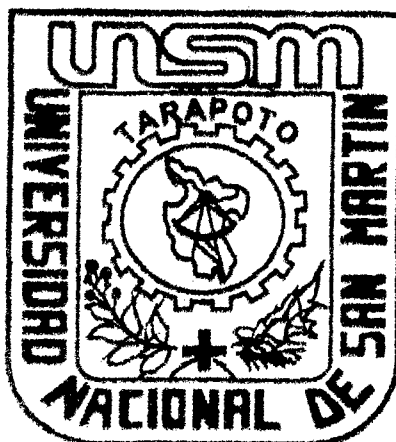


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**"EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN Y EL TIPO DE BIORREGULADOR
EN LA CALIDAD DEL ACEITE DEL PIÑÓN BLANCO (*Jatropha Curcas L.*),
PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA REGIÓN SAN MARTÍN."**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Presentado por el bachiller:

VERLLEY VARGAS VARGAS

TARAPOTO - PERÚ

2013

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
TARAPOTO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

TESIS

**“EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN Y EL TIPO DE BIORREGULADOR EN LA
CALIDAD DEL ACEITE DEL PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L), PARA LA
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”.**

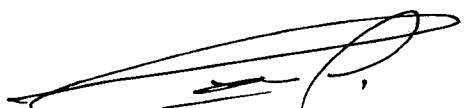
PRESENTADO POR:

Bach. VERLLEY VARGAS VARGAS

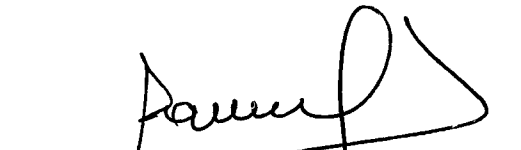
SUSTENDATO Y APROBADO ANTE EL HONORABLE JURADO



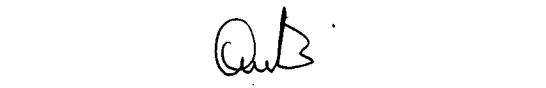
**Ing. Mg. Juan José Salazar Díaz
Presidente**



**Ing. Pablo W. Paucar Iozano
Secretario**



**Ing. Abilio Domínguez Baldoceada
Miembro**



**Ing. Dr. Oscar W. Mendieta Taboada
Asesor**

AGRADECIMIENTO

A DIOS EL DADOR DE VIDA, POR GUIARME Y BRINDARME SALUD

A MI MADRE ENITH MARLENY VARGAS PEZO POR SU AYUDA Y COMPRENSIÓN, POR CONFIAR EN MI, APOYARME EN TODOS LOS MOMENTOS DE MI VIDA Y POR TODO AQUELLO QUE NUNCA VOY A PODER PAGARLE.

A MIS HERMANOS, TIOS, SOBRINOS POR EL APOYO MORAL, ECONÓMICO, Y POR FORTALECERME CON SU CARIÑO INCONDICIONAL EN TODO MOMENTO.

A MI ASESOR EL ING. DR. OSCAR W. MENDIETA TABOADA, POR SUS RECOMENDACIONES Y ORIENTACIÓN EN LA ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN DE MI PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

AL LABORATORIO DE POSCOSECHA Y AGROINDUSTRIAS, PERTENECIENTE AL INSTITUTO DE INNOVACIÓN AGRARIA, REPRESENTADO POR RICHER GARAY MONTES, POR DARME LA OPORTUNIDAD DE PODER DESARROLLARME COMO PROFESIONAL AL HACER UNA INVESTIGACIÓN EN SU INSTITUCIÓN.

A MIS AMIGOS POR SUS FAVORES Y CARIÑO BRINDADO.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CON SU APRECIO, NOBLEZA Y CARIÑO ME IMPULSARON A SEGUIR ADELANTE.

RECIBAN ESTAS SENCILLAS PALABRAS CON EL MÁS SINCERO SENTIMIENTO Y APRECIO, QUE ME PERMITE HOMENAJEARLOS.....

DEDICATORIA

AL SEÑOR JESUCRISTO POR ESTAR JUNTO
A MÍ EN TODO MOMENTO A PESAR DE
LAS CIRCUNSTANCIAS ADVERSAS Y POR
BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE VIVIR
UNA EXPERIENCIA MÁS EN MI VIDA.

A MI MADRE POR SU AMOR Y APOYO
INCONDICIONAL, POR ENSEÑARME LO BUENO
Y MALO DE LA VIDA Y POR ESTAR CONMIGO
CUANDO MÁS LO NECESITÉ, QUE LE LLEVARÉ
SIEMPRE EN MI CORAZÓN.

A MIS HERMANOS POR SU APOYO,
PACIENCIA Y CARIÑO EN EL
MOMENTO QUE LO NECESITE.

A MIS AMIGOS QUE CON MUCHO
CARIÑO ESTUVIERON EN ESOS
MOMENTOS DIFÍCILES Y POR
SU CARIÑO Y COMPRENSIÓN.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRAC.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 CULTIVOS AGROENERGÉTICOS.....	3
3.2 PLANTA DE PIÑÓN BLANCO (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	4
3.2.1 Origen.....	7
3.2.2 Descripción botánica.....	8
3.2.3 Taxonomía.....	9
3.2.4 Morfología vegetal.....	10
3.2.5 Datos ambientales.....	15
3.2.5.1 Cultivo.....	15
3.2.5.2 Propagación del Cultivo.....	16
3.2.5.3 Plantación.....	17
3.2.6 Manejo agronómico.....	18
3.2.6.1 Densidad de Plantación.....	19
3.2.6.2 Época de siembra.....	19
3.2.6.3 Podas.....	20
3.2.6.4 Abonamiento.....	20
3.2.6.5 Control de maleza.....	21
3.2.6.6 Principales plagas y enfermedades.....	21
3.2.7 Índices de Madurez y momento óptimo de recolección.....	21
3.2.8 Cosecha y conservación del producto.....	25
3.2.9 Composición química.....	25

