125 ml se colocó en la hornilla del destilador y se asentó todo el sistema para iniciar la evaporación de las muestras a una temperatura adecuada. Posteriormente se retiró el matraz con ácido bórico una vez que alcanzó los 75ml.

La Valoración. Se anotó la normalidad de la disolución de HCl valorada. Se fue agregando poco a poco el HCl a través de la bureta hasta que la muestra alcanzó un color rosado claro. Posteriormente se anotó la cantidad de HCl que se necesitó para llegar al color indicado en cada muestra y se aplicó en la fórmula.

$$\%Nitrogeno = \frac{G - N Hcl * Meq}{Pm} * 100$$

$$\%Proteina = \%N * 6.25$$

Donde:

G: Gasto del Hcl

N HCL: Normalidad del Hcl 0.02 N

Meq: Miliequivalente del Hcl 0.014

Pm: Peso muestra (g)

4.6.1.6. Carbohidratos totales

Se obtuvo por diferencia, restándose de 100 la sumatoria de porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra.

4.6.2. Análisis Físico-químico del aceite de piñón blanco

4.6.2.1. Acidez titulable

Se pesó aproximadamente 5 gr. ± 0.05 del aceite y se disolvió en 50 ml de alcohol etílico previamente neutralizado, se agitó vigorosamente hasta disolver totalmente el aceite, se agregó 2 gotas de fenolftaleína, posteriormente se tituló con solución de KOH 0.1 N hasta viraje a color grosella del indicador (Castillo, 2006).

$$IA = \frac{V * N * PM_{KOH}}{m}$$

Donde:

IA : Índice de acidez del aceite (*mgKOH/gaceite*)

V : volumen de solución de KOH 0.1 N empleada (ml).

N : normalidad de la solución de KOH.

m : peso del aceite.

4.6.2.2. Índice de yodo

Se utilizó el método (AOCS 1995), Pesamos aproximadamente 0.300 g. de aceite en un matraz Erlenmeyer, se disolvió con 15 ml de tetracloruro de carbono, se añadió 25 ml de solución de Wij's y dejamos reposar por 60 minutos en la oscuridad, transcurrido este tiempo agregamos 20 ml de solución de yoduro de potasio (KI) al 10%, agitando se agregó 150 ml de agua destilada, luego se tituló el Yodo con tiosulfato de sodio al 0.1 N hasta que el color amarillo casi desaparezca, instante en el que añadimos 1 ml de solución de almidón al 1%, se continuó titulando hasta que el color azul desaparezca, conjuntamente se corrió un blanco.

$$IY = \frac{(V_B - V_M) * N * 12.69}{m}$$

Donde:

IY : Índice de Yodo del aceite ($gYodo/100 gaceite$).

V_M : Volumen de gasto (ml) de tiosulfato de sodio 0.1 N de la muestra.

V_B : Volumen de gasto (ml) de tiosulfato de sodio 0.1 N del blanco.

N : Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

m : Peso de la muestra.

4.6.2.3. Índice de peróxido

Se determinó usando el método (AOCS, 1990), basada en la determinación Yodo-métrica de los Peróxidos orgánicos. Pesamos aproximadamente 5.00 \pm 0.005 gr. del aceite en un matraz erlenmeyer de 250 ml de tapa de vidrio, añadimos 10 ml de cloroformo y 15 ml ácido acético glacial, agitamos hasta disolver el aceite, añadimos 1.0 ml de la solución saturada de Yoduro de potasio (KI), se agitó y dejó reposar en oscuridad por 5 minutos. Transcurrido este tiempo retiramos y se agregó 75 ml de agua destilada, inmediatamente se tituló el yodo liberado con tiosulfato de sodio 0.002 N hasta que el color amarillo casi desaparezca, en este instante se añadió 1.0 ml de solución de almidón al 1% y se continuó la titulación agitando vigorosamente hasta que el color azul desaparezca, en paralelo se corrió un blanco.

$$IP = \frac{(V_M - V_B) * N * 1000}{m}$$

Donde:

IP : Índice de peróxidos del aceite ($mgO_2/Kgaceite$)

V_M : Volumen de gasto (ml) de tiosulfato de sodio 0.002 N de la muestra.

V_B : Volumen de gasto (ml) de tiosulfato de sodio 0.002 N del blanco.

N : Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

m : Peso de la muestra.

4.6.2.4. Índice de saponificación

Se utilizó el método volumétrico (AOCS 1990), y la técnica de titulación. Se pesó 2.5 ml de muestra en un Erlenmeyer de 300 ml., agregamos 25 ml de solución alcohólica de KOH 0.5 N, conectamos el matraz al refrigerante y hervimos la muestra por aproximadamente 30 minutos. Transcurrido el tiempo separamos y enfriamos, agregamos unas gotas de indicador de fenolftaleína y titulamos con solución de HCL 0.5 N, simultáneamente se corrió un blanco.

$$IS = \frac{(V_B - V_M) * N * PM_{KOH}}{m}$$

Donde:

IS : Índice de Saponificación (*mgKOH/gaceite*)

V_M : Volumen de gasto (ml), de la solución de HCL 0.5 N, de la muestra.

V_B : Volumen de gasto (ml), de la solución de HCL 0.5 N, del blanco.

N : Normalidad de la solución alcohólica de KOH.

m : Peso de la muestra.

4.6.2.5. Densidad

Se utilizó el método gravimétrico mediante la técnica basada en la diferencia de masa, utilizando un picnómetro para obtener la densidad relativa. Pesamos el picnómetro limpio y totalmente seco anotamos, llenamos con agua destilada hasta el borde superior del tubo capilar, pesamos y medimos la temperatura, anotamos estos datos. Secamos el picnómetro y llenamos, esta vez con la muestra de aceite, pesamos y anotamos.

$$d'' = \frac{(P'' - P)}{(P' - P)} * D$$

Donde:

P : Peso del Picnómetro vacío y seco (g).

P' : Peso del Picnómetro con el agua destilada (g).

P'' : Peso del Picnómetro con la muestra de aceite (g).

D : Densidad del agua a la temperatura de determinación (g/ml).

d'' : Densidad del aceite (g/ml), sin corregir.

El valor de la densidad calculada anteriormente se corrigió, debido al efecto del empuje del aire por la fórmula.

$$d' = d'' + 0.0012 * (1 - d'')$$

Donde:

d'' : Densidad del aceite (g/ml), sin corregir.

d' : Densidad del aceite (g/ml), corregido por el empuje del aire.

Finalmente se realizó una segunda corrección, a la temperatura de referencia.

$$d = d' + (T' - T) * 0.00068, \text{ si } T' > T$$

$$d = d' - (T - T') * 0.00068, \text{ si } T' < T$$

Donde:

d' : Densidad del aceite (g/ml), corregido por el empuje del aire, a la temperatura de determinación (T').

d : Densidad del aceite (g/ml), a la temperatura de referencia ($T = 15^\circ\text{C}$).

4.6.2.6. Viscosidad cinemática

Se realizó con la ayuda de un viscosímetro rotacional marca SELECTA STS- 2011, en el cual se usó el husillo N° R₃ (tornillo metálico utilizado para mover muestras semi liquidas) y previas configuraciones de densidad que se insertaron como datos para obtener directamente la viscosidad expresados en mm²/s.

El volumen de aceite empleado para los análisis fue de 300 ml y calentando a 40°C, adaptado a la norma.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Análisis proximal de las semillas de piñón blanco de los ecotipos Totorillayco y Yoro.

En el cuadro N° 12 se muestran los resultados obtenidos de los análisis proximales de los ecotipos de Totorillayco y Yoro en los cuales no existen variaciones sustanciales entre ambos.

(De la Vega, 2006) muestra en el cuadro N°05 datos que se asemejan a nuestros resultados obtenidos, tal es el caso de Humedad (4.08%), Cenizas (4.98%) y Proteína (27.13%). En cuanto a los datos de Lípidos, Fibra Bruta y Carbohidratos Totales varía debido a que los análisis realizados se tomaron de la almendra, mas no de la semilla que involucra testa más almendra.

(Martínez *et al.*, s/a) indica que las semillas de *J. curcas* provenientes de las regiones de México, presentan un alto contenido de proteína (18-28%) y grasa (25-30%). Los cuales son valores que se encuentran dentro del rango obtenido por nuestras muestras de Totorillayco y Yoro: 27.81%, 26.62% % proteína y 23.87% 26.66% grasa).

En cuanto al porcentaje de lípidos, el mayor valor obtenido en el ecotipo Yoro se observa en el Cuadro N° 25 de los Anexos, donde representa un mayor rendimiento obtenido en prensa a comparación del Cuadro N° 24, que nos muestra un menor rendimiento, tal como se expresa en el cuadro de datos de los análisis proximales (15 y 16).

Cuadro N° 12. Análisis Proximal de las semillas molidas de piñón blanco.

Composición %	Totorillayco	Yoro
Humedad	4.20	3.92
Lípidos	31.63	32.40
Cenizas Totales	4.44	4.02
Fibra Bruta	30.98	30.09
Proteína Bruta	27.81	26.62
Carbohidratos Totales	0.95	2.96

Fuente: Elaborado en el laboratorio de Análisis y Composición de los alimentos de la FIAI-UNSM

5.2. Rendimiento del aceite de las semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas* L) a temperaturas de 50, 70 y 90°C y velocidades de giro de la prensa a 20, 24 y 28rpm a presión constante de 800 psi.

En el Anexo 03, se presentan los datos experimentales del rendimiento de aceite donde existe alta significancia en los factores de ecotipo y velocidad, del mismo modo en la interacción de los factores de ecotipo* temperatura* velocidad donde muestra alta significancia, mas no existe significancia entre la interacción de los factores ecotipo*temperatura, ecotipo*velocidad y temperatura*velocidad, esto nos indicaría que el factor Ecotipo tiene mucha influencia en el rendimiento de piñón blanco esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es de 86% y el coeficiente de variabilidad de 3.83 que presenta valor ajustable para el proceso, es decir se tomaron las muestras que manera correcta. Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.86$ y C.V. = 3.83 (Anexo 03). En la Figura N° 21 se observa que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir a que los tres factores tienen influencia sobre el rendimiento en el aceite de *Jatropha curcas*, se observa una extracción con el ecotipo Yoro a 90°C de precalentamiento y a una revolución de la prensa de 24 rpm, se obtendrá un rendimiento del 26.66% que corresponde al tratamiento T₁₇. Pero si extraemos con el ecotipo Totorillayco a 50, 70 y 90°C de precalentamiento y a una velocidad de revolución de la prensa a 28 rpm se obtendrá valores por debajo del 22%. Según (Mejía, 2006) estos valores pueden verse influenciados por el tiempo de calentamiento en vacío (sin muestra) de la prensa antes de ser sometidos los ecotipos.

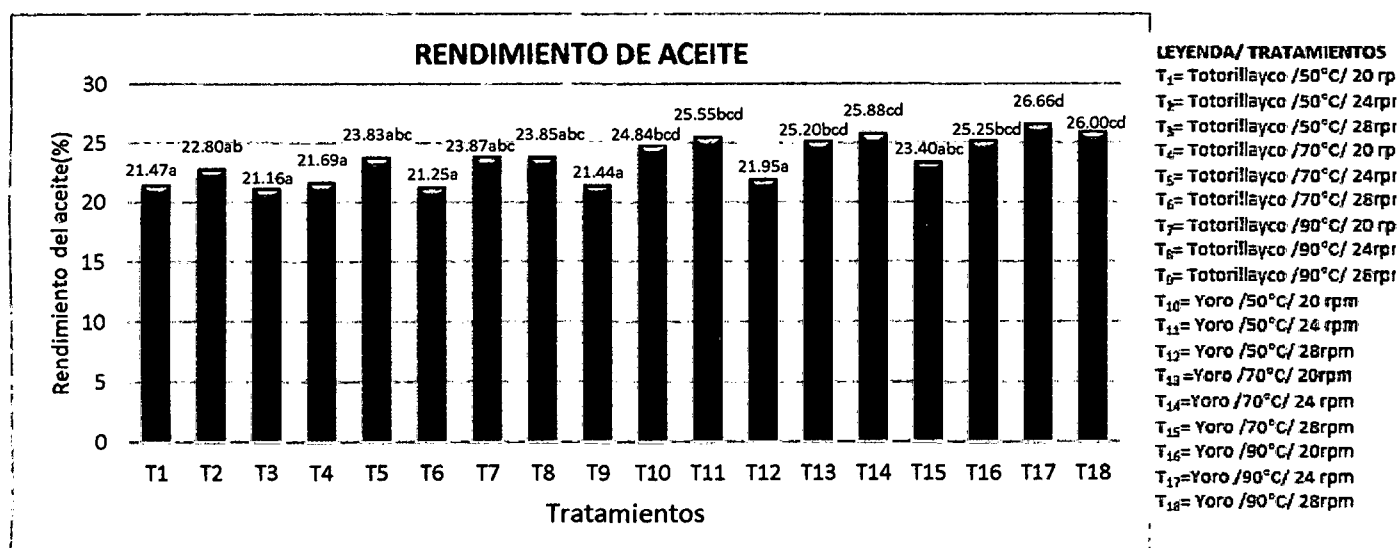


Figura. N° 21. Rendimiento de aceite de piñón blanco de dos ecotipos.

En el Anexo 04, la prueba de Tukey al 0.05 nos indica que con el ecotipo Totorillayco a 28 rpm se obtiene el menor rendimiento de aceite 21.28% que comparado con el ecotipo Yoro a 24 rpm, el rendimiento resulta de un 26.03%.

Según los reportes del Instituto Nacional de Innovación Agraria "El Porvenir", indica que a una temperatura de pretratamiento de 100°C y velocidad de giro de la prensa de 22 RPM el rendimiento ligeramente superior a 28%. **(Garay et al., s/a)**, nuestros resultados obtenidos se vieron influenciados por debajo de estos valores esto debido a que la temperatura de precalentamiento máximo fue de 90°C mas no 100°C además por la eficiencia de la maquina por falta de mantenimiento que necesita.

(Martínez et al., s/a) indica que las semillas de *J. curcas* provenientes de las regiones de México, presentan un contenido de grasa (25-30%) los cuales son valores que se encuentran dentro del rango obtenido por nuestras muestras en ambos ecotipos.

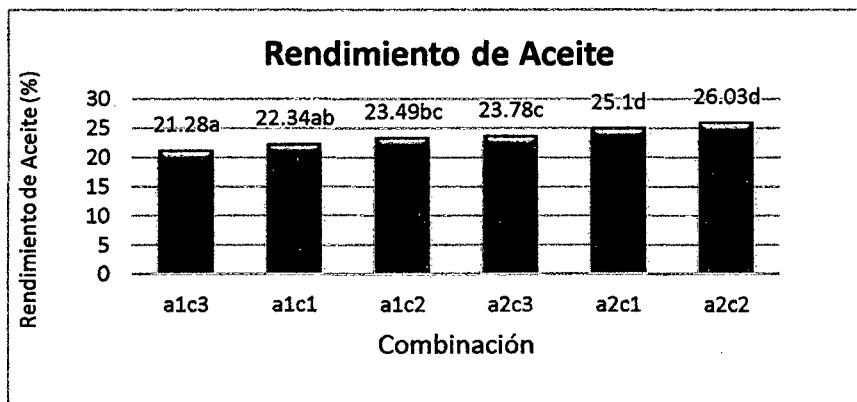


Figura N° 22. Rendimiento de aceite de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.

5.3. Índice de acidez

En el Anexo 05, se presentan los datos experimentales del índice de acidez del aceite en donde nos muestra que existe alta significancia para los factores de temperatura y velocidad asimismo en la interacción de Ecotipo* velocidad y temperatura* velocidad también existe alta significancia, mas no existe significancia entre la interacción de los tres factores, esto nos indicaría que el factor velocidad tiene mucha influencia en el índice de acidez de las semillas del aceite de piñón blanco, esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es de 94% y el coeficiente de variabilidad de 14.16 valor cercano a 15, esto es aceptable para toma de muestras realizados en laboratorio debido a que el proceso es mas estricto.

Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.94$ y C.V. = 14.16 (Anexo 05).

En la Figura N° 23 se puede observar que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir a que la velocidad de giro de la prensa tiene influencia sobre el contenido de acidez en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*.

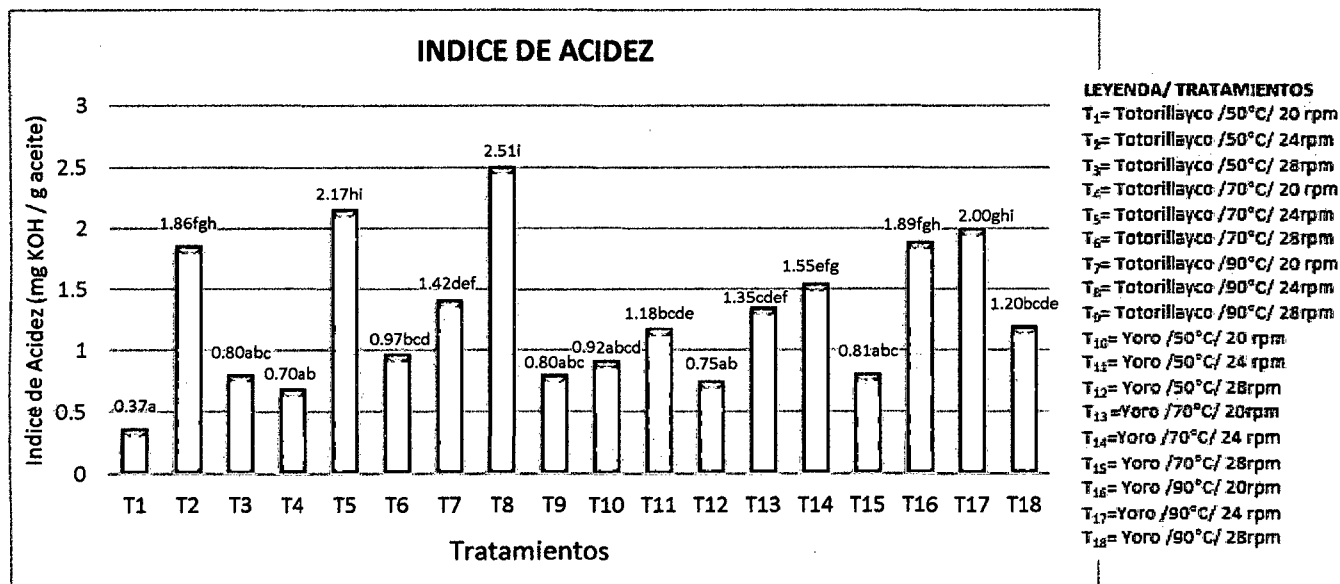


Figura. N° 23. Índice de acidez del aceite de piñón blanco por tratamientos.

En el Anexo 06, de la prueba de Tukey al 0.05 nos indica que a una temperatura de 50 °C y a una velocidad de 20 rpm se obtiene el menor índice de acidez de

0.65 mg KOH/g aceite, que comparado con una temperatura de 90°C y a 24 rpm, el índice de acidez se ve incrementado a un 2.26 mg KOH/g aceite.