3.2.10	Toxicología.....	26
3.2.11	Usos.....	27
3.2.12	Actividad antibiótica.....	29
3.2.13	Impactos y beneficios de la <i>Jatropha curcas</i> L.....	29
3.2.14	Objetivos en el cultivo de <i>Jatropha</i>	31
3.3	SEMILLAS DE PIÑÓN BLANCO (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	33
3.4	ACEITE DEL PIÑÓN BLANCO (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	35
3.4.1	Extracción mecánica o prensado.....	38
3.4.2	Extracción por solventes.....	39
3.4.3	Propiedades y especificaciones del aceite.....	40
3.4.4	Producción de biocombustibles.....	43
3.4.5	Características que se evalúan en el aceite para biodiesel.....	48
3.4.5.1	Impurezas en el aceite.....	48
3.4.5.2	Humedad y materias volátiles.....	48
3.4.5.3	Cenizas.....	49
3.4.5.4	Densidad.....	49
3.4.5.5	Viscosidad.....	50
3.4.5.6	Punto de fusión.....	50
3.4.5.7	Índice de acidez.....	50
3.4.5.8	Índice de yodo.....	51
3.4.5.9	Índice de peróxido.....	52
3.5	BIORREGULADORES.....	53
3.5.1	Enziprom.....	54
3.5.2	Wuxal Boro.....	56
3.5.2.1	Descripción General.....	56
3.5.2.2	Composición.....	56
3.5.2.3	Características.....	56
3.5.2.4	Dosis y modo de empleo.....	57
3.5.3	Otros Biorreguladores en el mercado.....	57
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	60
4.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	60
4.2	MATERIA PRIMA.....	60
4.3	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	60

4.3.1	Materiales.....	60
4.3.2	Reactivos.....	61
4.3.3	Equipos.....	61
4.4	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	62
4.6.1	Detalle de la parcela.....	63
4.6.2	Factores en estudio.....	63
4.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	65
4.4.1	Parámetros a evaluar.....	65
4.4.1.1	Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L).....	66
4.4.1.2	Análisis Físico – químico del aceite de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L).....	66
4.6	METODOS EXPERIMENTALES.....	67
4.5.1	Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L).....	67
3.4.4.1	Análisis Biométrico.....	67
3.4.4.2	Humedad.....	67
3.4.4.3	Grasas Totales.....	68
3.4.4.4	Cenizas Totales.....	68
4.5.2	Análisis Físico – químico del aceite de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	68
4.5.2.1	Acidez Titulable.....	68
4.5.2.2	Índice de Iodo.....	69
4.5.2.3	Índice de Peróxido.....	69
4.5.2.4	Densidad.....	69
4.5.2.5	Humedad y Materias Volátiles.....	70
4.5.2.6	Viscosidad.....	70
4.5.2.7	Determinación de Impurezas.....	70
4.5.2.8	Determinación de Cenizas.....	71
4.5.2.9	Determinación del Punto de Humo.....	71
V.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	72
5.1	MATERIA PRIMA.....	72
5.1.1	Aplicación de Biorreguladores.....	73

5.1.2	Determinación del Periodo de maduración en el Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	74
5.1.3	Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	74
5.1.3.1	Biometría.....	75
5.1.3.2	Humedad.....	80
5.1.3.3	Grasa total.....	81
5.1.3.4	Cenizas Totales.....	82
5.1.4	Análisis Físico – químico del aceite de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	83
5.1.4.1	Acidez titulable.....	83
5.1.4.2	Densidad.....	84
5.1.4.3	Humedad y materias volátiles.....	85
5.1.4.4	Viscosidad.....	86
5.1.4.5	Determinación de impurezas.....	87
5.1.4.6	Cenizas totales.....	88
5.1.4.7	Determinación del punto de humo.....	89
5.1.4.8	Índice de yodo, método de Wijs.....	90
5.1.4.9	Índice de peróxido.....	91
VI.	CONCLUSIONES	93
VII.	RECOMENDACIONES	95
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	96
IX.	ANEXOS	101
9.1	METODOLOGÍA	102
9.1.1	Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	102
9.1.1.1	Análisis Biométrico.....	102
9.1.1.2	Determinación de Humedad.....	102
9.1.1.3	Determinación de cenizas totales.....	103
9.1.1.4	Determinación del contenido de aceite.....	104
9.1.2	Caracterización fisicoquímica del aceite del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	107
9.1.2.1	Determinación de la densidad del aceite.....	110

9.1.2.2	Determinación de impurezas.....	112
9.1.2.3	Humedad y materias volátiles.....	114
9.1.2.4	Determinación del punto de humo.....	115
9.1.2.5	Determinación del índice de acidez.....	115
9.1.2.6	Determinación del índice de yodo.....	116
9.1.2.7	Determinación del índice de peróxido.....	118
9.1.3	Evaluación del periodo de maduración en el piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	120
9.1.4	Aplicación de biorreguladores.....	121
9.1.5	Determinación de análisis físico de las semillas del piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	122
9.1.5.1	Determinación Biométrica de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en los 3 estados fisiológicos en estudio.....	122
9.1.5.2	Determinación de humedad, Grasa Total, cenizas totales de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en los 3 estados fisiológicos en estudio.....	125
9.1.6	Análisis físico – químico del aceite de piñón blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en los tres estados fisiológicos en estudio.....	128
9.2	ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	131
9.2.1	Campo experimental de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	131
9.2.2	Realizando evaluaciones en el campo experimental.....	132
9.2.3	Estados de maduración del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	133
9.2.4	Evaluación periodo de Maduración en el Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	134
9.2.5	Análisis de Grasa (Método de soxhlet AOCS, 1989).....	135
9.2.6	Índice Peróxido (Método de titulación con tiosulfato de sodio CDTA, 1977).....	136
9.2.7	Índice Iodo (método de Wij's (CDTA, 1977).....	137
9.2.8	Análisis Humedad (Método de secado en estufa a 105°C AOAC, 1979).....	138
9.2.9	Análisis de Ceniza (Método mufla a 550°C).....	139

9.2.10	Análisis de Viscosidad.....	139
9.3	ANÁLISIS ESTADISTICO.....	140
9.6.1	Aplicación de Biorreguladores.....	140
9.6.2	Evaluación biométrica del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	140
9.6.3	Análisis físico de las semillas del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	146
9.6.4	Análisis físico - químico del aceite del Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	149

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01	Calendario fenológico.....	19
Cuadro 02	Índices de madures para frutas.....	24
Cuadro 03	Análisis proximal de las semillas del Piñón Blanco.....	33
Cuadro 04	Propiedades físicas y mecánicas de la <i>Jatropha</i>	35
Cuadro 05	Porcentaje de aceite de ecotipos colectados de <i>Jatropha curcas</i> en la Región San Martín.....	37
Cuadro 06	Características fisicoquímicas del aceite del Piñón Blanco comparado con algunos aceites comestibles.....	38
Cuadro 07	Rendimiento de aceite en diferentes estados de madurez.....	38
Cuadro 08	Especificaciones del aceite crudo y refinado de <i>Jatropha</i>	41
Cuadro 09	Tabla de Análisis físico-químico del aceite de <i>Jatropha</i>	42
Cuadro 10	Comparación entre aceite de Piñón y el diesel normal.....	42
Cuadro 11	Datos fisicoquímicos del diesel y biodiesel.....	52
Cuadro 12	Composición del ENZIPROM.....	55
Cuadro 13	Aplicación y dosis del ENZIPROM.....	55
Cuadro 14	Tratamientos en estudio.....	65
Cuadro 15	Esquema del ANVA del diseño experimental.....	65
Cuadro 16	Ficha técnica del piñón blanco, ecotipo Tectorillayco.....	72
Cuadro 17	Densidad según temperatura.....	111
Cuadro 18	Valores supuestos de iodo.....	116
Cuadro 19	Índice de supuesto de peróxido según muestra.....	119
Cuadro 20	Evaluación periodo de maduración en el Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	120
Cuadro 21	Comportamiento de biorreguladores en la uniformidad de la maduración del piñón blanco.....	121
Cuadro 22	Determinación biométrica de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Maduro.....	122
Cuadro 23	Determinación biométrica de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Sobremaduro.....	123
Cuadro 24	Determinación biométrica de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Seco.....	124

Cuadro 25	Análisis de Humedad, Grasa total, Cenizas totales de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Maduro.....	125
Cuadro 26	Análisis de Humedad, Grasa total, Cenizas totales de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Sobremaduro.....	126
Cuadro 27	Análisis de Humedad, Grasa total, Cenizas totales de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Seco.....	127
Cuadro 28	Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Maduro.....	128
Cuadro 29	Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Sobremaduro.....	129
Cuadro 30	Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (<i>Jatropha curcas</i> L.), en estado Seco.....	130
Cuadro 31	Aplicación de Biorreguladores.....	140
Cuadro 32	Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro.....	140
Cuadro 33	Longitud de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro.....	141
Cuadro 34	Ancho de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro.....	141
Cuadro 35	Espesor de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro.....	141
Cuadro 36	Peso de Almendra de las semillas en estado Maduro.....	142
Cuadro 37	Peso de Testa de las semillas en estado Maduro.....	142
Cuadro 38	Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	142
Cuadro 39	Longitud de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	143
Cuadro 40	Ancho de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	143
Cuadro 41	Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	143
Cuadro 42	Peso de Almendra de las semillas en estado Sobremaduro.....	144
Cuadro 43	Peso de Testa de las semillas en estado Sobremaduro.....	144
Cuadro 44	Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Seco.....	144
Cuadro 45	Longitud de semilla del Piñón Blanco en estado Seco.....	145
Cuadro 46	Ancho de semilla del Piñón Blanco en estado Seco.....	145
Cuadro 47	Espesor de semilla del Piñón Blanco en estado Seco.....	145
Cuadro 48	Peso de Almendra de las semillas en estado Seco.....	146
Cuadro 49	Peso de Testa de las semillas en estado Seco.....	146
Cuadro 50	% Grasa total del Piñón Blanco en estado Maduro.....	146
Cuadro 51	Humedad de semillas del Piñón Blanco en estado Maduro.....	147

Cuadro 52	% cenizas en semilla del Piñón Blanco en estado Maduro.....	147
Cuadro 53	% Grasa total del Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	147
Cuadro 54	Humedad de semillas Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	148
Cuadro 55	% cenizas en semilla Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	148
Cuadro 56	% Grasa total de Piñón Blanco en estado Seco.....	148
Cuadro 57	Humedad de semillas de Piñón Blanco en estado Seco.....	149
Cuadro 58	% cenizas en semilla de Piñón Blanco en estado Seco.....	149
Cuadro 59	Índice de Acidez del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	149
Cuadro 60	Índice de lodo del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	150
Cuadro 61	Índice de Peróxido del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro....	150
Cuadro 62	Densidad del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	150
Cuadro 63	% Impurezas del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	151
Cuadro 64	% Ceniza del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	151
Cuadro 65	Viscosidad del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	151
Cuadro 66	% Humedad del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	152
Cuadro 67	Punto de humo del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro.....	152
Cuadro 68	Acidez del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	152
Cuadro 69	Índice de lodo del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	153
Cuadro 70	Índice de Peróxido del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	153
Cuadro 71	Densidad del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	153
Cuadro 72	% de Impurezas del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	154
Cuadro 73	% Ceniza del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	154
Cuadro 74	Viscosidad del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	154
Cuadro 75	% Humedad del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	155
Cuadro 76	Punto de humo del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro.....	155
Cuadro 77	Acidez del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	155
Cuadro 78	Índice de lodo del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	156
Cuadro 79	Índice de Peróxido del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	156

Cuadro 80	Densidad del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	156
Cuadro 81	% de Impurezas del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	157
Cuadro 82	% Ceniza del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	157
Cuadro 83	Viscosidad del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	157
Cuadro 84	% Humedad del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	158
Cuadro 85	Punto de humo del aceite de Piñón Blanco en estado Seco.....	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Desarrollo de las semillas del Piñón Blanco.....	3
Figura 02	Planta de la <i>Jatropha curcas</i> L.....	5
Figura 03	Distribución de <i>Jatropha curcas</i> en el mundo.....	6
Figura 04	Descripción botánica del Piñón Blanco.....	9
Figura 05	Flor de la <i>Jatropha curcas</i> L.....	12
Figura 06	Partes importantes de <i>Jatropha curcas</i>	13
Figura 07	Frutos y semillas del Piñón Blanco.....	14
Figura 08	Etapas y tiempo en el desarrollo del fruto del Piñón Blanco.....	22
Figura 09	Aceite del Piñón Blanco.....	36
Figura 10	Prensa mecánica.....	39
Figura 11	Equipo soxhlet de 6 cuerpos para extracción en caliente.....	40
Figura 12	Diseño del campo experimental.....	62
Figura 13	Flujograma de aplicación de Biorreguladores.....	65
Figura 14	Comportamiento de Biorreguladores en la maduración del Piñón Blanco.....	73
Figura 15	Periodo de maduración del Piñón Blanco en 3 estados fisiológicos de maduración.....	74
Figura 16	Peso de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	75
Figura 17	Longitud de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	76
Figura 18	Ancho de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	77
Figura 19	Espesor de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	78
Figura 20	Peso de Almendras de semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	79
Figura 21	Peso de Testa de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	80
Figura 22	Porcentaje de humedad de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	81