La norma técnica de aceite para producción de biodiesel, (V DIN 51 605, 2007) Cuadro N°06 reporta un valor máximo aceptable de 2.000 mg KOH/g aceite. **El laboratorio (Analytik Service Gesellschaft, 2010)** Figura N°18 de la literatura reporta que el índice de acidez promedio en una muestra de aceite proveniente de frutos de Piñón Blanco maduros ecotipo Totorillayco, es de 0.2280 mg KOH/g aceite.

El **Laboratorio de Química- Física de la FIQ-UNT**, Cuadro N° 09, reportan valores de 1.22 mg KOH/g aceite. Los valores de la media del índice de acidez que se reporta en este experimento es de 1.29 mg KOH/g aceite por lo tanto están dentro de los valores aceptables para este parámetro de calidad de aceite para biodiesel.

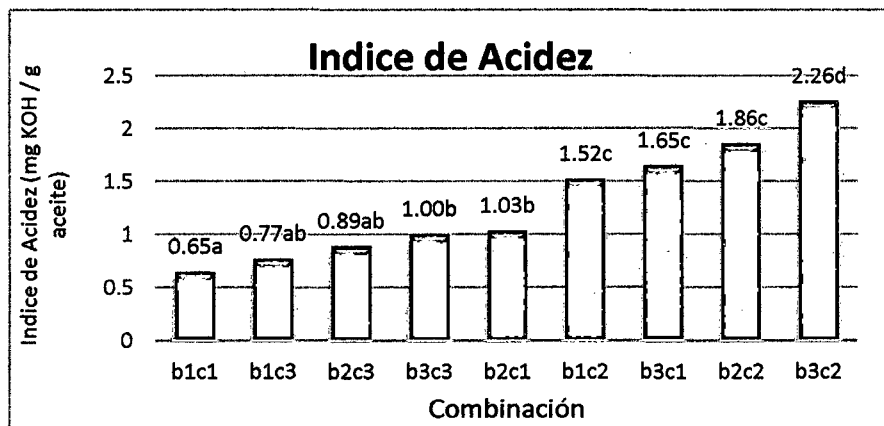


Figura N° 24. Índice de acidez de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.

5.4. Índice de yodo

En el Anexo 07, se presentan los datos experimentales del índice de Yodo del aceite en donde nos muestra que existe alta significancia para los factores de temperatura y velocidad asimismo para la interacción de ecotipo* temperatura, existe alta significancia entre la interacción de los tres factores, mas no existe significancia entre los factores de ecotipo* velocidad, esto nos indicaría que el

factor temperatura tiene mucha influencia en el índice de yodo del aceite de las semillas de piñón blanco, esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es de 69% y el coeficiente de variabilidad de 3.66 que presenta valor ajustable para el proceso, es decir se tomaron las muestras que manera correcta. Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.69$ y C. V. = 3.66 (Anexo 07).

En la Figura N° 25 se observa que existe una diferencia significativa entre los tres primeros tratamientos y el T₉, se puede inducir a que la temperatura de precalentamiento de las semillas de piñón blanco tiene influencia sobre el contenido de yodo en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*.

Si se extrae aceite con el ecotipo Totorillayco a 50°C y velocidades de giro que van de 20 a 28 rpm, se obtendrá valores que oscilan entre 95.47 y 97.08 g Iodo/100 g aceite, es decir no es significativo; pero si la temperatura de precalentamiento de las semillas se ve incrementado en 90°C y 28 rpm, entonces el índice de yodo será de 113.17 g Iodo/100 g aceite siendo significativo.

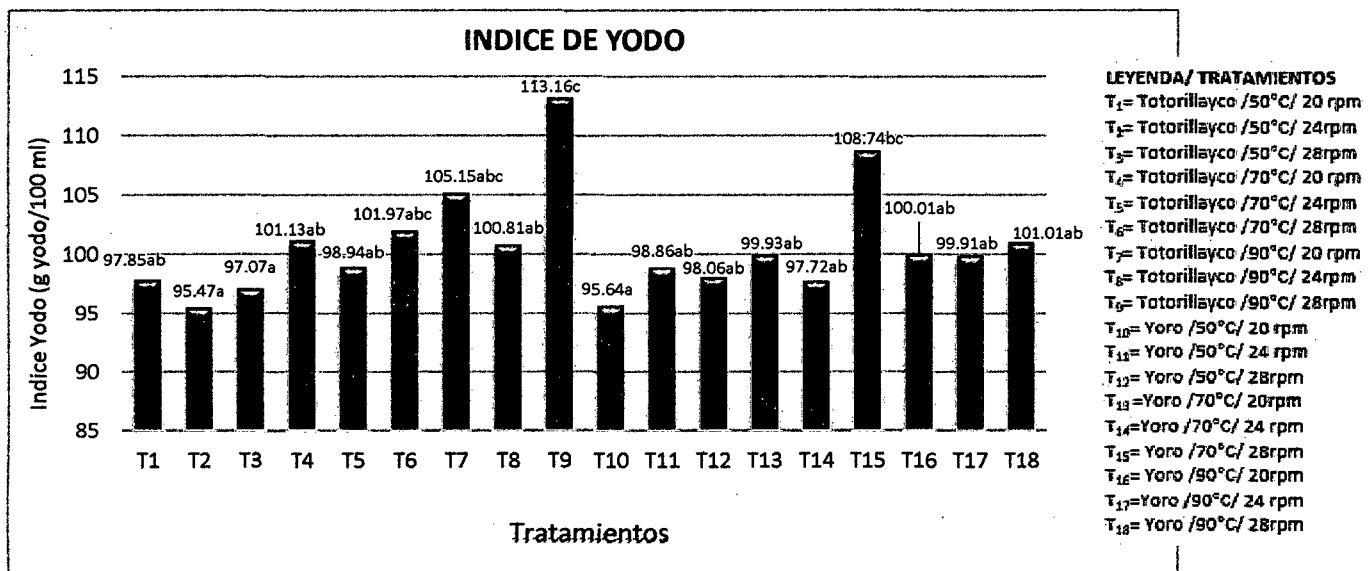


Figura N° 25. Índice de yodo del aceite de piñón blanco por tratamientos.

En el Anexo 08, de la prueba de Tukey al 0.05 nos indica que a una temperatura de 50 °C y a una velocidad de 20 rpm se obtiene el menor índice de yodo de 96.717 g Iodo/100 g aceite que comparado con una temperatura de 90°C y a 28 rpm, el índice de yodo se ve incrementado a un 107.09 g Iodo/100 g aceite (Ver Figura 26).

La norma técnica de aceite para producción de biodiesel, (V DIN 51 605, 2007) Cuadro N°06 reporta un valor máximo aceptable de 95 – 125 g Iodo/100 g aceite. El laboratorio (Analytik Service Gesellschaft, 2010) Figura. 18 de la literatura reporta que el índice de yodo promedio en una muestra de aceite proveniente de frutos de Piñón Blanco maduros ecotipo Totorillayco, es de 101 g Iodo/100 g aceite y (BIOTEL, 2010) Cuadro N° 08, que reporta 110.5 g Iodo/100 g aceite y (Mejía, 2006) Cuadro N°07, indica 112.51 g Iodo/100 g aceite.

Los valores de la media del índice de yodo que se reporta en este experimento son de 100.64 g Iodo/100 g aceite, por lo tanto están dentro de los valores aceptables para este parámetro de calidad de aceite para biodiesel.

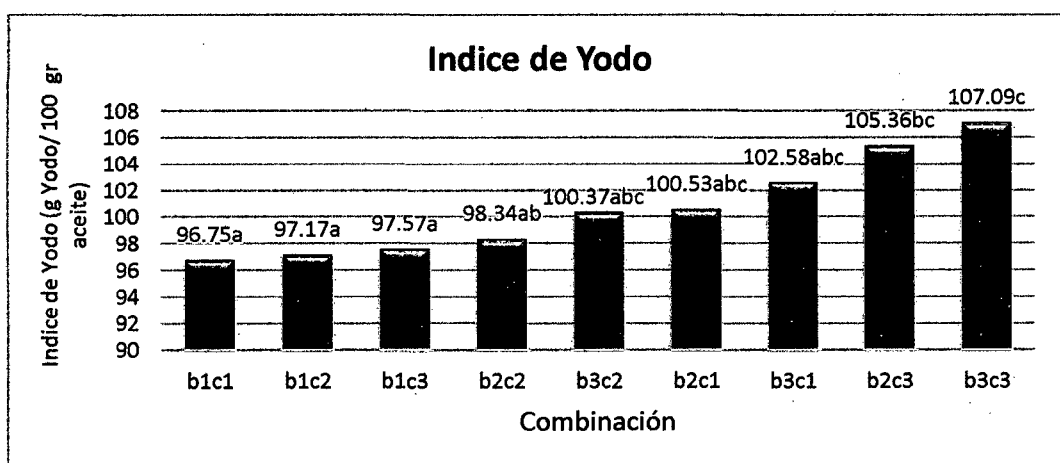


Figura N° 26. Índice de yodo de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.

5.5. Índice de peróxido

En el Anexo 09, se presentan los datos experimentales del índice de Peróxido del aceite en donde nos muestra que existe alta significancia para los factores de temperatura y velocidad asimismo para la interacción de ecotipo* velocidad, existe significancia entre la interacción de los tres factores, mas no existe significancia entre los factores de ecotipo* temperatura y temperatura* velocidad, esto nos indicaría que el factor velocidad tiene mucha influencia en el índice de

peróxido del aceite de las semillas de piñón blanco, esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es de 90% y el coeficiente de variabilidad de 17.82 valor por encima de 15, esto indica que no fueron tomados con exactitud la recolección de datos trabajados en el laboratorio.

Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.90$ y C. V. = 17.82 (Anexo 09).

En la Figura N°27 se observa que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir a que la velocidad de giro de la prensa tiene influencia sobre el contenido de peróxido en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*.

Si se extrae aceite con el ecotipo Yoro a 50°C y velocidades de giro de 20 rpm, se obtendrá 2.03 mg O₂/Kg aceite, es decir significativo a una extracción con Totorillayco a 90°C y 24 rpm donde se obtiene 10.24 mg O₂/Kg aceite.

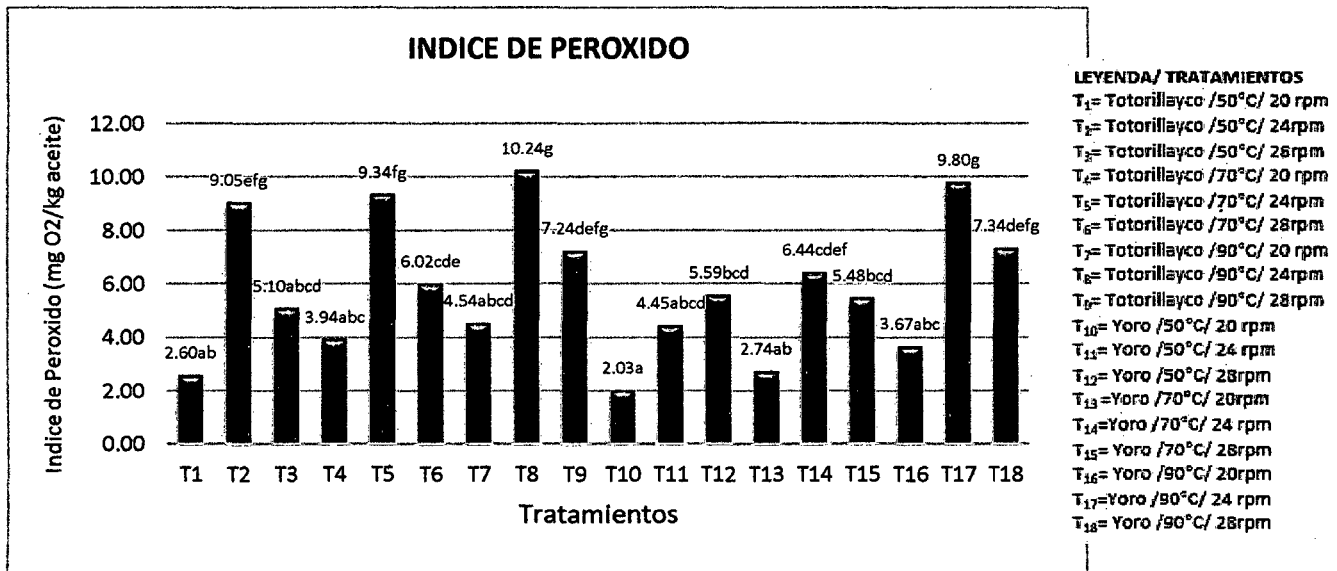


Figura N° 27. Índice de peróxido del aceite de piñón blanco por tratamientos.

En el Anexo 10, de la prueba de Tuckey al 0.05 nos indica que a una temperatura de 50 °C y a una velocidad de 20 rpm se obtiene el menor índice de peróxido de 2.32 mg O₂/Kg aceite que comparado con una temperatura de 90°C y a 24 rpm, el índice de peróxido se ve incrementado a un 10.02 mg O₂/Kg aceite. (ver Figura N° 27).

Según (Castillo, 2006), la velocidad de oxidación crece con el incremento en la temperatura, con la exposición al oxígeno del aire, presencia de luz y contacto con materiales pro-oxidantes (por ejemplo, el cobre metálico, latón, bronce u otras aleaciones que contengan cobre). Estas consideraciones se vieron influenciados en el índice de peróxido obtenido debido a que el aceite obtenido se mantenía en contacto directo con materiales pro-oxidantes del contenedor de recepción que debido a su uso se fue deteriorando, esto por la falta del barnizado con pintura de calidad al material.

(BIOTEL, 2010) Cuadro N° 08, reporta 4.000 mg O₂/Kg aceite. Los valores de la media del índice de peróxido que se reporta en este experimento son de 5.86 mg O₂/Kg aceite.

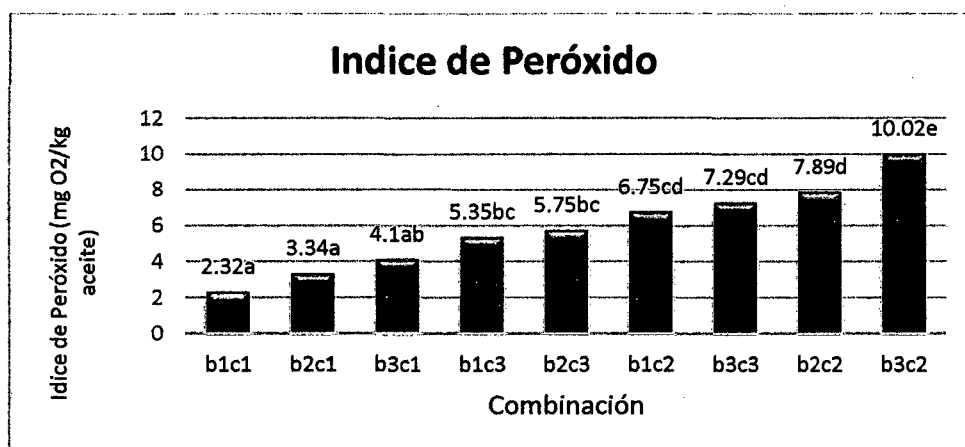


Figura N° 28. Índice de peróxido de la prueba de Tuckey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.

5.6. Índice de saponificación

En el Anexo 11, se presentan los datos experimentales del índice de Saponificación del aceite en donde nos muestra que es altamente significativo el factor temperatura mas no existe significancia entre los factores de ecotipo y velocidad y entre sus interacciones, esto nos indicaría que el factor temperatura tiene mucha influencia en el índice de saponificación del aceite de las semillas de piñón blanco, esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es

de 52% y el coeficiente de variabilidad de 2.77 que presenta valor ajustable para el proceso, es decir se tomaron las muestras que manera correcta.

Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.52$ y C.V. = 2.77 (Anexo 11).

En la Figura N° 29 se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir a que la temperatura de precalentamiento de las semillas tiene baja influencia sobre el contenido de saponificación en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*.

Como se muestra en la Figura 28, si se extrae aceite con el ecotipo Yoro a 50°C y velocidades de giro de 28 rpm, se obtendrá 184.17 mg KOH/g aceite, es decir no significativo a una extracción con Yoro a 90°C y 28 rpm donde se obtiene 199.77 mg KOH/g aceite, sin embargo los valores son muy similares a otros reportes como (BIOTEL, 2010) Cuadro N° 08 que reportan valores de 195.0 mg KOH/g aceite y (Mejía, 2006) Cuadro N°07, reporta valores de 190.5 mg KOH/g aceite. Por lo tanto los valores de índice de saponificación que se reportan en este experimento están dentro de los valores aceptables para este parámetro de calidad de aceite para biodiesel por mostrar una media de los tratamientos de 193.12 mg KOH/g aceite.

La prueba de Tukey al 0.05, no se graficó debido a que solo un factor fue altamente significativo, y para tal caso se grafican los que son altamente significativo (Calzada, 1970).

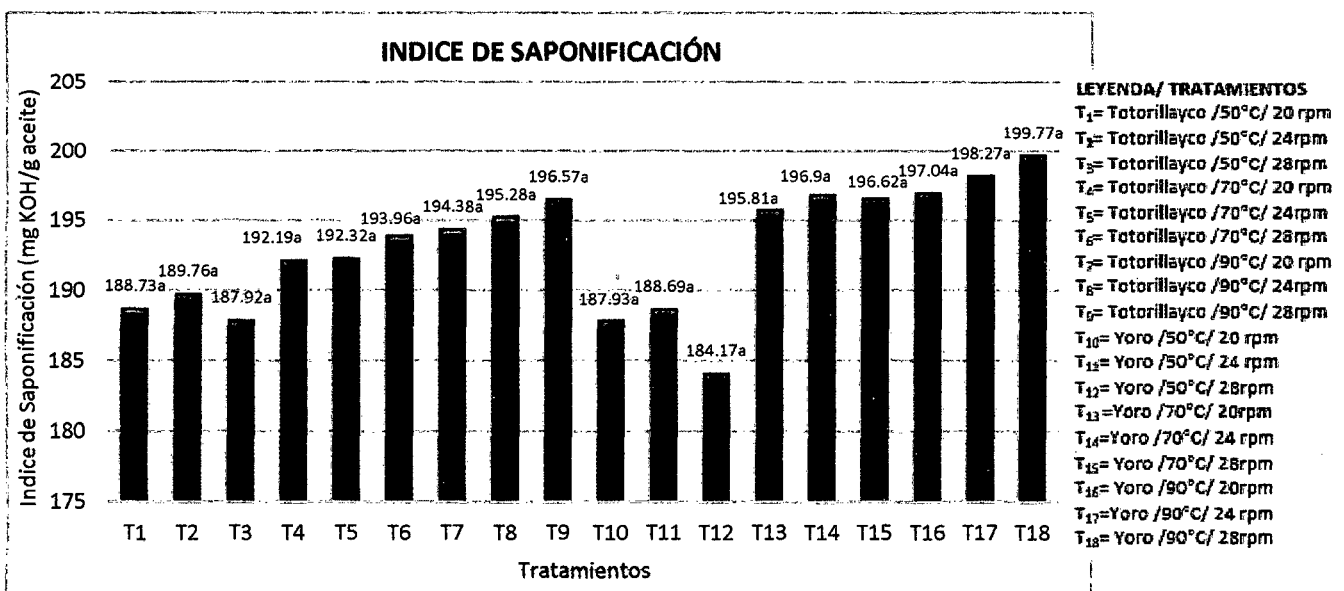


Figura N° 29. Índice de Saponificación del aceite de piñón blanco por tratamientos.

5.7. Densidad

En el Anexo 12, se presentan los datos experimentales de la densidad del aceite en donde nos muestra que existe alta significancia para los factores de ecotipo y velocidad asimismo para la interacción de los tres factores de ecotipo* temperatura* velocidad, mas no existe significancia entre la interacción de los factores de ecotipo* temperatura, ecotipo* velocidad y temperatura* velocidad, esto nos indicaría que el factor ecotipo tiene mucha influencia en la densidad del aceite de las semillas de piñón blanco, esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es de 62% y el coeficiente de variabilidad de 0.19 que presenta valor ajustable para el proceso, es decir se tomaron las muestras que manera correcta.

Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.62$ y C.V. = 0.19 (Anexo 12).

En la Figura N° 30 se observa que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir a que el ecotipo empleado tiene influencia sobre la densidad en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*.

Si se extrae aceite con el ecotipo Totorillayco a 70°C y velocidades de giro de 24 rpm, se obtendrá 0.928 g/cm³, es decir significativo a una extracción con Yoro a 50°C y 28 rpm donde se obtiene 0.935 g/cm³, es decir la densidad se ve incrementado.

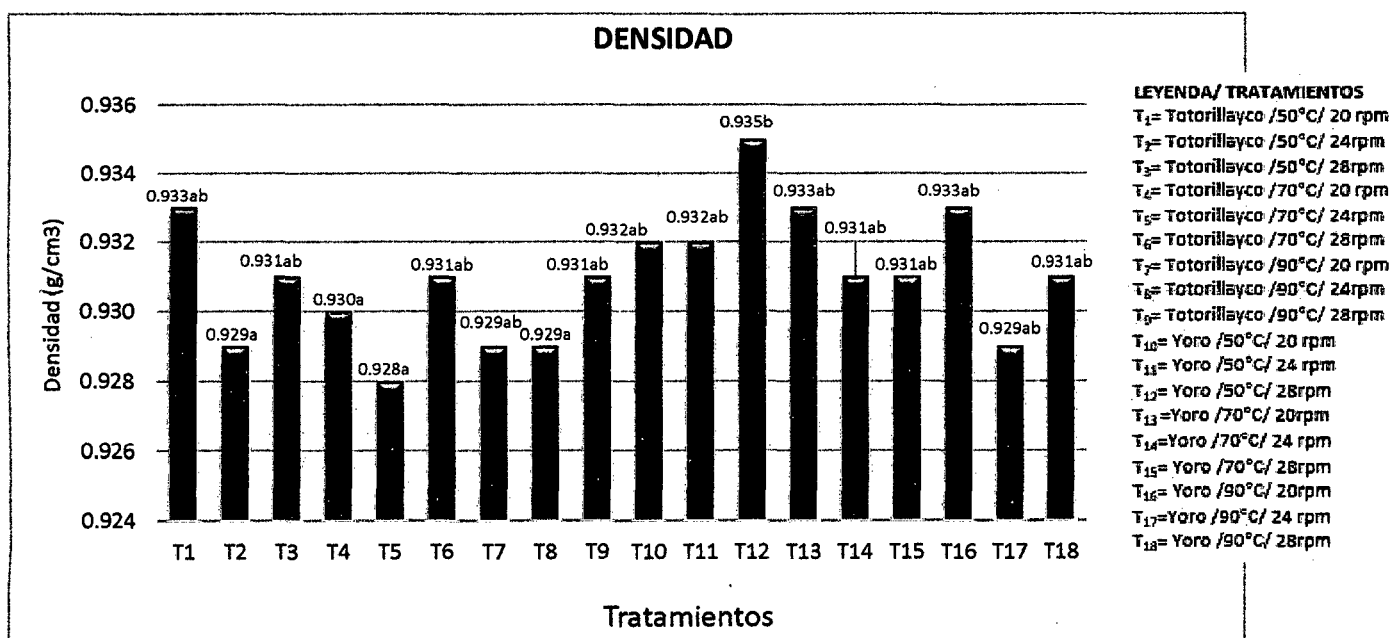


Figura N° 30. Densidad del aceite de piñón blanco por tratamientos.

La norma técnica de aceite para producción de biodiesel, (V DIN 51 605, 2007) Cuadro N°06, que reporta un rango de 0.900 – 0.930 g/cm³ y son muy similares a otros reportes como la del laboratorio Alemán (Analytik Service Gesellschaft, 2010) Figura N° 18 de la literatura, que precisa un valor promedio de 0.9192 g/cm³. (BIOTEL, 2010) Cuadro N° 08 reporta 0.919 g/cm³. Cabe indicar que todos los valores de densidad están determinados a 15°C.

Por lo tanto los valores de la media en densidad que se reportan en este experimento son de 0.930 g/cm³ y están dentro de los valores aceptables para este parámetro de calidad de aceite para biodiesel.

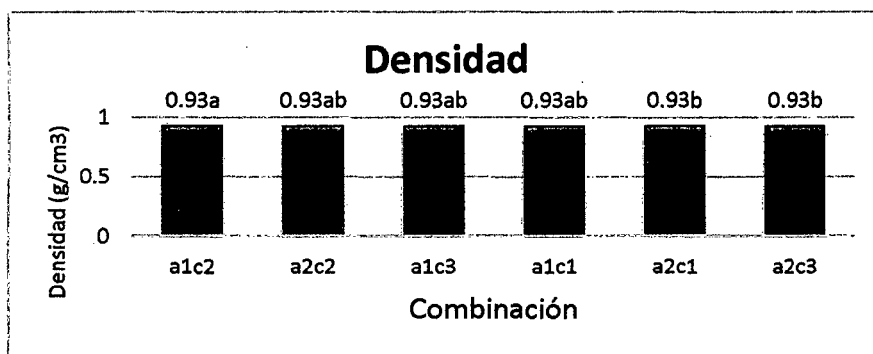


Figura N° 31. Densidad de la prueba de Tukey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.

5.8. Viscosidad Cinemática

En el Anexo 14, se presentan los datos experimentales de la viscosidad del aceite en donde nos muestra que existe alta significancia para los factores de ecotipo y velocidad asimismo para la interacción de ecotipo* temperatura y ecotipo* velocidad, existe significancia entre la interacción de temperatura* velocidad, mas no existe significancia entre la interacción de los factores, esto nos indicaría que el factor ecotipo tiene mucha influencia en la viscosidad del aceite de las semillas de piñón blanco, esto es corroborado por el coeficiente de determinación que es de 85% y el coeficiente de variabilidad de 4.61 que presenta valor ajustable para el proceso, es decir se tomaron las muestras que manera correcta.

Los parámetros del ANVA fueron; ($R^2 = 0.85$ y $C.V. = 4.61$ (Anexo 14).

En la Figura N° 32 se observa que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir a que el ecotipo empleado tiene influencia sobre la viscosidad en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*.

Si se extrae aceite con el ecotipo Yoro a 90°C y velocidades de giro de 20 rpm, se obtendrá 45.33 mm²/s, es decir significativo a una extracción con Totorillayco a 50°C y 24 rpm donde se obtiene 57.97 mm²/s, es decir a medida que las semillas de piñón blanco van incrementando la temperatura, las cadenas de triglicéridos se van desdoblado y haciendo más ligeros.

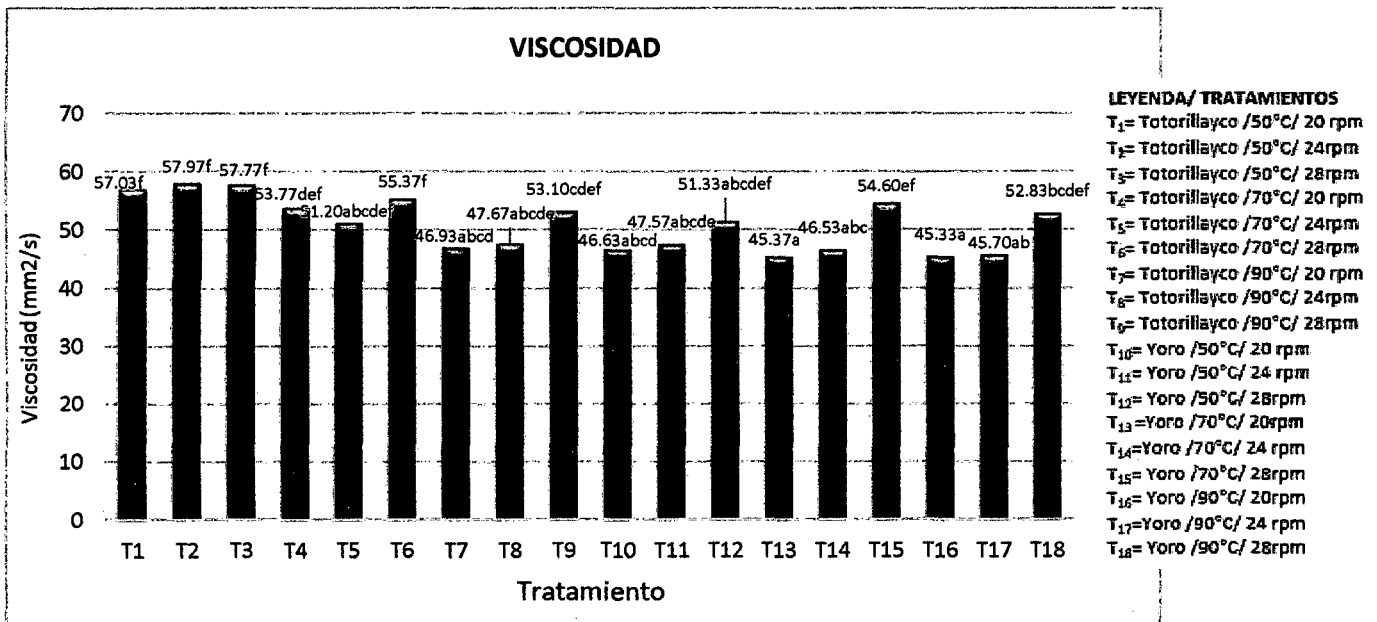


Figura N° 32. Viscosidad del aceite de piñón blanco por tratamientos.

En el Anexo 15 de la prueba de Tukey al 0.05 nos indica que con el ecotipo Yoro y a una velocidad de 20 rpm se obtiene una viscosidad de 45.78mm²/s, que comparado con Totorillayco a 28 rpm, la viscosidad se ve incrementado en un 55.41 mm²/s. (Anexo 15).

Los valores que se reportan en este experimento están por encima del máximo indicado por la **norma técnica de aceite para producción de biodiesel, (V DIN 51 605, 2007)** Cuadro N°06 reporta un valor máximo aceptable de 36 mm²/s y que difieren con otros reportes como la del **laboratorio Alemán El laboratorio (Analytik Service Gesellschaft, 2010)** Figura. 18 de la literatura que precisa un valor promedio de 35.25mm²/s para Totorillayco. Esta variación se da por el tipo

de material empleado, ya que la norma indica trabajar con un viscosímetro capilar N° 2 (ASTM D445). (BIOTEL, 2010) Cuadro N° 08 reporta 33.6 mm²/s.

Sin embargo (Del Águila, 2011) el Laboratorio de Química- Física de la FIQ- UNT, Cuadro N° 09, reportan valores de 53.68 mm²/s, los cuales están dentro de la media que reporta el experimento siendo de 50.92 mm²/s. Cabe indicar que todos los valores de viscosidad están determinados a 40°C.

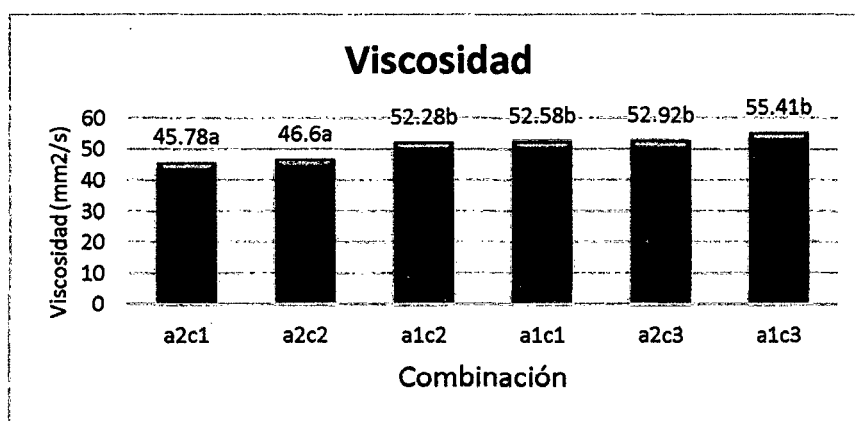


Figura N° 33 Viscosidad de la prueba de Tukey del aceite de piñón blanco que presentó mayor significancia.

5.9. Valores de Balance de masa de los ecotipos de Totorillayco y Yoro.

Cuadro N° 13. Valores del balance de masa de los ecotipos de piñón blanco.

Componentes del Fruto	Ecotipo			
	Totorillayco		Yoro	
	kg	%	kg	%
Frutos	409	100	409	100
Semillas	135	33	135	33
Cáscara	274	67	274	67
Torta	93.27	69.09	99.45	73.66
Escoria	6.021	5.62	6.49	4.81
Aceite	30.19	22.36	33.70	24.96

Fuente: Elaboración propia (2015)

Según los reportes del Instituto Nacional de Innovación Agraria "El Porvenir", (Figura N° 17), indican rendimientos ligeramente superiores a 28% (**Garay et al., s/a**); los resultados obtenidos en el balance de masa promediado por tratamientos de cada ecotipo para el contenido de aceite, no superan este valor, pero si tomamos por cada tratamiento, entonces veremos que el T₁₇ es el que contiene un valor del 26.66% de aceite (Ver cuadro N° 26).

(**Martínez et al., s/a**) indica que las semillas de *J. curcas* provenientes de las regiones de México, presentan un contenido de grasa (25-30%). Al tomar el valor promediado para el ecotipo Yoro del balance de masa, vemos que es el más cercano a este valor.

Ambos balances de masa para cada ecotipo tienen el mismo rendimiento hasta el despulpado, estos valores van siendo diferenciados en los rendimientos de extracción de aceite, tal es el caso de Totorillayco que alcanzan valores promediados del 22.36% en aceite y 69.09 en torta, y Yoro que alcanza valores promediados del 24.96% en aceite y 73.66 en torta, por lo tanto el ecotipo Yoro presenta mayor rendimiento en aceite extraído.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

La composición proximal que presentan los ecotipos de Totorillayco y Yoro no presentan mucha diferencia entre ambos, estos datos son corroborados con los resultados obtenidos en el cuadro N°12 donde se observa valores cercanos para los lípidos con 31.63% para Totorillayco y 32.40% para Yoro, cenizas totales con 4.44% para Totorillayco y 4.02% para Yoro, fibra bruta con 30.98% para Totorillayco y 30.09% para Yoro y proteína bruta con 27.81% para Totorillayco y 26.62% para Yoro, caso contrario para el caso de la humedad con 4.20% para Totorillayco y 3.92% para Yoro y carbohidratos totales con 0.95% para Totorillayco y 2.96% para Yoro donde si se observa cierta diferencia.

El ecotipo con mejor rendimiento reportado fue Yoro, tanto en la extracción con solvente obteniendo un 32.40% de lípidos y 26.66% en prensado mecánico.

Los factores a tener en consideración es el tiempo de precalentamiento de las semillas ya que a mayor temperatura de precalentamiento, mayor será el rendimiento, pero en el caso de las velocidades de giro debe ser graduado a una determinada velocidad, porque a una mayor velocidad no logrará extraerse la mayor cantidad de aceite, la misma que será vista si se trabaja a una menor velocidad por ser muy lento el proceso.

En cuanto a los análisis fisicoquímicos el menor índice de acidez se obtuvo con el tratamiento T₁ que representa a Totorillayco a 50°C a 20rpm, solo se obtuvieron dos tratamientos que reportaron valores mayores a los indicados por la norma técnica de aceite para producción de biodiesel que fueron T₅ con 2.17 mg KOH/g aceite y T₈ con 2.51 mg KOH/g aceite. En Yoro el T₁₂ (50°C y 28 rpm) reportó un menor índice de acidez del 0.75 mg KOH/g aceite, muy significativo al T₁₇ (90°C y 24 rpm) con un mayor índice de acidez del 2.00 mg KOH/g aceite.

En el índice de yodo, todos los resultados obtenidos estuvieron dentro de la norma técnica de aceite para producción de biodiesel que es de 95 a 125 g Iodo/100 g aceite presentando en los tratamientos una media de 100.64 g Iodo/100 g aceite.

El índice de peróxido presento valores altos debido a que el aceite obtenido se mantenía en contacto directo con materiales pro-oxidantes presentes en la prensa presentando en los tratamientos una media de 5.86 mg O₂/Kg aceite. Con el T₁ representado por el ecotipo Yoro a 50°C y velocidades de giro de 20 rpm, se obtuvo 2.03 mg O₂/Kg aceite, es decir significativo a una extracción con el T₈ representado por Totorillayco a 90°C y 24 rpm donde se obtiene 10.24 mg O₂/Kg aceite.

El índice de saponificación que reportó los tratamientos está dentro de los valores aceptables para los parámetros de calidad por presentar una media de 193.12 mg KOH/g aceite, siendo el de menor índice el T₁₂ con 184.17 mg KOH/g aceite y el T₁₈ con 199.77 mg KOH/g aceite.

Los valores obtenidos por la densidad también se encuentran dentro del rango reportado por la norma técnica de aceite para producción de biodiesel el cual reporta un rango de 0.900 – 0.930 g/cm³.

La viscosidad reportó valores de los tratamientos que están por encima del máximo indicado por la norma técnica de aceite para producción de biodiesel, esta variación se asume a la metodología empleada para dicho análisis, reportando una media de 50.92 mm²/s.

De los dos ecotipos estudiados, el que mejor rendimiento presentó fue Yoro con el tratamiento T₁₇ a condiciones de precalentamiento de las semillas 90°C y 24 rpm de la prensa, obteniendo un rendimiento del 26.66% en aceite crudo filtrado.