Figura 23	Rendimiento de aceite de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	82
Figura 24	Porcentaje de cenizas totales de las semillas de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	83
Figura 25	Índice de Acidez del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	84
Figura 26	Densidad del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	85
Figura 27	Porcentaje de humedad y Materias volátiles del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	86
Figura 28	Viscosidad del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	87
Figura 29	Porcentaje de Impurezas del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	88
Figura 30	Porcentaje de Cenizas del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	89
Figura 31	Punto de Humo del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados de maduración.....	90
Figura 32	Índice de Yodo del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	91
Figura 33	Índice de Peróxido del aceite de <i>Jatropha curcas</i> L, en 3 estados fisiológicos de maduración.....	92

RESUMEN

El biocombustible es un combustible no contaminante accesible, sostenible y fiable, disponible a nivel local, que se obtiene a partir de fuentes renovables. Las fracciones de la biomasa que se han utilizado y siguen disfrutando de una renovada atención como materia prima para la producción de biocombustibles líquidos provienen de la agricultura, tales como: lípidos (aceites y grasas), azúcares simples y las fuentes de polisacáridos.

El biodiesel se compone de ésteres alquilo (metilo, etilo o propilo) obtenidos por reacción química de ácidos grasos, de fuentes renovables de origen animal o vegetal, con un alcohol. El biodiesel es un combustible alternativo, de combustión limpia, al diésel fósil. Químicamente, el biodiesel está compuesto por ésteres alquilo en lugar de los alcanos e hidrocarburos aromáticos de diésel derivado del petróleo.

En la actualidad el piñón blanco (*Jatropha curcas*) ha sorprendido gratamente a los investigadores de varios países, no sólo a causa de sus características agronómicas, tales como: resistencia a la sequía y su crecimiento incluso en suelos pobres, o de su capacidad de adaptación sin esfuerzo en las zonas tropicales y semitropicales, sobre todo por su alto contenido de aceite (50 - 55%) y proteína (25-30%). El biodiesel se puede obtener a partir del aceite contenido en las semillas de *Jatropha curcas* mediante transesterificación.

En el presente trabajo de tesis, fue evaluado el efecto de dos biorreguladores (Enzinom y Wuxal Boro), aplicados en tres niveles diferentes (0 cc/Há, 1500 cc/Há y 2000 cc/Há), sobre las características físicas y químicas de la semilla de *Jatropha curcas* y de su aceite, las cuales son importantes en la producción de biodiesel. Los biorreguladores se aplicaron en dos etapas, la primera al inicio de la floración y la segunda a un cincuenta por ciento de floración. Posteriormente, las semillas de piñón blanco fueron prensadas con una prensa mecánica accionada por una gata hidráulica, obteniéndose el aceite que, luego de filtrado, fue sometido a diversos análisis.

El mejor momento de la cosecha se determinó mediante análisis realizados en la semilla como el contenido de grasa total, el cual alcanzó valor de 50.43% en el estado de madurez.

En el aceite obtenido de semillas de piñón en estado maduro, los análisis realizados arrojaron los resultados siguientes:

- Índice de acidez, 1,14 mg de aceite de KOH / g.
- Índice de peróxido, 2,03 O₂ / kg.
- Índice de yodo, 98,77 g de yodo / 100 ml.
- Índice de viscosidad cinemática, 40,43 cSt.

También fueron evaluadas la gravedad específica y la densidad, cenizas sulfatadas y los residuos específicos.

Finalmente, se determinó que la mejor época de cosecha de *Jatropha curcas* es cuando se encuentra en estado maduro, debido a las mejores características y mejor calidad del aceite para la producción de biodiesel.

ABSTRACT

Biofuel is a clean fuel affordable, sustainable and reliable, available locally, which is obtained from renewable sources. Biomass fractions that have been used and are still enjoying renewed attention as a feedstock for the production of liquid biofuels from agriculture, such as lipids (oils and fats), simple sugars and polysaccharides sources.

Biodiesel include alkyl esters (methyl, ethyl or propyl) obtained by chemical reaction of fatty acids from renewable plant or animal origin, with an alcohol. Biodiesel is an alternative fuel, clean combustion, the fossil diesel. Chemically, biodiesel comprises alkyl esters instead of alkanes and aromatic hydrocarbons of petroleum diesel.

Today the white gear (*Jatropha curcas*) has pleasantly surprised the researchers from several countries, not only because of their agronomic characteristics, such as drought resistance and growth even in poor soil, or its ability to adapt effortlessly in tropical and semitropical areas, especially for its high oil content (50-55%) and protein (25-30%). Biodiesel can be obtained from the oil contained in the seeds of *Jatropha curcas* by transesterification.

In this thesis work was evaluated the effect of two bio-regulators (Enzinom and Wuxal Boro), applied at three different levels (0 cc / Ha, 1500 cc / Ha and 2000 cc / Ha) on the physical and chemical *Jatropha* seeds and its oil, which are important in the production of biodiesel. The bio-regulators were applied in two stages, the first at the beginning of flowering and the second fifty percent of flowering.

Subsequently, the seeds of physic nut were pressed with a mechanical press actuated by a hydraulic jack, the oil obtained after filtration was subjected to various analyzes.

The best time to harvest was determined by analyzes in the seed as the total fat content, which reached 50.43% value in the state of maturity.

In the oil obtained from seeds when ripe pinion, analyzes yielded the following results:

- Acid, oil 1.14 mg KOH / g.
- Peroxide, 2.03 O₂ / kg.
- Iodine, 98.77 g iodine / 100 ml.
- Index kinematic viscosity, 40.43 cSt.

Also, we evaluated the specific gravity and density, sulfated ash and specific residues.

Finally, we determined that the best time to harvest *Jatropha curcas* is when you are in a mature state, because of better features and better quality oil for biodiesel production.

I. INTRODUCCIÓN

El piñón blanco (*Jatropha curcas* L.), es una oleaginosa y se caracteriza por contener uno de los mejores combustibles. Además, la planta no requiere de suelo especial, se desarrolla en suelos áridos y semiáridos, responden bien a suelos con pH no neutros, creciendo casi en cualquier parte, es resistente al calor, requerimiento de agua es bajo, puede soportar períodos largos de sequedad, es susceptible a inundaciones y permite crear puestos de trabajo directos e indirectos y beneficia a los países subdesarrollados. El cultivo de *Jatropha* y la producción de diesel biológico puede ser una actividad muy gratificante, ya que el aceite de la semilla es una fuente de energía renovable no convencional, de bajo costo y amigable con el ambiente (Torres, 2007).

El momento óptimo para realizar la cosecha es cuando el fruto presenta coloración de amarillo-verdosa a amarillo; para la época lluviosa es conveniente cosechar la misma planta cada 4 días como máximo para que el fruto se encuentre en condiciones óptimas, mientras que en la época seca se debe de cosechar por lo menos cada 6 días (Mejía, 2006).

En la actualidad el cultivo de Piñón es una actividad con desarrollo incipiente, en cuanto a tecnología de manejo de cosecha y post cosecha, para la obtención de aceite de buena calidad y constituye una alternativa rentable y competitiva para cubrir la demanda mundial de biodiesel. En el presente proyecto de investigación, realizado con el apoyo de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir" INIA – Tarapoto, se determinó el momento óptimo de cosecha y el efecto de Biorreguladores en el cultivo de Piñón blanco (*Jatropha curcas* L.), para obtener aceite crudo de alta calidad para la elaboración de biodiesel y el desarrollo de la industria bioenergética, sostenida y competitiva en la Región San Martín.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia de los Biorreguladores en el Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.), para obtener aceite de mejor calidad como fuente de materia prima para la elaboración de biodiesel en la Región San Martín.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el momento óptimo de cosecha del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.),
- Determinar el rendimiento y calidad del aceite en las diferentes etapas de cosecha (maduros, sobremaduros y secos).

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 CULTIVOS AGROENERGETICOS

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).

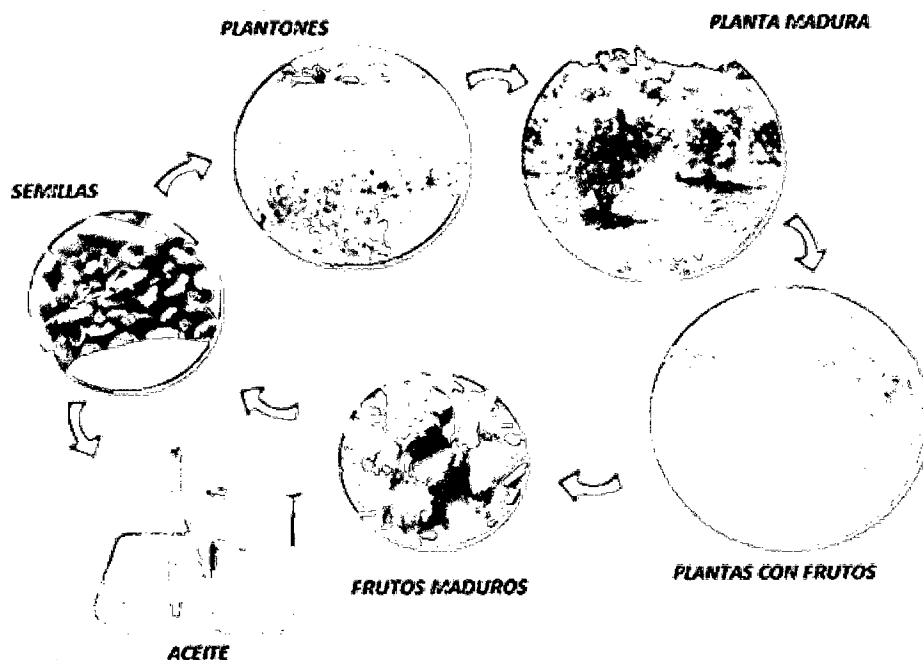


Figura N° 01. Desarrollo de las semillas del Piñón Blanco

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 y económico, como 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 ejercerían con la producción de alimentos y otros productos necesarios, entre ellos madera. A diferencia de 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 y energética. Así, interesa conseguir un alto rendimiento en la transformación energética y una alta producción anual (Mejía, 2006).

3.2 PLANTA DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.)

Es un árbol pequeño, que puede alcanzar alturas superiores a los 6 metros, es una especie resistente a la sequía y que esta cultivada extensamente en los trópicos como cerca viva, sin embargo sus semillas son tóxicas para humanos y muchos animales (Muñoz - Jiménez, 2009).

La planta de *Jatropha curcas* L. puede considerarse como una planta productivamente rápida en situaciones adversas, tierras degradadas, clima seco, tierras marginales y al mismo tiempo ser parte de un sistema agrosilvicultural. Puede plantarse en las tierras que estén en período de barbecho y a lo largo de los límites de pastizales porque no crece demasiado alto, así como también es apropiada en los terrenos sin aprovechar junto a las vías férreas, carreteras y canales de irrigación (Mejía, 2006).

A través de los años el piñón ha sido utilizado por los pobladores para medios no productivos de gran escala y rara vez se extrae el aceite para su uso como combustible.

No obstante, la planta podría tener un importante potencial para la iluminación y uso culinario en esta región, ya que pocos hogares tienen

acceso a la electricidad (5%) y la gran mayoría dependen de la madera como fuente de energía (86%) (Puente 2009, citado por Ocampo, 2010).

Además, esta planta podría ser fuente generadora de empleos y aportaría en la integración y capacitación de los campesinos para la producción de cultivos tradicionales en combinación con *J. curcas*.

Según Mejía (2006), las principales bondades de la planta *Jatropha curcas* L. son:

- Crecimiento en cualquier tipo de tierra.
- No tiene ningún insecto, enfermedad o predador (ganado u oveja) que representen una amenaza total.
- Puede sobrevivir períodos largos de sequedad.
- Puede producirse en áreas con baja lluvia (200 mm por año).
- La propagación es fácil.
- Produce frutos después del primer año, se estabiliza en su producción en el quinto año y continúa durante 25-30 años produciendo frutos de buena calidad.
- Produce muchos productos y subproductos que pueden ser aprovechables.