6.2. Recomendaciones

- Realizar análisis estadístico comparativo de los análisis proximales entre los ecotipos Totorillayco y Yoro para determinar su significancia o no de los valores.
- Realizar estudios de mejoramiento genético entre los ecotipos de Totorillayco y Yoro por ser los de mejor comportamiento en campo los cuales conllevaran a obtener mejores resultados productivos en el manejo post cosecha logrando como resultado mayor contenido en aceite y mejor calidad de la misma con buenas características fisicoquímicas.
- Establecer meses de poda en las parcelas de los ecotipos de piñón blanco para no verse afectada por la falta de frutos al momento de realizar las evaluaciones de rendimiento de los ecotipos en estudio.
- Realizar un mantenimiento continuo de la prensa, ya que se observó su deterioro, el cual conlleva a oxidarse, el cual influye en los análisis que se realicen, así también se podrá obtener una mejor eficiencia de la prensa y mayor rendimiento en las muestras.
- Implementar el laboratorio de Post cosecha y Agroindustria de la institución para continuar con las investigaciones y poder realizar en un solo ambiente todos los procesos sin exponer a deterioro las muestras al ser trasladadas a otra zona.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, nº 934.06, Arlington, VA,
2. AOCS (1995). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. 4th ed. Champaign, USA.
3. ACHTEN, W., VERCHOT, L., FRANKEN, Y., MATHIJS, E., SINGH, V., AERTS, R., & MUYS, B. (2008). *Jatropha* biodiesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32, 1063 – 1084.
4. BIOTEL (2010). Técnicas de Combustibles Ecológicos.
5. CALZADA BENZA, J. (1970): Métodos estadísticos para la investigación, 3ra.ed., Lima (Perú), Jurídica S.A.
6. CASTILLO, L.S. (2006). Transformación de Biodiesel, Laboratorio Energías Renovables – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
7. DE LA VEGA LOZANO, J.A. (2006). *Jatropha Curcas L.* Agro-Energía Disponible en: <http://www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>
8. DEL AGUILA N., MENDOCILLA A. Y VAZQUEZ V, (2011) Evaluación por el método de superficie de respuesta del efecto de la temperatura y tiempo de transesterificación en el rendimiento y poder calorífico del biodiesel obtenido a partir del aceite de piñón (*Jatropha curcas*). Trujillo. Perú.
9. DEHGAN, B and G.L. WEBSTER. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). University of California Publications in Botany, Vol. 74.
10. DE LUCIA, M. y ASSENNATO, D., (1993). La ingeniería en el desarrollo - manejo y tratamiento de granos poscosecha, FAO, Viale delle Terme di Caracalla 00100 Roma, Italia 1993.
11. ECHEVERRIA (Instituto de Innovación Agraria - INIA), (2008). Manejo del cultivo de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*) en la región San Martín.
12. ECHEVERRIA T.R., RENGIFO G. L. Y VALLES R. A. K., (2013) Manual de producción de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*). Primera Edición, Lima. Perú.

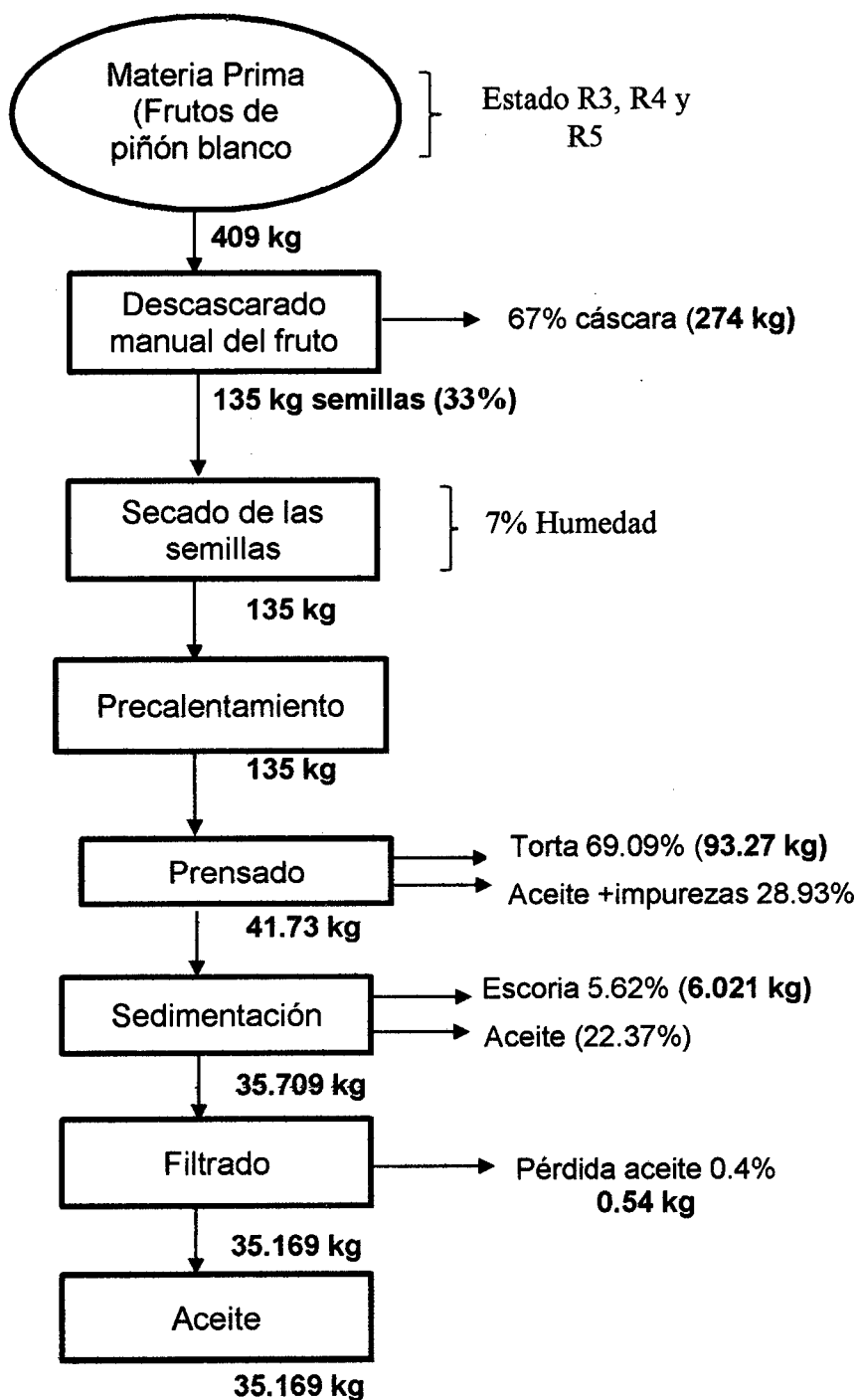
13. ECHEVERRIA T.R., (2014) Ecotipos de Piñón Blanco. Primera Edición, Moyobamba- Perú.
14. GARAY M. R., HIDALGO E. ALEGRÍA J.A. Y MENDIETA T.O., (2011) Determinación de Periodos Fisiológicos en la Maduración y Calidad del Aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.). San Martín – Perú.
15. GARAY M. R., MENDOZA E. A., ALEGRIA S. J., FASANANDO A. J., HIDALGO M. E. (s/a) Producción y parámetros de calidad del biodiesel elaborado a partir de aceite de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.). INIA “El Porvenir” Región San Martín – Perú.
16. KUMAR, A & SHARMA, S. (2006). An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review Industrial Crop and Products 1 (28), 1-10.
17. MAKKAR HPS, 2010. Protein concentrate from *Jatropha curcas* screw-pressed seed cake and toxic and antinutritional factors in protein concentrate. J. Sci. Food Agr. 88: 1542-1548.
18. MARTINEZ H. J., MARTINEZ A. A.L., Y DAVILA O. G (s/a) EL PIÑÓN MEXICANO (*Jatropha curcas* L.) FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE. México, D.F.
19. MEJIA, F. 2006. Cultivo de *Jatropha curcas* y construcción de una planta de biodiesel en San Esteban, Honduras, [On Line].
http://www.sica.int/búsqueda/búsqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_57_1_22062006.pdf
20. MUÑOZ, M., 2009. “Caracterización Morfométrica de cuatro ecotipos de piñon (*Jatropha curcas*), asociado con teca (*Tectona grandis*)”
21. OCAMPO, 2010. Eco-toxicidad y consumo energético de la producción de bioplaguicidas de *Jatropha curcas*.
Disponible en: http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2010/T2970.pdf
22. ORIHUELA P. P. (2009). Monitoreo e Identificación de Plagas y Controladores Biológicos en Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.), primera edición pág. 3-25.
23. OSORIO, F. (1977), “Manejo de Post cosecha de piñón blanco”, Laboratorio de Energías Renovables – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
Disponible en:
http://www.observatorioalimentario.org/metodos_oficiales/aceites/aceites.pdf

24. PROAÑO, B. E. O (2014). Obtención y uso del aceite de Piñón (*Jatropha Curcas*) para elaboración de biodiesel. Quito.
25. QUIMBAYO, P. (2010). El uso actual del cultivo de la *jatropha curcas l.* en sistema agroforestal y silvopastoriles y su potencial para contribuir al desarrollo social y económico de un cultivo en expansión mundial. Corpoica- Colombia.
Disponible en:
<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/documento/jatrophacontrataciones/MONOGR AFA.pdf>
26. SALAS, J.; TELLO, A.; ZAVALA, L.; VILLEGAS, M; SLAS, I, FERNANDEZ, A. Y VAISBERG. 1994. Cicarization affect of *Jatropha curcas* (Angiospermae, Euphorbiaceae) látex on albino mice. Rev. Biol. Tropical 42:323-326.
27. SCHMOOK, B.; SANCHEZ, S. (2005). Uso y potencial de la *Jatropha curcas* L. en la Península de Yucatán, México.
28. TORAL, C.; IGLESIAS, J.M.; MONTES DE OCA; SOTOLONGO, J.A.; GARCÍA, y TORSTI, M. (2008). *Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba.
Disponible en: <http://payfo.ihatuey.cu/Revista/v31n3/pdf/pyf01308.pdf>
29. TORRES, C. (2007). *Jatropha curcas*. Plantines Empresa de Cultivos Energéticos SRL & Cooperativa El Rosario Ltda.
Disponible: en:
http://www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_FichaTecnica.pdf
30. VARGAS, V. (2014). Efectos de la concentración y el tipo de Biorreguladores en la calidad del aceite de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) para la producción de biodiesel en la Región San Martín.

VIII. ANEXOS

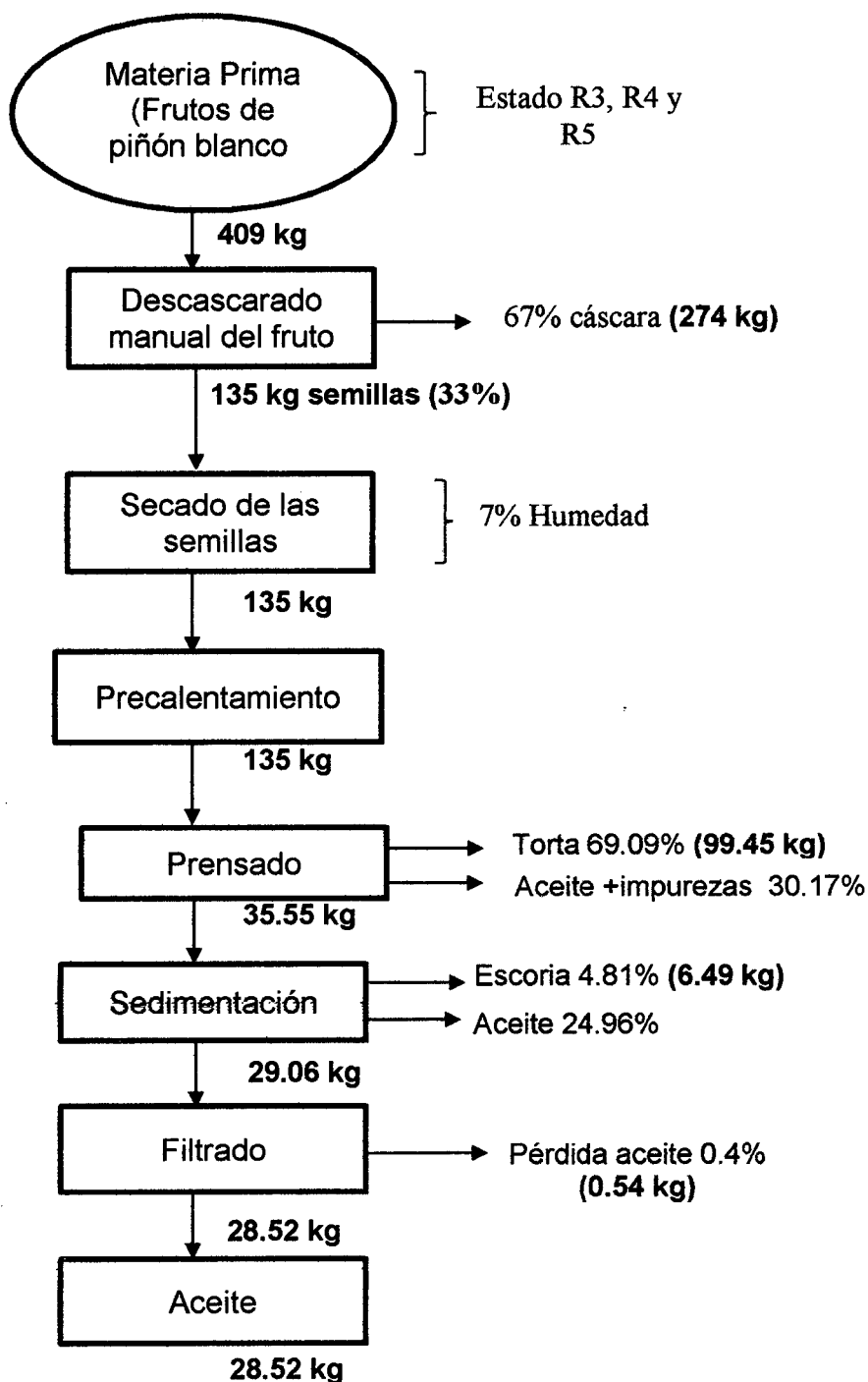
Anexo 01. Balance de masa para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco ecotipo Yoro.

En el siguiente diagrama se muestra el balance de masa para el proceso de extracción de aceite de las semillas de piñón blanco del ecotipo Yoro. Se tomó como referencia el resultado promedio de los 9 tratamientos realizados.



Anexo 02. Balance de masa para la obtención de aceite de las semillas de piñón blanco ecotipo Totorillayco.

En el siguiente diagrama se muestra el balance de masa para el proceso de la extracción de aceite de las semillas de piñón blanco del ecotipo Totorillayco. Se tomó como referencia el resultado promedio de los 9 tratamientos realizados.



Datos registrados de los análisis proximales de las semillas de piñón blanco.

➤ **Determinación de Humedad**

Cuadro N° 14. Análisis de humedad de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

REP.	P. placa + muestra i	Peso muestra	P. placa + muestra f	%Humedad	Solidos Totales
1	37.8803	5.0895	37.6627	4.27	95.72
2	42.0241	5.035	41.8206	4.04	95.95
3	38.974	5.054	38.7581	4.27	95.72
			Promedio	4.19	95.80

Cuadro N° 15. Análisis de humedad de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

REP.	P. placa + muestra i	P. muestra	P. placa + muestra f	%Humedad	Solidos Totales
1	36.2853	5.0397	36.0857	3.96	96.03
2	38.6153	5.0914	38.4176	3.88	96.11
3	37.9005	5.082	37.702	3.90	96.09
			Promedio	3.91	96.08

➤ **Determinación de Lípidos**

Cuadro N° 16. Análisis de grasa de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

REP.	P. balón vacío	Peso muestra	P. balón + muestra	%Grasa
1	107.146	5.0082	108.6986	31.00
2	105.9451	5.0116	107.4119	29.26
3	107.1304	5.0162	108.8677	34.63
			Promedio	31.63

Cuadro N° 17. Análisis de grasa de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

REP.	P. balón vacío	Peso muestra	P. balón + muestra	%Grasa
1	105.9314	5.1524	107.4585	29.63
2	107.1528	5.094	108.891	34.12
3	105.9425	5.1388	107.6609	33.43
			Promedio	32.40

➤ **Determinación de Cenizas Totales**

Cuadro N° 18. Análisis de cenizas totales de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

REP.	P. crisol vacío	Peso muestra	P. crisol + muestra	%C.T
1	20.3239	2.0374	20.414	4.42
2	21.4994	2.0162	21.5878	4.38
3	21.8026	2.0197	21.8936	4.50
			Promedio	4.43

Cuadro N° 19. Análisis de cenizas totales de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

REP.	P. crisol vacío	Peso muestra	P. crisol + muestra	%C.T
1	21.802	2.0273	21.8827	3.98
2	20.3254	2.0023	20.4055	4.00
3	21.5005	2.0021	21.5819	4.06
			Promedio	4.015

➤ **Determinación de Fibra Bruta**

Cuadro N° 20. Análisis de Fibra bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

REP.	Peso muestra	P. papel filtro	P. papel f. + muestra	P. crisol vacío	P. crisol+Pf con muestra	Muestra Digerida	Ceniza	% Fibra Bruta
1	2.0717	0.8129	1.5152	22.7276	22.7726	0.7023	0.045	31.72
2	2.0024	0.8345	1.5196	21.5021	21.5567	0.6851	0.0546	31.48
3	2.0905	1.0431	1.7155	15.8222	15.8734	0.6724	0.0512	29.71
							Promedio	30.97

Cuadro N° 21. Análisis de Fibra bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

REP.	Peso muestra	P. papel filtro	P. papel f. + muestra	P. crisol vacío	P. crisol+Pf con muestra	Muestra Digerida	Ceniza	% Fibra Bruta
1	2.0282	0.795	1.4695	22.0326	22.0733	0.6745	0.0407	31.24
2	2.0006	0.7878	1.4207	20.3275	20.3758	0.6329	0.0483	29.22
3	2.0205	0.8181	1.4641	21.8048	21.8487	0.646	0.0439	29.79
							Promedio	30.09

➤ **Determinación de Proteína Bruta**

Cuadro N° 22. Análisis de Proteína bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

REP.	Peso muestra	Gasto HCL	N. Hcl	Mili equivalente	%Nitrógeno	%Proteína	
1	0.1004	17.3	0.02	0.014	4.82	30.15	
2	0.1001	14.9	0.02	0.014	4.16	26.04	
3	0.1016	15.8	0.02	0.014	4.35	27.21	
					Promedio	4.44	27.80

Cuadro N° 23. Análisis de Proteína bruta de las semillas molidas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

REP.	Peso muestra	Gasto HCL	N. HCl	Mili equivalente	%Nitrógeno	%Proteína
1	0.1079	16.5	0.02	0.014	4.28	26.76
2	0.1052	16.8	0.02	0.014	4.47	27.94
3	0.1079	15.5	0.02	0.014	4.02	25.13
Promedio					4.25	26.61

➤ **Interacción de los tratamientos en estudio**

Cuadro N° 24. Interacción de las variables independientes en estudios

a ₁									a ₂								
b ₁			b ₂			b ₃			b ₁			b ₂			b ₃		
C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃

T₁: a₁ b₁ c₁

T₂: a₁ b₁ c₂

T₃: a₁ b₁ c₃

T₄: a₁ b₂ c₁

T₅: a₁ b₂ c₂

T₆: a₁ b₂ c₃

T₇: a₁ b₃ c₁

T₈: a₁ b₃ c₂

T₉: a₁ b₃ c₃

T₁₀: a₂ b₁ c₁

T₁₁: a₂ b₁ c₂

T₁₂: a₂ b₁ c₃

T₁₃: a₂ b₂ c₁

T₁₄: a₂ b₂ c₂

T₁₅: a₂ b₂ c₃

T₁₆: a₂ b₃ c₁

T₁₇: a₂ b₃ c₂

T₁₈: a₂ b₃ c₃

➤ **Evaluación del rendimiento de aceite de piñón blanco por tratamiento**

Cuadro N° 25. Rendimiento de aceite de las semillas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

Ecotipo Totorillayco				
Tratamiento	Repeticiones			Rendimiento promediado (%)
	1	2	3	
T1: a1 b1 c1	21.52	21.20	21.68	21.47
T2: a1 b1 c2	22.72	22.36	23.32	22.80
T3: a1 b1 c3	21.56	21.12	20.8	21.16
T4: a1 b2 c1	22.4	21.72	20.96	21.69
T5: a1 b2 c2	24.84	24.60	22.04	23.83
T6: a1 b2 c3	21.28	21.12	21.36	21.25
T7: a1 b3 c1	23.24	24.08	24.28	23.87
T8: a1 b3 c2	23.76	24.00	23.80	23.85
T9: a1 b3 c3	20.52	23.80	20.00	21.44

Cuadro N° 26. Rendimiento de aceite de las semillas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

Ecotipo Yoro				
Tratamiento	Repeticiones			Rendimiento promediado (%)
	1	2	3	
T10: a2 b1 c1	24.08	25.24	25.24	24.85
T11: a2 b1 c2	25.68	25.08	25.88	25.55
T12: a2 b1 c3	21.44	22.52	21.88	21.95
T13: a2 b2 c1	24.92	25.16	25.52	25.20
T14: a2 b2 c2	25.84	25.96	25.84	25.88
T15: a2 b2 c3	21.68	25.48	23.04	23.40
T16: a2 b3 c1	25.48	25.08	25.20	25.25
T17: a2 b3 c2	26.00	27.00	26.98	26.66
T18: a2 b3 c2	27.6	25.32	25.08	26.00

➤ **Rendimiento de los sub productos de las semillas de piñón blanco**

Cuadro N° 27. Rendimiento en sub productos de las semillas de piñón blanco, ecotipo Totorillayco.