Figura N° 02. Planta de la *Jatropha curcas* L.

Distribución: Supuestamente llevada por portugueses a sus colonias de Asia y África entre 1750 - 1800, como planta para cercar, hoy en día se ha expandido por el mundo, especialmente las zonas cálidas. Está presente en forma natural o cultivada en casi todo Centro América, al igual que en las estribaciones de la cordillera andina y la cuenca amazónica, África del sur, Centro este y oeste. En el continente Asiático se la encuentra en la India y Medio Oriente (Figura 3) (Recalde, 2009)

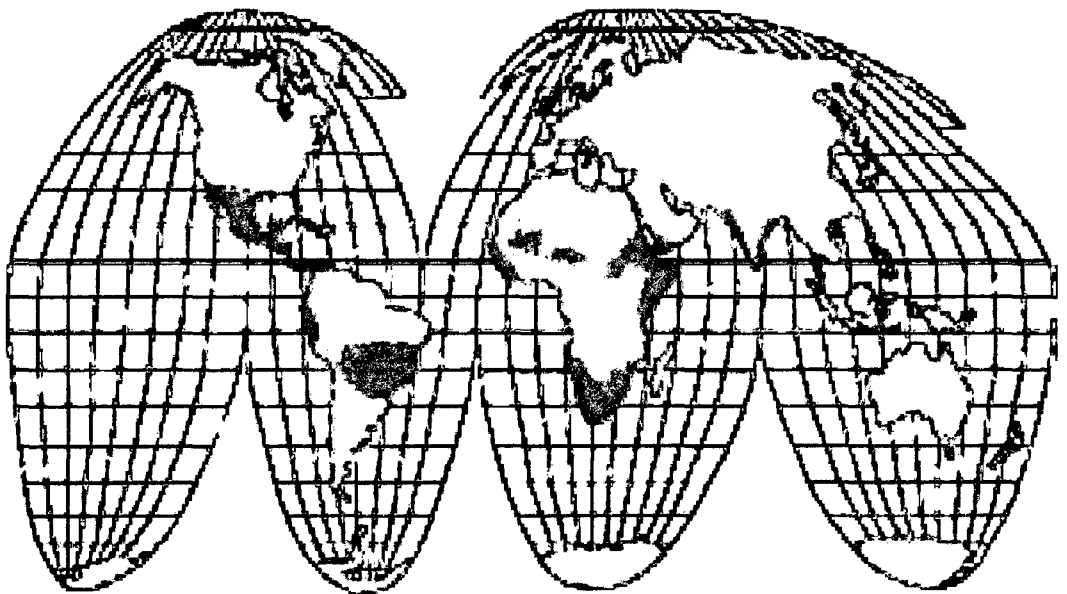


Figura N° 03. Distribución de *Jatropha curcas* en el mundo

Etimología

Del griego *iatrós* = médico, y *trophé* = alimento

El piñón (*Jatropha curcas* L.), pertenece a la familia de Euforbiáceas, es un arbusto perenne que alcanza hasta seis metros de altura. Se encuentra en casi todas las regiones intertropicales con ocurrencia en una escala más grande en las regiones tropicales y templadas. Se desarrolla bien tanto en regiones tropicales secas como en zonas ecuatoriales húmedas, pueden crecer en suelos áridos y pedregosos, soportando largos periodos de sequías. Puede ser encontrado desde el nivel del mar hasta 1200 m sobre el nivel del mar. En suelos de ladera con poca precipitación y expuesta a

vientos, el crecimiento se atrofia, no excediendo 2 metros de altura. La producción del Piñón es variable y depende del material de siembra, la región, método de cultivo, manejo agrícola, así como la regularidad de lluvias y la fertilidad del suelo. Puede ser plantada en áreas degradadas, no apropiadas para otros cultivos (Heller, 1996)

El piñón aun no es una especie totalmente domesticada, sin embargo, ya comenzaron los programas de mejoramiento genético y de manejo agronómico para las diferentes condiciones edafoclimáticas, que pueda establecer un modelo de sistema de producción bien definido (Martínez, 2009).

3.2.1 Origen

Según el país en que fue reconocida esta especie, ha recibido diferentes nombres triviales, tales como: (México) Nuez purgante - piñón o piñoncillo, (Inglaterra) purging nut, (Costa Rica) tempate, (India) Seemai Kattamanakku, (Portugal) Habel meluk y en otros 30 países como Piñón blanco o Piñón de Leche, (Brasil) pinhao manso, physic nut (países de habla inglesa). También se le conoce como Piñón Botija en algunas regiones de América (Falasca y Ulberich, 2008).

La *Jatropha curcas* es una oleaginosa de porte arbustivo, perteneciente a la familia de las Euforbiáceas, que tiene más de 3500 especies agrupadas en 210 géneros (Falasca y Ulberich, 2008).

Presenta un uso potencial para áreas deforestadas, erosionadas, suelos de áreas marginales, con una vida útil de 30 - 50 años, aunque se han reportado casos de una longevidad de 100 años (Toral et al., 2008).

Hasta 1939 el principal uso del aceite de *Jatropha curcas* era la saponaria y fabricación de estearina, pero debido a las necesidades militares comenzaron a estudiarse otros posibles usos. Durante la segunda Guerra

Mundial se empleó, en África, el aceite como lubricante de motores (Falasca y Ulberich, 2008).

Los indios guaraníes, que la denominaban como Kuri jyva y Turuvi, empleaban las semillas como purgante y las raíces como depurativas, para rejuvenecer y como aromática (Falasca, Ulberich, 2008).

Si el aceite se consume en dosis elevadas, produce alteraciones del tracto gastrointestinal, que se manifiesta con náuseas, vómitos, y gran sudoración, pudiendo llegar a producir la muerte. Según Héller, 1996 su área de dispersión en Sudamérica abarca Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Galápagos, Paraguay, Perú y Venezuela, llegando a la Argentina, habiéndosela reconocido en varias provincias (Falasca y Ulberich, 2008).

3.2.2 Descripción botánica

Árbol caducifolio con altura de 4 a 8 m y diámetros de hasta 20 cm, fuste recto que se ramifica a poca altura y tiene una copa amplia e irregular. La corteza es de color verde amarillento y delgado, desprendiéndose en tiras horizontales. Hojas simples, alternas con peciolos de 5 a 35 cm de largo; lámina palminervada, de 7 a 32 cm de diámetro, generalmente se divide a tres o cinco lóbulos. Tiene borde liso, ápice agudo, de base cordada, haz verde y envés verde claro; flores masculinas y femeninas en la misma planta con algunas flores hermafroditas y plantas solamente con flores femeninas; cáliz de la flor con cinco sépalos de 3 mm de largo; corola verdosa acampanada con cinco lóbulos extendidos; flores masculinas con cinco estambres; flores femeninas con ovario de tres celdas, estilo corto y tres estigmas bifurcados, peciolos cortos (Torres, 2007).



Figura N° 04. Descripción botánica del Piñón Blanco

El fruto es una cápsula elíptica de 2.5 a 4 cm de largo y de 2.6 a 2.9 cm de ancho, color amarillo, un poco carnososa. Al madurar se torna de color amarillo a café oscuro y se abre en tres partes (Torres, 2007).

3.2.3 Taxonomía

Torres (2007), nos 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>

3.2.4 Morfología vegetal

Su tallo es cilíndrico, verde y robusto que produce ramas con savia láctea; las hojas se forman normalmente con 5 a 7 lóbulos acuminados poco profundos y grandes, se colocan de forma alterna a subalterno opuestos y se caen durante la época seca; las inflorescencias se forman en la parte terminal de las ramas; los frutos son cápsulas de 2.5 a 4 centímetros de largo por 2 centímetros de ancho, inicialmente verdes pero volviéndose a café oscuro o negro cuando maduran.; la fruta produce tres almendras negras, cada una aproximadamente de 2 centímetro de largo y 1 centímetro en el diámetro (Muñoz, 2009).

El aceite de las semillas en dosis elevadas produce alteraciones en el tracto gastrointestinal y puede causar la muerte, la corteza, hojas, fruto, raíces contienen cianuro. Las semillas tienen el alcaloide curcina, aunque el tostado de las semillas elimina los efectos perjudiciales. El porcentaje de aceite en las semillas es de 30.5% (Muñoz, 2009).

Jatropha curcas crece casi en cualquier parte, incluso en las tierras cascajosas, arenosas y salinas, puede crecer en la tierra pedregosa más pobre, inclusive puede crecer en las hendiduras de piedras. La materia orgánica de las hojas mejora la fertilidad de la tierra (Muñoz - Jiménez, 2009).

Climáticamente, la *Jatropha curcas* se encuentra en los trópicos y subtropicos, le gusta el calor aunque también las más bajas temperaturas y puede resistir una escarcha ligera. Su requisito de agua es sumamente bajo y puede resistir períodos largos de sequedad por el derramamiento de la mayoría de sus hojas para reducir la pérdida durante la transpiración, (Muñoz - Jiménez, 2009).

Según Bisse (1988), Heller (1996) y Joker y Jepsen (2003), citados por Toral et al., (2008), esta especie se caracteriza por presentar:

Porte. Arbusto o árbol pequeño, caducifolio, de hasta 8 m de alto, usualmente menos, y DAP de hasta 20 cm, con fuste ramificado a poca altura (Toral et al., 2008).

Copa. Ancha e irregular (Toral et al., 2008).

Tallo. Los tallos crecen con una discontinuidad morfológica en cada incremento. Es un cilindro verde, robusto, que produce ramas con savia láctea o rojiza viscosa (Toral et al., 2008).

Raíz. Normalmente se forman cinco raíces en los arbolillos, una central y cuatro periféricas (Toral et al., 2008).

Corteza. Verde amarillento, pálido y casi liso, delgado como el papel, con desprendimientos en tiras horizontales. Corteza interna blanca con rayas rojas. Exuda una sabia amarillenta y de sabor astringente (Toral et al; 2008).

Hojas. Simples, alternas, con pecíolos largos, con una longitud de 10 a 15 cm y anchura de 9 a 15 cm, ovadas, con una filotáxis espiral y se caen durante la época seca. Son hojas anchamente ovadas, abiertamente cordadas en la base con cinco nervaduras; lámina acorazonada, de 7 - 32 cm de diámetro, con tres a cinco lóbulos, de borde liso, acuminados, pocos profundos y grandes. La haz es verde; el envés verde claro, glabro o con pelillos finos (Toral et al; 2008).

Flores. Están ubicadas en inflorescencias que se forman en las axilas de las hojas. Cada flor presenta diez estambres en el androceo, en dos espirales distintas de cinco cada uno. En el gineceo, los tres estilos delgados son los conatos, que están aproximadamente a dos tercios de su longitud, dilatando el estigma bifurcado (Toral et al; 2008).



Figura N° 05. Flor de la *Jatropha curcas* L.

Ambas flores, masculinas y femeninas, son pequeñas (6 - 8 mm), verdoso-amarillas y pubescentes. Los pétalos son de 6 - 7 mm de largo. La longitud del peciolo fluctúa entre 6 - 23 mm. Las flores femeninas presentan brácteas acuminadas y las masculinas, brácteas aovadas y pedicelos pubescentes (Torál et al., 2008).