VELOCIDAD DE GIRO 20RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Sub-productos (%)			
Aceite	21.46	21.69	23.86
Aceite recuperado	1.17	1.37	0.84
Escoria	4.12	3.70	3.98
Torta	70.21	69.40	66.37
VELOCIDAD DE GIRO 24 RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Sub-productos (%)			
Aceite	22.8	23.82	23.85
Aceite recuperado	1.02	1.07	1.16
Escoria	4.03	3.80	3.77
Torta	68.85	71.69	66.41
VELOCIDAD DE GIRO 28 RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Sub-productos (%)			
Aceite	21.16	21.25	21.44
Aceite recuperado	1.013	1.25	1.53
Escoria	5.68	5.24	5.86
Torta	71.69	71.72	70.32

Cuadro N° 28. Rendimiento en sub productos de las semillas de piñón blanco, ecotipo Yoro.

VELOCIDAD DE GIRO 20RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Sub-productos (%)			
Aceite	21.69	23.86	24.84
Aceite recuperado	1.37	0.84	0.84
Escoria	3.70	3.98	3.32
Torta	69.40	66.37	66.89
VELOCIDAD DE GIRO 24 RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Sub-productos (%)			
Aceite	23.82	23.85	25.54
Aceite recuperado	1.07	1.16	1.35
Escoria	3.8	3.77	4.61
Torta	66.90	71.72	65.74
VELOCIDAD DE GIRO 28 RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Sub-productos (%)			
Aceite	21.25	21.44	21.94
Aceite recuperado	1.25	1.53	1.94
Escoria	5.24	5.86	7.09
Torta	71.72	70.32	68.05

Evaluación de los análisis fisicoquímicos del aceite de piñón blanco de los ecotipos por tratamientos.

➤ **Índice de Acidez**

Cuadro N° 29. Determinación del índice de acidez por tratamientos.

Tratamientos	Muestra	Peso(g)	Gasto KOH ml	N	PM KOH	I.A(mgKOH/g muestra)	Promedio
T1: a1 b1 c1	1	5.0225	0.4	0.1	56.1	0.44	0.37
	2	5.018	0.3	0.1	56.1	0.33	
	3	5.0194	0.3	0.1	56.1	0.33	
T2: a1 b1 c2	1	5.1159	1.8	0.1	56.1	1.97	1.86
	2	5.1432	1.7	0.1	56.1	1.85	
	3	5.0951	1.6	0.1	56.1	1.76	
T3: a1 b1 c3	1	5.0301	0.7	0.1	56.1	0.78	0.79
	2	5.1553	0.7	0.1	56.1	0.76	
	3	5.2625	0.8	0.1	56.1	0.85	
T4: a1 b2 c1	1	5.0332	0.6	0.1	56.1	0.66	0.69
	2	5.0996	0.6	0.1	56.1	0.66	
	3	5.1178	0.7	0.1	56.1	0.76	
T5: a1 b2 c2	1	5.0525	2	0.1	56.1	2.22	2.16
	2	5.0573	2.2	0.1	56.1	2.44	
	3	5.1695	1.7	0.1	56.1	1.84	
T6: a1 b2 c3	1	5.0301	0.8	0.1	56.1	0.89	0.96
	2	5.0144	1	0.1	56.1	1.11	
	3	5.0328	0.8	0.1	56.1	0.89	
T7: a1 b3 c1	1	5.1103	1.2	0.1	56.1	1.31	1.41
	2	5.1885	1.2	0.1	56.1	1.29	
	3	5.1303	1.5	0.1	56.1	1.64	
T8: a1 b3 c2	1	5.1735	2.1	0.1	56.1	2.27	2.51
	2	5.1978	2.3	0.1	56.1	2.48	
	3	5.0402	2.5	0.1	56.1	2.78	
T9: a1 b3 c3	1	5.0301	0.7	0.1	56.1	0.78	0.79
	2	5.1553	0.7	0.1	56.1	0.76	
	3	5.2625	0.8	0.1	56.1	0.85	
T10: a2 b1 c1	1	5.0624	1	0.1	56.1	1.10	0.92
	2	5.1228	0.8	0.1	56.1	0.87	
	3	5.0409	0.7	0.1	56.1	0.77	
T11: a2 b1 c2	1	5.0442	1.2	0.1	56.1	1.33	1.18
	2	5.0881	0.9	0.1	56.1	0.99	
	3	5.0321	1.1	0.1	56.1	1.22	

T12: a2 b1 c3	1	5.0181	0.5	0.1	56.1	0.55	0.74
	2	5.0009	1	0.1	56.1	1.12	
	3	5.013	0.5	0.1	56.1	0.55	
T13: a2 b2 c1	1	5.046	1.2	0.1	56.1	1.33	1.35
	2	5.1326	1.2	0.1	56.1	1.31	
	3	5.1771	1.3	0.1	56.1	1.40	
T14: a2 b2 c2	1	5.0856	1.3	0.1	56.1	1.43	1.54
	2	5.0458	1.4	0.1	56.1	1.55	
	3	5.1146	1.5	0.1	56.1	1.64	
T15: a2 b2 c3	1	5.2589	0.6	0.1	56.1	0.64	0.80
	2	5.0295	0.8	0.1	56.1	0.89	
	3	5.0241	0.8	0.1	56.1	0.89	
T16: a2 b3 c1	1	5.0666	1.4	0.1	56.1	1.55	1.88
	2	5.0459	1.9	0.1	56.1	2.11	
	3	5.0564	1.8	0.1	56.1	1.99	
T17: a2 b3 c2	1	5.0311	1.9	0.1	56.1	2.11	2.00
	2	5.0814	1.8	0.1	56.1	1.98	
	3	5.0113	1.7	0.1	56.1	1.90	
T18: a2 b3 c3	1	5.0288	0.8	0.1	56.1	0.89	1.20
	2	5.0287	1.2	0.1	56.1	1.33	
	3	5.2826	1.3	0.1	56.1	1.38	

➤ Índice de Yodo

Cuadro N° 30. Determinación del índice de yodo por tratamientos.

Tratamiento	Muestra	Peso (g)	Gasto muestra ml	Gasto en Blanco ml	N. Tiosulfato	Miliequiv	I.Y(g Yodo/g muestra)	Promedio
T1: a1 b1 c1	1	0.3212	15.1	39.5	0.1	12.69	96.39	97.85
	2	0.3102	15.8		0.1	12.69	96.95	
	3	0.3128	14.8		0.1	12.69	100.20	
T2: a1 b1 c2	1	0.3286	15.3	39.5	0.1	12.69	93.45	95.47
	2	0.3006	15.8		0.1	12.69	100.05	
	3	0.3483	14.0		0.1	12.69	92.90	
T3: a1 b1 c3	1	0.3345	14.3	39.5	0.1	12.69	95.60	97.07
	2	0.3365	14.0		0.1	12.69	96.16	
	3	0.3317	13.5		0.1	12.69	99.46	
T4: a1 b2 c1	1	0.3096	14.8	39.5	0.1	12.69	101.24	101.13
	2	0.3245	13.6		0.1	12.69	101.28	
	3	0.3057	15.2		0.1	12.69	100.87	

T5: a1 b2 c2	1	0.3498	13.9		0.1	12.69	92.87	98.94
	2	0.3233	13.6	39.5	0.1	12.69	101.66	
	3	0.3349	12.5		0.1	12.69	102.30	
T6: a1 b2 c3	1	0.365	11.5		0.1	12.69	97.34	101.97
	2	0.3433	11.5	39.5	0.1	12.69	103.50	
	3	0.3321	12.0		0.1	12.69	105.08	
T7: a1 b3 c1	1	0.3335	12.4		0.1	12.69	103.11	105.15
	2	0.3003	14.3	39.5	0.1	12.69	106.48	
	3	0.3057	14.0		0.1	12.69	105.85	
T8: a1 b3 c2	1	0.3218	13.2		0.1	12.69	103.71	100.81
	2	0.3148	14.0	39.5	0.1	12.69	102.79	
	3	0.3307	14.5		0.1	12.69	95.93	
T9: a1 b3 c3	1	0.3525	7.90		0.1	12.69	113.76	113.16
	2	0.3003	12.7	39.5	0.1	12.69	113.25	
	3	0.3215	11.0		0.1	12.69	112.49	
T10: a2 b1 c1	1	0.3006	16.0		0.1	12.69	99.20	95.64
	2	0.3047	16.0	39.5	0.1	12.69	97.87	
	3	0.346	15.0		0.1	12.69	89.85	
T11: a2 b1 c2	1	0.3527	13.0		0.1	12.69	95.34	98.86
	2	0.3174	14.6	39.5	0.1	12.69	99.55	
	3	0.3182	14.0		0.1	12.69	101.69	
T12: a2 b1 c3	1	0.3261	14.0		0.1	12.69	99.23	98.06
	2	0.3325	14.8	39.5	0.1	12.69	94.26	
	3	0.3088	15.0		0.1	12.69	100.68	
T13: a2 b2 c1	1	0.313	14.7		0.1	12.69	100.54	99.93
	2	0.3544	12.2	39.5	0.1	12.69	97.75	
	3	0.3401	12.3		0.1	12.69	101.49	
T14: a2 b2 c2	1	0.3102	15.7		0.1	12.69	97.36	97.72
	2	0.3055	15.6	39.5	0.1	12.69	99.27	
	3	0.3641	11.8		0.1	12.69	96.54	
T15: a2 b2 c3	1	0.3009	14.5		0.1	12.69	105.43	108.74
	2	0.3384	10.2	39.5	0.1	12.69	109.87	
	3	0.31	12.4		0.1	12.69	110.93	
T16: a2 b3 c1	1	0.3167	15.0		0.1	12.69	98.17	100.01
	2	0.3491	11.8	39.5	0.1	12.69	100.69	
	3	0.3537	11.3		0.1	12.69	101.17	
T17: a2 b3 c2	1	0.3086	13.0		0.1	12.69	108.97	99.91
	2	0.3164	15.0	39.5	0.1	12.69	98.26	
	3	0.3429	14.5		0.1	12.69	92.51	
T18: a2 b3 c3	1	0.3265	12.9		0.1	12.69	103.38	101.01
	2	0.3012	16.3	39.5	0.1	12.69	97.74	
	3	0.325	13.4		0.1	12.69	101.91	

➤ Índice de Peróxido

Cuadro N° 31. Determinación del índice de peróxido por tratamientos.

Tratamientos	Muestra	Peso (g)	Gasto muestra ml	Gasto en Blanco ml	N. Tiosulfato	I.P(g Yodo/100g muestra)	Promedio
T1: a1 b1 c1	1	5.0387	7.8	1.5	0.002	2.50	2.59
	2	5.0166	8.2		0.002	2.67	
	3	5.0232	8.1		0.002	2.62	
T2: a1 b1 c2	1	5.0392	28	1.5	0.002	10.51	9.05
	2	5.0526	23.1		0.002	8.55	
	3	5.0175	21.8		0.002	8.09	
T3: a1 b1 c3	1	5.1752	17	1.5	0.002	5.99	5.10
	2	5.2983	15		0.002	5.09	
	3	5.7265	13.6		0.002	4.22	
T4: a1 b2 c1	1	5.0275	8.9	1.5	0.002	2.94	3.94
	2	5.0407	15.9		0.002	5.71	
	3	5.0292	9.5		0.002	3.18	
T5: a1 b2 c2	1	5.0065	29.8	1.5	0.002	11.30	9.33
	2	5.0064	20.9		0.002	7.75	
	3	5.1619	24.6		0.002	8.95	
T6: a1 b2 c3	1	5.052	13.5	1.5	0.002	4.75	6.02
	2	5.1435	17.0		0.002	6.02	
	3	5.0778	20.0		0.002	7.28	
T7: a1 b3 c1	1	5.0183	17.8	1.5	0.002	6.49	4.53
	2	5.0191	10.8		0.002	3.70	
	3	5.0415	10.1		0.002	3.41	
T8: a1 b3 c2	1	5.006	27.5	1.5	0.002	10.38	10.23
	2	5.0285	29.3		0.002	11.05	
	3	5.0698	25.0		0.002	9.27	
T9: a1 b3 c3	1	5.0045	21.0	1.5	0.002	7.79	7.23
	2	5.202	17.2		0.002	6.03	
	3	5.453	23.0		0.002	7.88	
T10: a2 b1 c1	1	5.0386	7.3	1.5	0.002	2.30	2.03
	2	5.0213	6.7		0.002	2.07	
	3	5.0014	5.8		0.002	1.71	
T11: a2 b1 c2	1	5.0059	10.0	1.5	0.002	3.39	4.44
	2	5.1449	16.2		0.002	5.71	
	3	5.005	12.1		0.002	4.23	
T12: a2 b1 c3	1	5.1512	15.0	1.5	0.002	5.24	5.59
	2	5.3005	18.0		0.002	6.22	
	3	5.0045	14.8		0.002	5.31	

T13: a2 b2 c1	1	5.0384	11.3		0.002	3.89	2.74
	2	5.0128	7.5	1.5	0.002	2.39	
	3	5.1602	6.5		0.002	1.93	
T14: a2 b2 c2	1	5.0226	20.7		0.002	7.64	6.431
	2	5.0183	16.1	1.5	0.002	5.81	
	3	5.0229	16.2		0.002	5.85	
T15: a2 b2 c3	1	5.1211	13.8		0.002	4.80	5.47
	2	5.145	15.5	1.5	0.002	5.441	
	3	5.304	17.9		0.002	6.18	
T16: a2 b3 c1	1	5.0636	11.6		0.002	3.98	3.66
	2	5.122	10.7	1.5	0.002	3.59	
	3	5.0192	10.1		0.002	3.42	
T17: a2 b3 c2	1	5.009	29.5		0.002	11.17	9.80
	2	5.0154	25.0	1.5	0.002	9.37	
	3	5.0095	23.7		0.002	8.86	
T18: a2 b3 c3	1	5.3431	20.0		0.002	6.92	7.34
	2	5.1101	22.0	1.5	0.002	8.02	
	3	5.0005	19.2		0.002	7.07	

➤ Índice de Saponificación

Cuadro N° 32. Determinación del índice de Saponificación por tratamientos.

Tratamientos	Muestra	Peso (g)	Gasto muestra ml	Gasto en Blanco ml	N. HCL	PM KOH	I.S(g Yodo/g muestra)	Promedio
T1: a1 b1 c1	1	2.2563	4.6	20	0.5	56.1	191.45	188.72
	2	2.2703	4.9		0.5	56.1	186.56	
	3	2.2659	4.8		0.5	56.1	188.16	
T2: a1 b1 c2	1	2.0058	6.6	20	0.5	56.1	187.39	189.76
	2	2.0856	6		0.5	56.1	188.29	
	3	2.0428	5.9		0.5	56.1	193.60	
T3: a1 b1 c3	1	2.0528	6.4	20	0.5	56.1	185.83	187.91
	2	2.0033	6.2		0.5	56.1	193.22	
	3	2.0047	6.8		0.5	56.1	184.69	
T4: a1 b2 c1	1	2.0689	5.9	20	0.5	56.1	191.16	192.19
	2	2.1638	5.1		0.5	56.1	193.15	
	3	2.1738	5.1		0.5	56.1	192.26	
T5: a1 b2 c2	1	2.0092	6.1	20	0.5	56.1	194.05	192.32
	2	2.0922	5.8		0.5	56.1	190.37	
	3	2.0542	5.9		0.5	56.1	192.53	

T6: a1 b2 c3	1	2.0039	6.0		0.5	56.1	195.96	193.96
	2	2.022	5.6	20	0.5	56.1	199.76	
	3	2.004	6.7		0.5	56.1	186.16	
T7: a1 b3 c1	1	2.0649	5.6		0.5	56.1	195.61	194.37
	2	2.059	5.9	20	0.5	56.1	192.08	
	3	2.0525	5.7		0.5	56.1	195.42	
T8: a1 b3 c2	1	2.0581	5.7		0.5	56.1	194.89	195.28
	2	2.0406	5.8	20	0.5	56.1	195.19	
	3	2.0491	5.7		0.5	56.1	195.75	
T9: a1 b3 c3	1	2.0855	5.0		0.5	56.1	201.75	196.57
	2	2.2205	4.5	20	0.5	56.1	195.80	
	3	2.102	5.6		0.5	56.1	192.15	
T10: a2 b1 c1	1	2.026	6.0		0.5	56.1	193.83	187.92
	2	2.0191	6.6	20	0.5	56.1	186.15	
	3	2.0451	6.6		0.5	56.1	183.79	
T11: a2 b1 c2	1	2.0146	6.8		0.5	56.1	183.78	188.69
	2	2.0644	6.6	20	0.5	56.1	182.07	
	3	2.0174	5.6		0.5	56.1	200.21	
T12: a2 b1 c3	1	2.044	6.3		0.5	56.1	188.00	184.17
	2	2.2011	6.5	20	0.5	56.1	172.03	
	3	2.084	5.7		0.5	56.1	192.47	
T13: a2 b2 c1	1	2.1696	5.0		0.5	56.1	193.92	195.81
	2	2.1401	4.8	20	0.5	56.1	199.22	
	3	2.1512	5.1		0.5	56.1	194.28	
T14: a2 b2 c2	1	2.0786	5.5		0.5	56.1	195.67	196.89
	2	2.0364	5.8	20	0.5	56.1	195.59	
	3	2.0113	5.7		0.5	56.1	199.43	
T15: a2 b2 c3	1	2.0015	5.6		0.5	56.1	201.80	196.61
	2	2.0145	5.9	20	0.5	56.1	196.32	
	3	2.0044	6.3		0.5	56.1	191.72	
T16: a2 b3 c1	1	2.0226	5.9		0.5	56.1	195.54	197.04
	2	2.005	6.3	20	0.5	56.1	191.66	
	3	2.022	5.3		0.5	56.1	203.92	
T17: a2 b3 c2	1	2.0413	5.6		0.5	56.1	197.87	198.27
	2	2.0015	6.1	20	0.5	56.1	194.80	
	3	2.0121	5.5		0.5	56.1	202.13	
T18: a2 b3 c3	1	2.054	5.5		0.5	56.1	198.01	199.77
	2	2.0004	6.3	20	0.5	56.1	192.10	
	3	2.0112	5.0		0.5	56.1	209.20	

➤ Densidad

Cuadro N° 33. Densidad por tratamientos.

TRATAMIENTOS	REPET.	PICNOM.	PIC+AGUA	T° AGUA	PIC+ACEITE	DENS. AGUA	DEN. ACEITE	DEN. CORR.	DEN. CORR.	DEN. PROM
		P	P'	T	P''	A T°C.	D''	D'	D	Dprom (g/cm ³)
T1: a1 b1 c1	1	16.42	26.85	26.20	26.12	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.97	27.54	26.20	26.76	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.35	27.09	26.20	26.30	0.99	0.92	0.92	0.93	
T2: a1 b1 c2	1	16.09	26.64	26.20	25.81	0.99	0.91	0.91	0.92	0.92
	2	16.50	27.26	26.20	26.44	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	17.02	27.43	26.20	26.62	0.99	0.92	0.92	0.92	
T3: a1 b1 c3	1	16.46	27.25	26.20	26.45	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.55	27.31	26.20	26.51	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.09	26.63	26.20	25.81	0.99	0.92	0.92	0.92	
T4: a1 b2 c1	1	16.80	27.71	26.20	26.85	0.99	0.92	0.92	0.92	0.93
	2	16.99	26.98	26.20	26.24	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	17.02	27.43	26.20	26.63	0.99	0.92	0.92	0.93	
T5: a1 b2 c2	1	16.46	27.25	26.20	26.42	0.99	0.92	0.92	0.92	0.92
	2	16.43	26.86	26.20	26.04	0.99	0.92	0.92	0.92	
	3	16.98	27.56	26.20	26.74	0.99	0.92	0.92	0.92	
T6: a1 b2 c3	1	17.02	27.42	26.20	26.63	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.97	27.58	26.20	26.79	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.13	26.63	26.20	25.82	0.99	0.92	0.92	0.92	
T7: a1 b3 c1	1	17.03	27.43	26.20	26.65	0.99	0.92	0.92	0.93	0.921
	2	16.48	27.29	26.20	26.46	0.99	0.92	0.92	0.92	
	3	16.36	27.09	26.20	26.26	0.99	0.92	0.92	0.92	
T8: a1 b3 c2	1	16.09	26.63	26.20	25.82	0.99	0.92	0.92	0.92	0.92
	2	17.02	27.42	26.20	26.62	0.99	0.92	0.92	0.92	
	3	16.27	27.24	26.20	26.38	0.99	0.91	0.91	0.92	

T9: a1 b3 c3	1	16.98	27.56	26.20	26.73	0.99	0.92	0.92	0.92	0.93
	2	16.09	26.63	26.20	25.85	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.55	27.30	26.20	26.51	0.99	0.92	0.92	0.93	
T10: a2 b1 c1	1	16.09	26.64	26.20	25.84	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.55	27.34	26.20	26.55	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.46	27.25	26.20	26.46	0.99	0.92	0.92	0.93	
T11: a2 b1 c2	1	16.97	27.56	26.20	26.78	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.23	26.63	26.20	25.86	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	17.02	27.43	26.20	26.65	0.99	0.92	0.92	0.93	
T12: a2 b1 c3	1	16.97	27.56	26.20	26.81	0.99	0.92	0.92	0.93	0.935006
	2	16.46	27.25	26.20	26.49	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.42	26.85	26.20	26.10	0.99	0.92	0.92	0.93	
T13: a2 b2 c1	1	16.08	26.64	26.20	25.86	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.55	27.31	26.20	26.50	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.46	27.25	26.20	26.48	0.99	0.92	0.92	0.93	
T14: a2 b2 c2	1	17.02	27.43	26.20	26.62	0.99	0.92	0.92	0.92	0.93
	2	16.97	27.56	26.20	26.78	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.23	26.63	26.20	25.85	0.99	0.92	0.92	0.93	
T15: a2 b2 c3	1	16.35	27.09	26.20	26.32	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.09	26.64	26.20	25.81	0.99	0.91	0.91	0.92	
	3	17.03	27.43	26.20	26.66	0.99	0.92	0.92	0.93	
T16: a2 b3 c1	1	17.02	27.42	26.20	26.66	0.99	0.92	0.92	0.93	0.93
	2	16.90	27.55	26.20	26.76	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.23	26.63	26.20	25.88	0.99	0.92	0.92	0.93	
T17: a2 b3 c2	1	16.46	27.29	26.20	26.46	0.99	0.92	0.92	0.92	0.92
	2	16.55	27.22	26.20	26.41	0.99	0.927	0.92	0.93	
	3	16.09	26.68	26.20	25.86	0.99	0.92	0.92	0.92	
T18: a2 b3 c	1	16.46	27.29	26.20	26.46	0.99	0.92	0.92	0.92	0.93
	2	16.55	27.22	26.20	26.41	0.99	0.92	0.92	0.93	
	3	16.09	26.68	26.20	25.86	0.99	0.92	0.92	0.92	

➤ **Viscosidad**

Cuadro N° 34. Viscosidad por tratamientos.

Tratamiento	Muestra	Husillo	Densidad	Lectura Cst	Viscosidad Promedio
T1: a1 b1 c1	1	R3	0.93	56	0.93
	2	R3	0.93	57.4	
	3	R3	0.93	57.7	
T2: a1 b1 c2	1	R3	0.92	56.5	57.96
	2	R3	0.93	58.7	
	3	R3	0.92	58.7	
T3: a1 b1 c3	1	R3	0.93	58.3	57.76
	2	R3	0.93	57.3	
	3	R3	0.92	57.7	
T4: a1 b2 c1	1	R3	0.92	57.7	53.76
	2	R3	0.93	49.7	
	3	R3	0.93	53.9	
T5: a1 b2 c2	1	R3	0.92	52.3	51.2
	2	R3	0.92	50.7	
	3	R3	0.92	50.6	
T6: a1 b2 c3	1	R3	0.93	58.6	55.36
	2	R3	0.93	58.9	
	3	R3	0.92	48.6	
T7: a1 b3 c1	1	R3	0.93	46.6	46.93
	2	R3	0.92	46.7	
	3	R3	0.92	47.5	
T8: a1 b3 c2	1	R3	0.92	46.4	47.66
	2	R3	0.92	48	
	3	R3	0.92	48.6	
T9: a1 b3 c3	1	R3	0.92	57.2	53.1
	2	R3	0.93	49.2	
	3	R3	0.93	52.9	
T10: a2 b1 c1	1	R3	0.93	45.6	46.63
	2	R3	0.93	48.2	
	3	R3	0.93	46.1	
T11: a2 b1 c2	1	R3	0.93	48.1	47.56
	2	R3	0.93	45.8	
	3	R3	0.93	48.8	
T12: a2 b1 c3	1	R3	0.93	54.6	51.33
	2	R3	0.93	50.6	
	3	R3	0.93	48.8	

T13: a2 b2 c1	1	R3	0.93	45.4	45.36
	2	R3	0.93	44.5	
	3	R3	0.93	46.2	
T14: a2 b2 c2	1	R3	0.92	47.3	46.53
	2	R3	0.93	45.8	
	3	R3	0.93	46.5	
T15: a2 b2 c3	1	R3	0.93	57.3	54.6
	2	R3	0.92	51.7	
	3	R3	0.93	54.8	
T16: a2 b3 c1	1	R3	0.93	46.5	45.33
	2	R3	0.93	44.5	
	3	R3	0.93	45	
T17: a2 b3 c2	1	R3	0.92	49	45.7
	2	R3	0.93	44.6	
	3	R3	0.92	43.5	
T18: a2 b3 c3	1	R3	0.92	57	52.83
	2	R3	0.93	51.6	
	3	R3	0.92	49.9	

- **Valores promediados de los análisis fisicoquímicos resultantes de los tratamientos.**

Cuadro N° 35. Análisis Fisicoquímico del ecotipo Totorillayco.

VELOCIDAD DE GIRO 20RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Análisis			
Acidez (mgKOH/g muestra)	0.37	0.69	1.41
Yodo (g I/100muestra)	97.85	101.13	105.15
Peróxido (meq KOH/Kg muestra)	2.59	3.94	4.53
Saponificación (mgKOH/g muestra)	188.72	192.19	194.37
Densidad (g/cm ³)	0.93	0.93	0.92
Viscosidad (mm ² /s)	57.03	53.76	55.36
VELOCIDAD DE GIRO 24 RPM			
Análisis			
Acidez (mgKOH/g muestra)	1.86	2.16	2.51
Yodo (g I/100muestra)	95.47	98.947	100.81
Peróxido (meq KOH/Kg muestra)	9.05	9.33	10.23
Saponificación (mgKOH/g muestra)	189.76	192.32	195.28
Densidad (g/cm ³)	0.92	0.92	0.92
Viscosidad (mm ² /s)	57.96	51.2	47.66
VELOCIDAD DE GIRO 28 RPM			
Análisis			
Acidez (mgKOH/g muestra)	0.79	0.96	0.79
Yodo (g I/100muestra)	97.07	101.97	113.16
Peróxido (meq KOH/Kg muestra)	5.10	6.02	7.23
Saponificación (mgKOH/g muestra)	189.76	193.96	196.57
Densidad (g/cm ³)	0.93	0.93	0.93
Viscosidad (mm ² /s)	57.76	55.36	53.1

Cuadro N° 36. Análisis Fisicoquímico del ecotipo Yoro.

VELOCIDAD DE GIRO 20RPM			
TEMPERATURA	50°C	70°C	90°C
Análisis			
Acidez (mgKOH/g muestra)	0.92	1.35	1.88
Yodo (g I/100muestra)	95.64	99.93	100.01
Peróxido (meq KOH/Kg muestra)	2.03	2.74	3.66
Saponificación (mgKOH/g muestra)	187.92	195.81	197.04
Densidad (g/cm ³)	0.93	0.93	0.93
Viscosidad (mm ² /s)	46.63	45.36	45.33
VELOCIDAD DE GIRO 24 RPM			
Análisis			
Acidez (mgKOH/g muestra)	1.184	1.54	2.00
Yodo (g I/100muestra)	98.86	97.72	99.91
Peróxido (meq KOH/Kg muestra)	4.44	6.43	9.80
Saponificación (mgKOH/g muestra)	188.69	196.89	198.27
Densidad (g/cm ³)	0.93	0.93	0.92
Viscosidad (mm ² /s)	47.56	46.53	45.7
VELOCIDAD DE GIRO 28 RPM			
Análisis			
Acidez (mgKOH/g muestra)	0.74	0.80	1.20
Yodo (g I/100muestra)	98.06	108.74	101.013
Peróxido (meq KOH/Kg muestra)	5.59	5.47	7.34
Saponificación (mgKOH/g muestra)	184.17	196.61	199.77
Densidad (g/cm ³)	0.93	0.93	0.93
Viscosidad (mm ² /s)	51.33	54.6	52.83

Análisis estadístico

➤ Rendimiento del aceite de piñón blanco.

Anexo 03. Análisis de varianza del rendimiento del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).

Rendimiento

Variable	N	R ^s	R ^s Aj	CV
Rendimiento	54	0.86	0.79	3.83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	178.22	19	9.38	11.40	<0.0001
Ecotipo	91.00	1	91.00	110.55	<0.0001
Temperatura	22.14	2	11.07	13.45	<0.0001
Velocidad	44.73	2	22.37	27.17	<0.0001
Repeticion	1.93	2	0.96	1.17	0.3222
Ecotipo*Temperatura	0.86	2	0.43	0.52	0.5986
Ecotipo*Velocidad	0.17	2	0.09	0.11	0.8998
Temperatura*Velocidad	2.54	4	0.63	0.77	0.5518
Ecotipo*Temperatura*Veloci..	14.85	4	3.71	4.51	0.0050
Error	27.99	34	0.82		
Total	206.20	53			

Anexo 04. Prueba de Tuckey del rendimiento del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.29087

Error: 0.8231 gl: 34

Ecotipo	Velocidad	Medias	n	E.E.	
a1	c3	21.28	9	0.30	A
a1	c1	22.34	9	0.30	A B
a1	c2	23.49	9	0.30	B C
a2	c3	23.78	9	0.30	C
a2	c1	25.10	9	0.30	D
a2	c2	26.03	9	0.30	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

➤ Índice de acidez del aceite de piñón blanco

Anexo 05. Análisis de varianza del índice de acidez del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).

Acidez

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	54	0.94	0.91	14.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18.10	19	0.95	28.48	<0.0001
Ecotipo	4.3E-04	1	4.3E-04	0.01	0.9099
Temperatura	3.91	2	1.95	58.43	<0.0001
Velocidad	9.78	2	4.89	146.10	<0.0001
Repeticion	0.07	2	0.04	1.12	0.3388
Ecotipo*Temperatura	0.09	2	0.05	1.35	0.2731
Ecotipo*Velocidad	3.06	2	1.53	45.68	<0.0001
Temperatura*Velocidad	0.97	4	0.24	7.23	0.0003
Ecotipo*Temperatura*Veloci..	0.23	4	0.06	1.70	0.1737
Error	1.14	34	0.03		
Total	19.24	53			

Anexo 06. Prueba de Tuckey del índice de acidez del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34943

Error: 0.0335 gl: 34

Temperatura	Velocidad	Medias	n	E.E.	
b1	c1	0.65	6	0.07	A
b1	c3	0.77	6	0.07	A B
b2	c3	0.89	6	0.07	A B
b3	c3	1.00	6	0.07	B
b2	c1	1.03	6	0.07	B
b1	c2	1.52	6	0.07	C
b3	c1	1.65	6	0.07	C
b2	c2	1.86	6	0.07	C
b3	c2	2.26	6	0.07	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

➤ Índice de Yodo del aceite de piñón blanco

Anexo 07. Análisis de varianza del índice de Yodo del aceite de piñón blanco (g Yodo/100g aceite).

Yodo

Variable	N	R ^s	R ^s Aj	CV
Yodo	54	0.69	0.52	3.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.		1024.04	19	53.90	3.97	0.0002
Ecotipo		22.72	1	22.72	1.67	0.2047
Temperatura		360.23	2	180.12	13.26	0.0001
Velocidad		212.95	2	106.47	7.84	0.0016
Repetición		4.21	2	2.10	0.15	0.8572
Ecotipo*Temperatura		154.54	2	77.27	5.69	0.0074
Ecotipo*Velocidad		24.36	2	12.18	0.90	0.4174
Temperatura*Velocidad		85.01	4	21.25	1.56	0.2062
Ecotipo*Temperatura*Veloci...		160.03	4	40.01	2.94	0.0342
Error		461.95	34	13.59		
Total		1485.99	53			

Anexo 08. Prueba de Tuckey del índice de yodo del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.04183

Error: 13.5868 gl: 34

Temperatura	Velocidad	Medias	n	E.E.	
b1	c1	96.75	6	1.50	A
b1	c2	97.17	6	1.50	A
b1	c3	97.57	6	1.50	A
b2	c2	98.34	6	1.50	A B
b3	c2	100.37	6	1.50	A B C
b2	c1	100.53	6	1.50	A B C
b3	c1	102.58	6	1.50	A B C
b2	c3	105.36	6	1.50	B C
b3	c3	107.09	6	1.50	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

➤ Índice de Peróxido del aceite de piñón

Anexo 09. Análisis de varianza del índice de Peróxido del aceite de piñón blanco (mg O₂/Kg aceite).

Peroxido

Variable	N	R ^s	R ^s Aj	CV
Peroxido	54	0.90	0.84	17.82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	332.77	19	17.51	16.01	<0.0001
Ecotipo	18.47	1	18.47	16.88	0.0002
Temperatura	50.17	2	25.09	22.93	<0.0001
Velocidad	223.77	2	111.89	102.27	<0.0001
Repetición	4.36	2	2.18	1.99	0.1520
Ecotipo*Temperatura	4.01	2	2.00	1.83	0.1756
Ecotipo*Velocidad	16.50	2	8.25	7.54	0.0019
Temperatura*Velocidad	5.19	4	1.30	1.19	0.3344
Ecotipo*Temperatura*Veloci...	10.31	4	2.58	2.36	0.0733
Error	37.20	34	1.09		
Total	369.97	53			

Anexo 10. Prueba de Tuckey del índice de Peróxido del aceite de piñón blanco (mg O₂/Kg aceite).

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.99816

Error: 1.0940 gl: 34

Temperatura Velocidad Medias n E.E.

b1	c1	2.32	6	0.43	A	
b2	c1	3.34	6	0.43	A	
b3	c1	4.10	6	0.43	A	B
b1	c3	5.35	6	0.43		B C
b2	c3	5.75	6	0.43		B C
b1	c2	6.75	6	0.43		C D
b3	c3	7.29	6	0.43		C D
b2	c2	7.89	6	0.43		D
b3	c2	10.02	6	0.43		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

➤ Índice de Saponificación del aceite de piñón

Anexo 11. Análisis de varianza del índice de Saponificación del aceite de piñón blanco (mg KOH/g aceite).

Saponificación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Saponificación	54	0.52	0.25	2.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1062.11	19	55.90	1.95	0.0434
Ecotipo	33.13	1	33.13	1.16	0.2896
Temperatura	793.35	2	396.67	13.86	<0.0001
Velocidad	6.68	2	3.34	0.12	0.8902
Repetición	88.33	2	44.16	1.54	0.2284
Ecotipo*Temperatura	80.80	2	40.40	1.41	0.2578
Ecotipo*Velocidad	5.27	2	2.63	0.09	0.9124
Temperatura*Velocidad	48.89	4	12.22	0.43	0.7881
Ecotipo*Temperatura*Veloci..	5.67	4	1.42	0.05	0.9952
Error	973.37	34	28.63		
Total	2035.48	53			

➤ Densidad del aceite de piñón

Anexo 12. Análisis de varianza de la densidad del aceite de piñón blanco

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad	54	0.62	0.40	0.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.6E-04	19	8.6E-06	2.87	0.0036
Ecotipo	4.6E-05	1	4.6E-05	15.35	0.0004
Tempertura	2.1E-05	2	1.1E-05	3.57	0.0393
Velocidad	5.5E-05	2	2.7E-05	9.10	0.0007
Repetición	2.6E-06	2	1.3E-06	0.44	0.6479
Ecotipo*Tempertura	8.4E-07	2	4.2E-07	0.14	0.8698
Ecotipo*Velocidad	2.2E-07	2	1.1E-07	0.04	0.9644
Tempertura*Velocidad	2.2E-06	4	5.4E-07	0.18	0.9473
Ecotipo*Tempertura*Velocid..	3.6E-05	4	9.0E-06	2.97	0.0331
Error	1.0E-04	34	3.0E-06		
Total	2.7E-04	53			

Anexo 13. Prueba de Tuckey de la densidad del aceite de piñón blanco (kg/m³).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00247

Error: 0.0000 gl: 34

Ecotipo	Velocidad	Medias	n	E.E.
a1	c2	0.93	9	5.8E-04 A
a2	c2	0.93	9	5.8E-04 A B
a1	c3	0.93	9	5.8E-04 A B
a1	c1	0.93	9	5.8E-04 A B
a2	c1	0.93	9	5.8E-04 B
a2	c3	0.93	9	5.8E-04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

➤ Viscosidad del aceite de piñón

Anexo 14. Análisis de varianza de la viscosidad del aceite de piñón blanco (mm²/s).

Viscosidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Viscosidad	54	0.85	0.77	4.61

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1092.78	19	57.51	10.43	<0.0001
Ecotipo	336.00	1	336.00	60.95	<0.0001
Temperatura	179.87	2	89.94	16.31	<0.0001
Velocidad	283.85	2	141.93	25.74	<0.0001
Repeticion	46.91	2	23.45	4.25	0.0224
Ecotipo*Temperatura	137.85	2	68.93	12.50	0.0001
Ecotipo*Velocidad	45.02	2	22.51	4.08	0.0257
Temperatura*Velocidad	46.45	4	11.61	2.11	0.1015
Ecotipo*Temperatura*Veloci..	16.82	4	4.21	0.76	0.5568
Error	187.45	34	5.51		
Total	1280.23	53			

Anexo 15. Prueba de Tuckey de la viscosidad del aceite de piñón blanco (kg/m³).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3.34077

Error: 5.5131 gl: 34

Ecotipo	Velocidad	Medias	n	E.E.	
a2	c1	45.78	9	0.78	A
a2	c2	46.60	9	0.78	A
a1	c2	52.28	9	0.78	B
a1	c1	52.58	9	0.78	B
a2	c3	52.92	9	0.78	B
a1	c3	55.41	9	0.78	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 16. Ley N° 28054- Mercado de Biocombustible

LEY N° 28054

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

La Comisión Permanente del Congreso de la República ha dado la Ley siguiente:

LA COMISIÓN PERMANENTE
DEL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

LEY DE PROMOCIÓN DEL MERCADO DE BIOCOMBUSTIBLES

Artículo 1°.- Objeto de la Ley

La presente Ley establece el marco general para promover el desarrollo del mercado de los biocombustibles sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica, con el objeto de diversificar el mercado de combustibles, fomentar el desarrollo agropecuario y agroindustrial, generar empleo, disminuir la contaminación ambiental y ofrecer un mercado alternativo en la Lucha contra las Drogas.

Artículo 2°.- Definición de biocombustibles

Se entiende por biocombustibles a los productos químicos que se obtengan de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o de otra forma de biomasa y que cumplan con las normas de calidad establecidas por las autoridades competentes.

Artículo 3°.- Políticas Generales

El Poder Ejecutivo implementará las políticas generales para la promoción del mercado de biocombustibles, así como designará a las entidades estatales que deben ejecutarlas.

Son políticas generales:

1. Desarrollar y fortalecer la estructura científico-tecnológica destinada a generar la investigación necesaria para el aprovechamiento de los biocombustibles;
2. Promover la formación de recursos humanos de alta especialización en materia de biocombustibles comprendiendo la realización de programas de desarrollo y promoción de emprendimientos de innovación tecnológica;
3. Incentivar la aplicación de tecnologías, el desarrollo de proyectos experimentales y la transferencia de tecnología adquirida, que permitan la obtención de biocombustibles mediante la utilización de todos los productos agrícolas o agroindustriales o los residuos de éstos;
4. Incentivar la participación privada para la producción de biocombustibles;
5. Incentivar la comercialización de los biocombustibles para utilizarlos en todos los ámbitos de la economía en su condición de puro o mezclado con otro combustible;
6. Promover la producción de biocombustibles en la Selva, dentro de un Programa de Desarrollo Alternativo Sostenible;
7. Otros que determine el Poder Ejecutivo para el logro de lo establecido en el artículo 1° de la presente Ley.

Artículo 4°.- Uso de biocombustibles

El Poder Ejecutivo dispondrá la oportunidad y las condiciones para el establecimiento del uso del etanol y el biodiesel.

Artículo 5°.- Programa de Cultivos Alternativos

DEVIDA como Ente Rector en la Lucha Contra las Drogas en el Perú, conjuntamente con los Gobiernos Regionales y PROINVERSION elaborarán Proyectos dentro del Programa de Desarrollo Alternativo, que promoverán la inversión privada, así como fondos de Cooperación Internacional en la zona de ceja de selva orientados a la obtención de biocombustibles. Las entidades estatales dentro del portafolio de combustibles, dispondrán la compra de biocombustibles producidos dentro de los programas vinculados a la Lucha contra las Drogas.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS Y TRANSITORIAS

Primera.- Créase el Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles - PROBIOCOM, el cual estará a cargo de PROINVERSION, que tendrá por objeto promover las inversiones para la producción y comercialización de biocombustibles y difundir las ventajas económicas, sociales y ambientales de su uso.

Segunda.- Constitúyese una Comisión Técnica encargada de proponer y recomendar las normas y disposiciones complementarias para el cumplimiento de la presente Ley, observando los siguientes lineamientos básicos:

- a. Elaborar el cronograma y porcentajes de la aplicación y uso del etanol anhidro, como componente para la oxigenación de las gasolinas, así como el uso de biodiesel en el combustible diesel.
- b. Proponer un programa de sensibilización a los usuarios y a las instituciones públicas hacia el uso de etanol anhidro y biodiesel.

Tercera.- La Comisión Técnica señalada en la disposición precedente está presidida por un representante del Consejo Nacional del Ambiente - CONAM - e integrada por los representantes de:

- a. Ministerio de Energía y Minas.
- b. Ministerio de Economía y Finanzas.
- c. Ministerio de Agricultura.
- d. Agencia de Promoción de la Inversión - PROINVERSION.
- e. Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas - DEVIDA.
- f. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.
- g. Asociación Peruana de Productores de Azúcar y Biocombustibles.

Cuarta.- La Comisión Técnica, referida en la disposición segunda, tendrá un plazo de ciento ochenta días desde la entrada en vigencia de la presente Ley, para remitir al Poder Ejecutivo sus propuestas y recomendaciones.

Quinta.- El Poder Ejecutivo reglamentará la presente Ley en un plazo no mayor a noventa días de recibida la propuesta de la Comisión Técnica.

Comuníquese al señor Presidente de la República para su promulgación.

En Lima, a los quince días del mes de julio de dos mil tres.

CARLOS FERRERO
Presidente del Congreso de la República

HILDEBRANDO TAPIA SAMANIEGO
Tercer Vicepresidente del
Congreso de la República

AL SEÑOR PRESIDENTE CONSTITUCIONAL
DE LA REPÚBLICA

POR TANTO:

Mando se publique y cumpla.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los siete días del mes de agosto del año dos mil tres.

ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

BEATRIZ MERINO LUCERO
Presidenta del Consejo de Ministros

14915

Anexo 17. DECRETO SUPREMO N° 021-2007-EM

REGLAMENTO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

DECRETO SUPREMO N° 021-2007-EM

Publicado el 20 de Abril de 2007

Modificaciones:

1. **Decreto Supremo N° 064-2008-EM**, publicado el 27 de diciembre de 2008.
2. **Decreto Supremo N° 091-2009-EM**, publicado el 29 de diciembre de 2009.
3. **Decreto Supremo N° 061-2010-EM**, publicado el 28 de septiembre de 2010.
4. **Decreto Supremo N° 024-2011-EM**, publicado el 13 de mayo de 2011.

Concordancias:

1. **Resolución Ministerial N° 165-2008-MEM-DM**, publicada el 10 de abril de 2008, Establecen disposiciones relativas a la calidad y métodos de ensayo para medir las propiedades de los combustibles Diesel B2, Diesel B5 y Diesel B20.
2. **Resolución Ministerial N° 515-2009-MEM-DM**, publicada 08 de diciembre de 2009, Establecen las especificaciones de calidad para el Gasohol.
3. **Resolución OSINERGMIN N° 206-2009-OS-CD**, publicada el 19 de noviembre de 2009, Procedimiento de Control de Calidad de los Biocombustibles y sus Mezclas” y modifican Tipificación y Escala de Multas y Sanciones de Hidrocarburos.

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, la Ley N° 28054, Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, establece el marco general para promover el mercado de los Biocombustibles sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica, con el objetivo de diversificar el mercado de combustibles, fomentar el desarrollo agropecuario y agroindustrial, generar empleo y disminuir la contaminación ambiental;

Que, mediante Decreto Supremo N° 013-2005-EM, se aprobó el Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, que contiene normas para la comercialización y promoción de los Biocombustibles;

Que, a efectos de cumplir con el objeto de la Ley N° 28054, se ha visto por conveniente aprobar un reglamento específico para la comercialización de Biocombustibles, con la finalidad de establecer los requisitos para su comercialización y distribución, así como hacer referencia a las normas técnicas de calidad de los mencionados productos;

De conformidad con la Ley N° 28054, Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, y en uso de las atribuciones previstas en los numerales 8 y 24 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

Artículo 1.- Aprobación del Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles

Aprobar el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles que contiene dos (2) Títulos, catorce (14) artículos, una (1) Disposición Transitoria y una (1) Disposición Complementaria, que como anexo forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Disposiciones derogatorias

Quedan derogados a partir de la vigencia del presente Decreto Supremo los artículos 3, 4 y 5, el Capítulo I del Título II y las Disposiciones Transitorias del Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, aprobado mediante Decreto Supremo N° 013-2005-EM.

Derogar las demás normas que se opongan a lo dispuesto en el presente Decreto Supremo.

Artículo 3.- Vigencia

El presente Decreto Supremo entrará en vigencia a partir del día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros, el Ministro de Energía y Minas, el Ministro de Economía y Finanzas, el Ministro de la Producción y el Ministro de Agricultura.

Dado en la ciudad de Chiclayo, a los dieciocho días del mes de abril del año dos mil siete.

ALAN GARCÍA PÉREZ
Presidente Constitucional de la República

JORGE DEL CASTILLO GÁLVEZ
Presidente del Consejo de Ministros

JUAN VALDIVIA ROMERO
Ministro de Energía y Minas

LUIS CARRANZA UGARTE
Ministro de Economía y Finanzas

RAFAEL REY REY
Ministro de la Producción

JUAN JOSÉ SALAZAR GARCÍA
Ministro de Agricultura

Anexo 18. Ordenanza Regional N° 027-2008-GRSM/CR




ORDENANZA REGIONAL N° 027-2008-GRSM/CR.

Moyobamba, 15 SEP 2008


POR CUANTO:

El Consejo Regional del Gobierno Regional de San Martín, de conformidad con lo previsto en los artículos 197° y 198° de la Constitución Política del Estado, modificado por la Ley N° 27680 de Reforma Constitucional, Capítulo XIV, Título IV sobre Descentralización; Ley N° 27783, Ley de Bases de la Descentralización; Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, modificado por las Leyes N° 27902, N° 28968, N° 29053; Reglamento Interno del Consejo Regional de San Martín, y demás normas complementarias y;


CONSIDERANDO:



Que, el inciso 1) del artículo 192° de la Carta Magna, establece que los gobiernos regionales promueven el desarrollo y la economía regional, fomentan las inversiones, actividades y servicios públicos de su responsabilidad, en armonía con las políticas y planes nacionales y locales de desarrollo; siendo competentes para aprobar su organización interna y su presupuesto;



Que, los artículos 2°, 4°, 5° y 6° de la Ley N° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, establecen que los Gobiernos Regionales emanan de la voluntad popular, son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, económica y administrativa, teniendo como finalidad esencial fomentar el desarrollo integral y sostenible de la Región, promoviendo la inversión pública y privada y el empleo y garantizar el ejercicio pleno de los derechos y la igualdad de oportunidades de sus habitantes, aplicando coherente y eficazmente las políticas o instrumentos de desarrollo social, poblacional, cultural y ambiental, de acuerdo a su competencia;



Que, el literal a) del artículo 59°, de la ley supra, establece funciones en materia de energía, minas e hidrocarburos, estableciendo formular, aprobar, ejecutar, evaluar, fiscalizar, dirigir, controlar y administrar los planes y políticas en materia de energía, minas e hidrocarburos de la región, en concordancia con las políticas nacionales y los planes sectoriales;

Que, los literales d), h) e i), del artículo 51° de la Ley antes acotada establece como funciones en materia agraria, promover la transformación, comercialización, exportación y consumo de productos naturales y agroindustriales de la región; Promover la provisión de recursos financieros privados a las empresas y organizaciones de la región, con énfasis en las micro, pequeñas y medianas empresas y las unidades productivas orientadas a la exportación; Planificar, promover y concertar con el sector privado, la elaboración de planes y proyectos de desarrollo agrario y agroindustrial;

Que, el protocolo de KYOTO es un Acuerdo Internacional celebrado en 1997, ratificado por 163 países, entre ellos Perú, conocido como el Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU (UNFCCC), mismo que entro en vigor el 16 de febrero de 2005, único mecanismo Internacional útil para hacer frente al cambio climático y minimizar sus impactos. Su objetivo principal es la reducción de las emisiones de gases que causan el efecto invernadero global, como los producidos por la quema de combustibles fósiles – entre ellos el petróleo y la gasolina y así frenar el cambio climático que aceleran el calentamiento global;

**Anexo 19. ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL LABORATORIO DE POST
COSECHA- INIA EL PORVENIR Y LABORATORIO DE LA FIAI**

A. Análisis proximales de las semillas de piñón blanco



Foto 1. Procesos para determinar la humedad

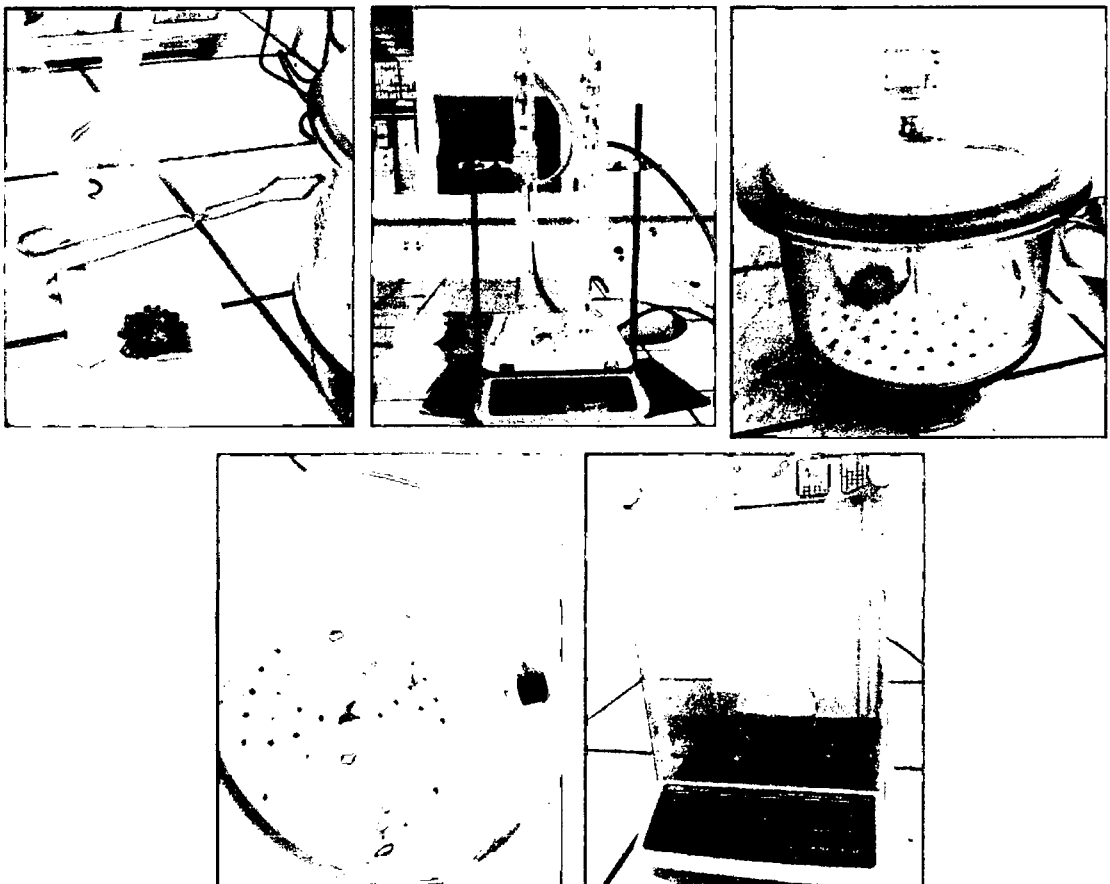


Foto 2. Determinación de lípidos

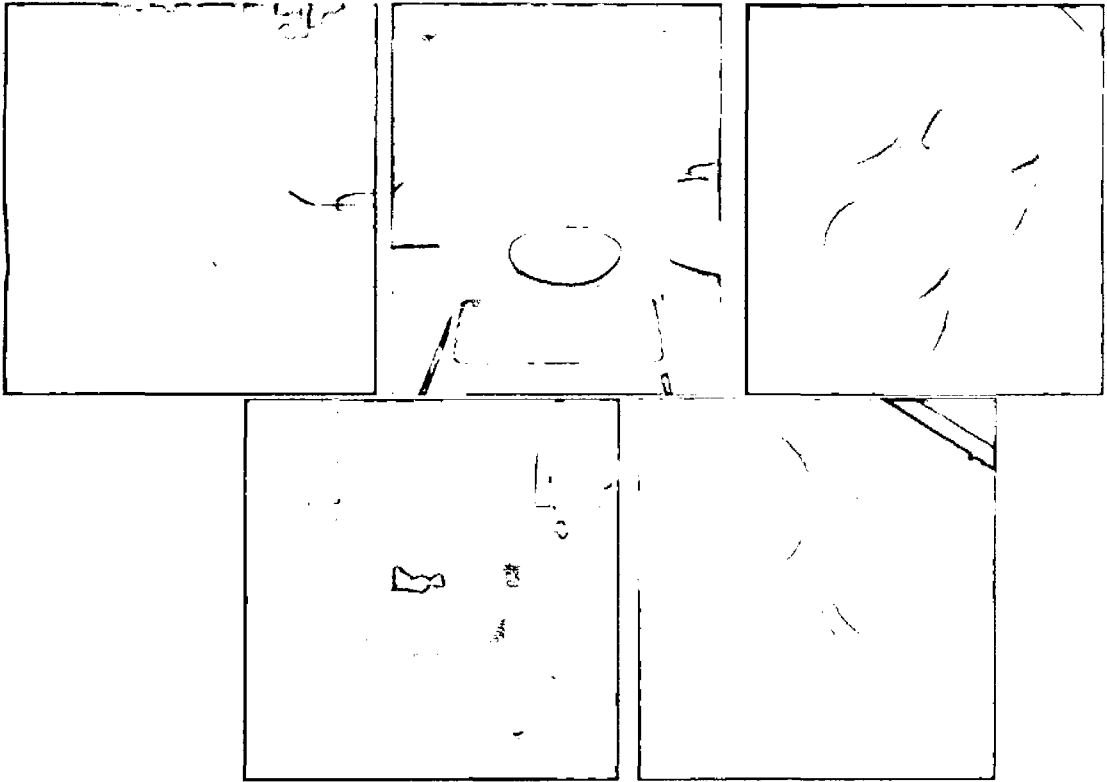


Foto 03. Determinación de cenizas

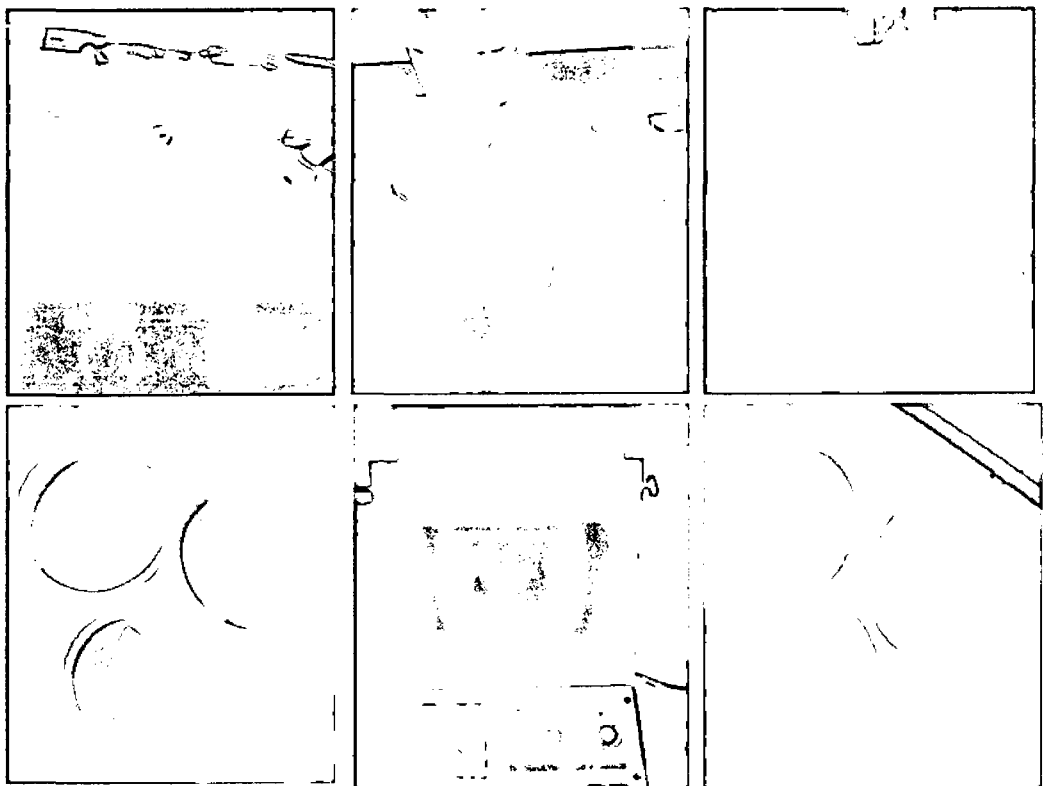


Foto 04. Determinación de fibra bruta



Foto 05. Determinación de proteína

B. Análisis Fisicoquímicos del aceite de piñón blanco

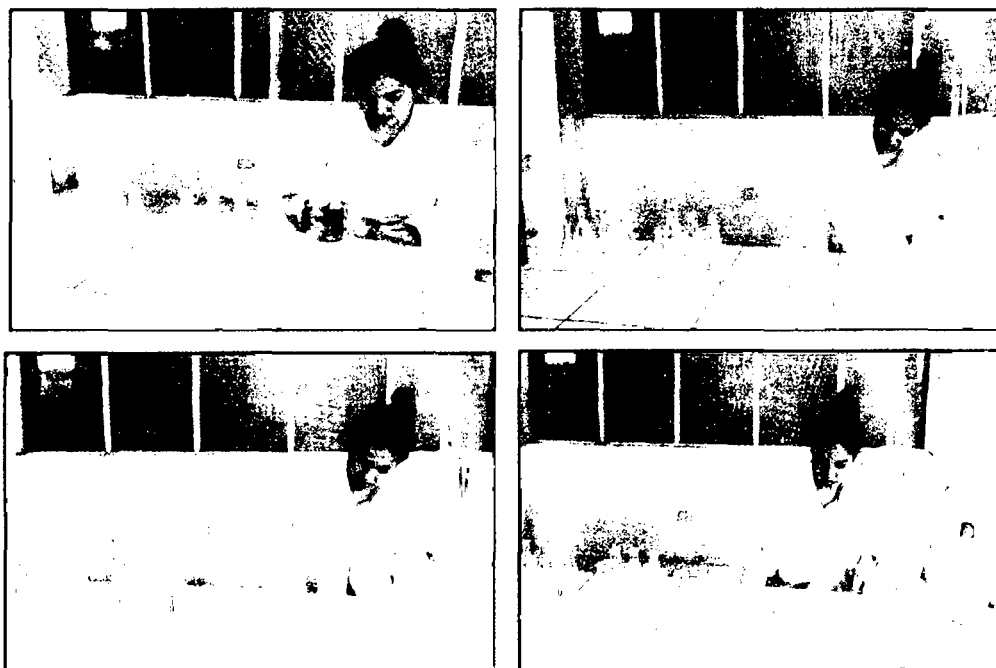


Foto 06. Determinando el índice de acidez

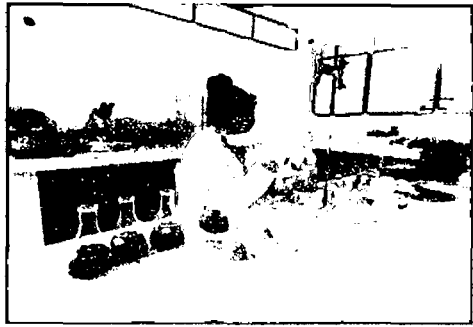
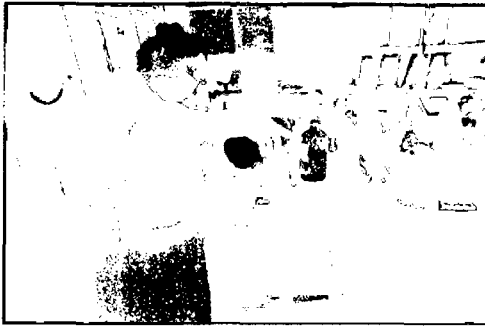


Foto 07. Determinando el índice de yodo



Foto 08. Determinando el índice de peróxido

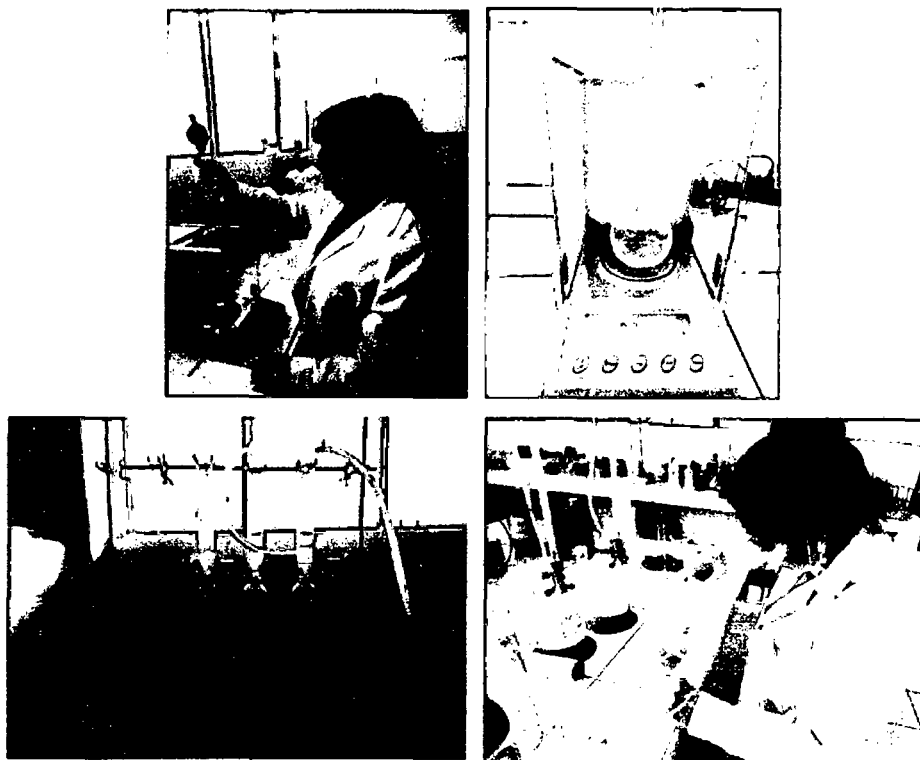


Foto 09. Determinando el índice de saponificación

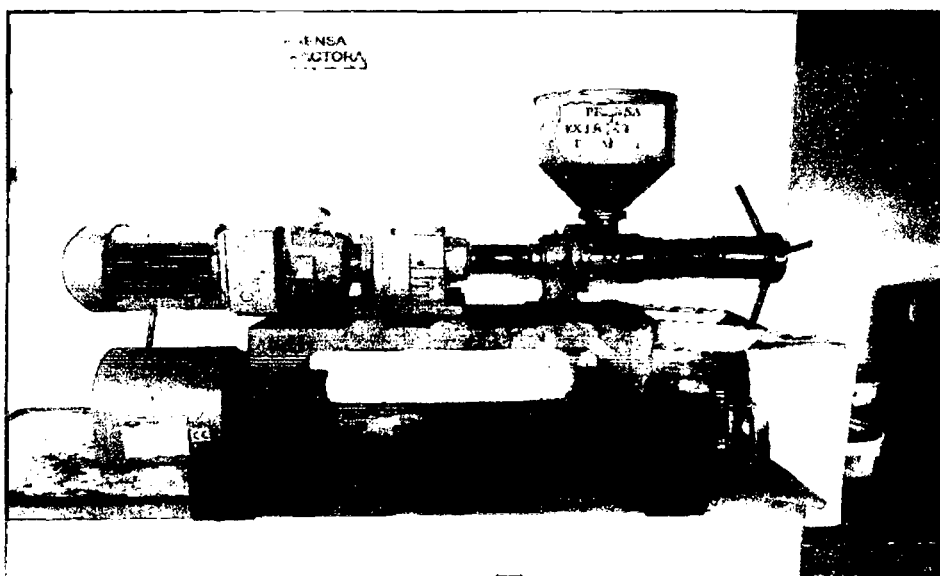


Foto 10. Prensa extractora de semillas de piñón blanco

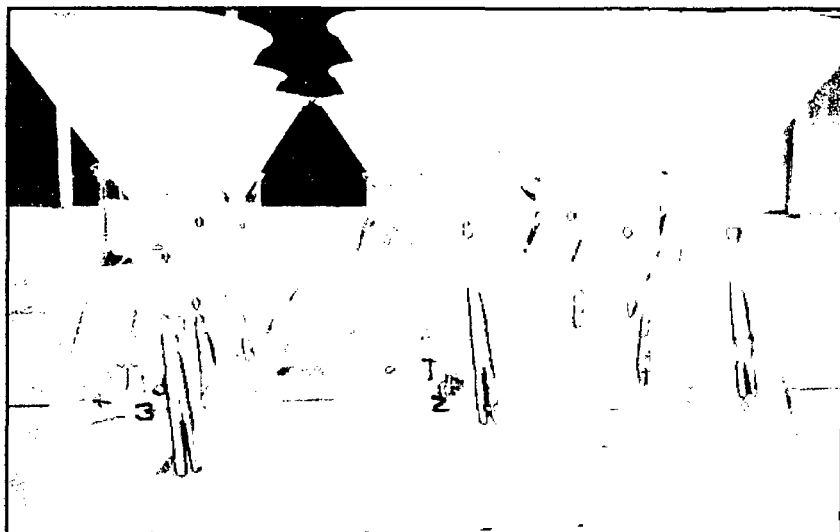


Foto 11. Sedimentado y filtrado del aceite de piñón blanco

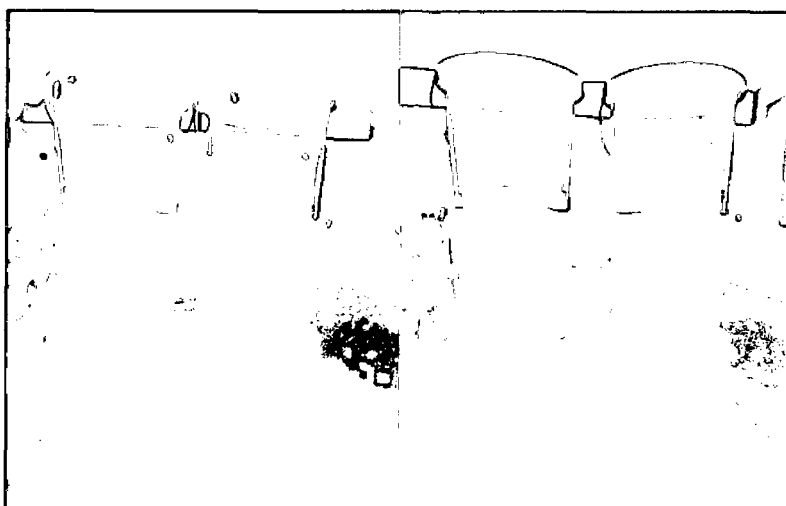


Foto 12. Tratamientos por repeticiones

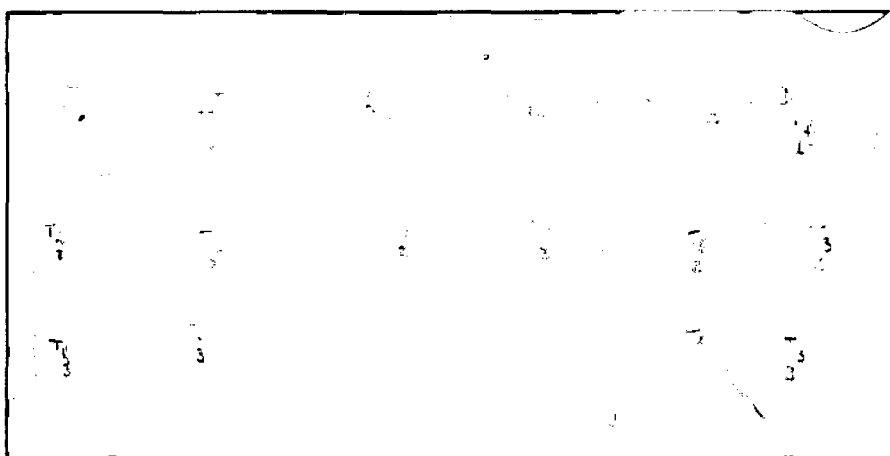
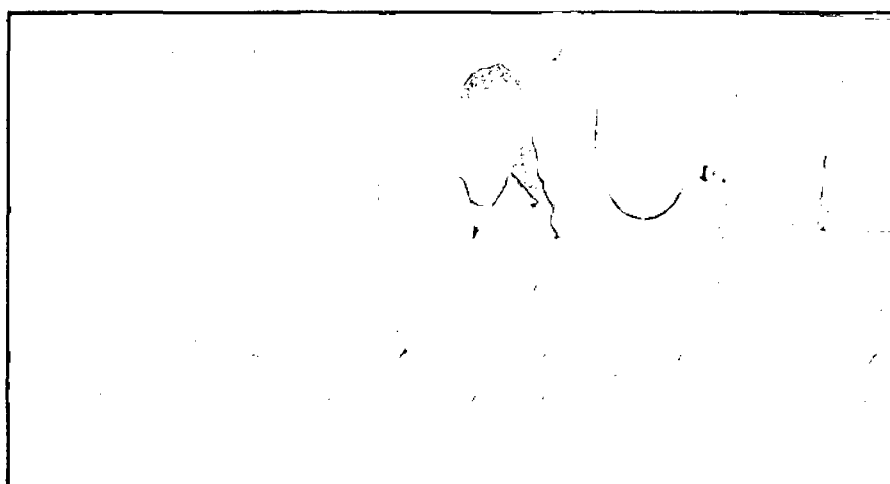


Foto 13. Acondicionamiento de las muestras para análisis

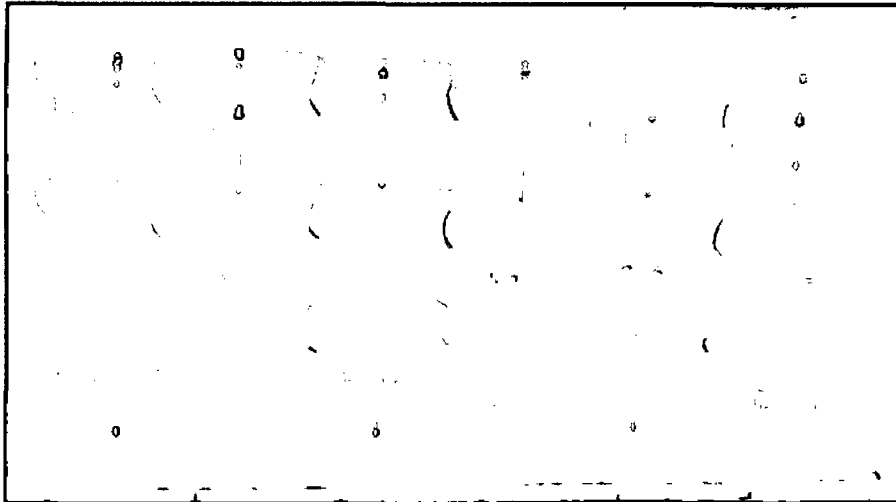


Foto 14. Almacenamiento del aceite por tratamientos

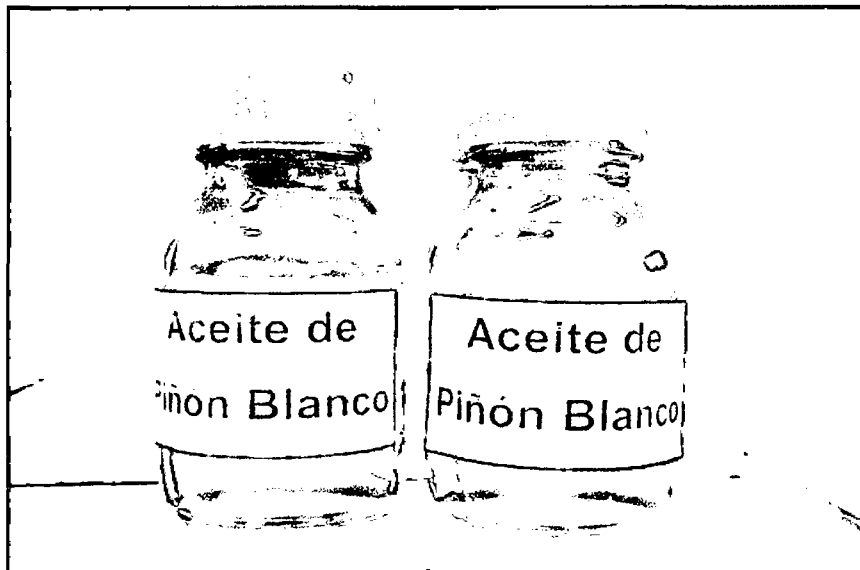


Foto 15. Muestras en exhibición