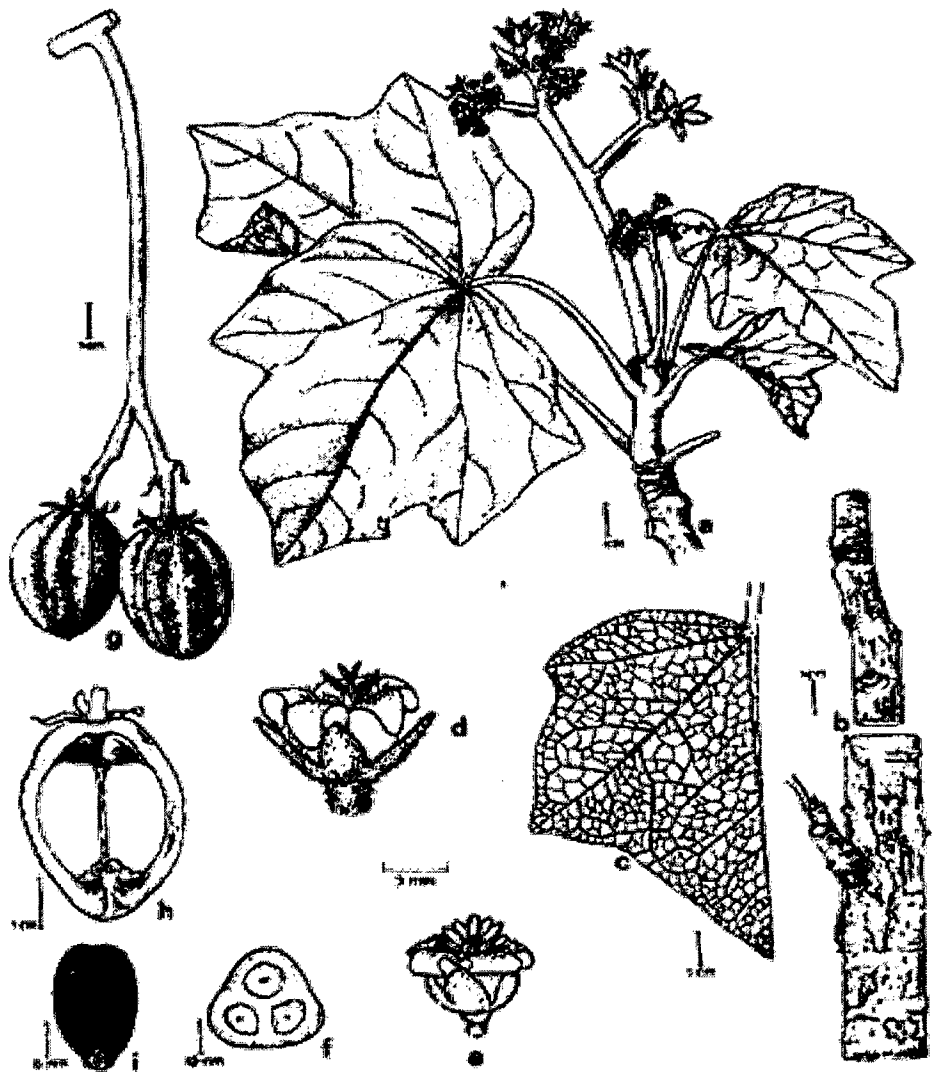


Figura N° 06. Partes importantes de *Jatropha curcas*: a) ramas florecidas; b) corteza; c) venas de la hoja; d) flores con pistilos; e) flor con estambres; f) corte transversal de un fruto inmaduro; g) frutos; h) corte longitudinal de un fruto; i) semilla.

Frutos. Son cápsulas drupáceas y ovoides. Después de la polinización, se forma una fruta trilocular de forma elipsoidal. Las frutas son cápsulas inicialmente verdes, pero cambian a café oscuro o negro con posterioridad. Las cápsulas de los frutos son de 2.5 a 4.0 cm de largo por 2.0 cm de ancho, elipsoidales y lisas, que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas, pero dehiscentes cuando secas (Mejia, 2006). Los frutos se producen en invierno cuando el arbusto bota sus hojas. Cada inflorescencia rinde un manojito de aproximadamente 10 frutos o más. El

desarrollo del fruto necesita alrededor de 90 días desde la floración hasta que madura la semilla (Mejia, 2006).

Semillas. Dos a tres por fruto, oblongo elipsoides, de aproximadamente 2 cm de largo y 1 cm de ancho, pálidas, con líneas negras conspicuas.

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 (Toral et al., 2008).

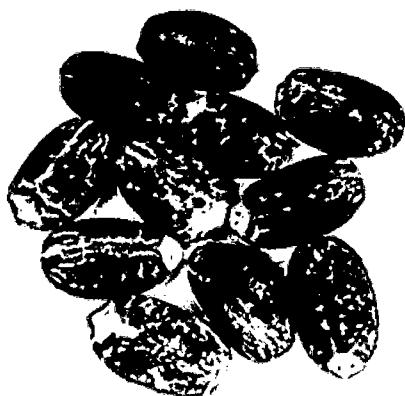


Figura N° 07. Frutos y semillas del Piñón Blanco

La semilla es cosechada cuando la cápsula está madura y ésta cambia del verde a amarillo, ocurre después de dos a cuatro meses de la fertilización. Las semillas descascaradas negruzcas, 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 / há. La planta empieza dando la semilla en un período máximo de 2 años (Toral et al., 2008).

El aceite contiene 21% de ácidos grasos saturados y 79% ácidos insaturados. Hay algunos elementos químicos en la semilla que son venenosos siendo no apropiado para el consumo humano; La semilla contiene un aceite viscoso que representa del 28 a un 35 de su peso, que puede convertirse en biocombustible por un proceso de transesterificación o ser utilizado para la producción de jabón (Mejía, 2006).

3.2.5 Datos ambientales

3.2.5.1. Cultivo

Jatropha curcas puede ser asociado con cultivos de ciclo corto; como tomate, pimiento, sandía, zapallo entre otros entonces se utilizan densidades de siembra como por ejemplo: 4x3, 4x4, 5x2, 5x3, 5x4, 5x5, asociados (Muñoz - Jiménez, 2009).

En cuanto a podas, aún no se ha determinado exactamente cuál es la forma y tiempo de poda más eficaz pero se hacen podas de formación al segundo año y de fructificación desde el tercer año en adelante (Muñoz - Jiménez, 2009).

El piñón se puede propagar tanto asexualmente por partes vegetativas, como también de forma sexual. Otra opción para reproducción es el cultivo de tejidos para la propagación rápida y mejoramiento genético en genotipos seleccionados de *Jatropha curcas*, resulta altamente deseable (Muñoz - Jiménez, 2009).

Esto permite proveer rápidamente material para nuevas plantaciones, considerando genotipos seleccionados de acuerdo a sus propiedades como productividad, resistencia etc, (Muñoz - Jiménez, 2009).

Las plantas sembradas con mayor espaciamiento alcanzaron un mayor desarrollo vegetativo y sus cosechas fueron adecuadas (794 kg / há). En

sitios semiáridos inclinados, se emplean como arbustos para reforestar y mejorar el suministro de agua para las plantas, y se logra un mejor control de la erosión (Muñoz - Jiménez, 2009).

Las grandes plantaciones para usos energéticos son sólo apropiadas en tierras marginales, no comprometidas con la producción de alimentos. Si existe una alta presión por el uso la tierra, la *jatropha curcas* normalmente se plantaría como un seto vivo para cerca vivas en campos.

En plantaciones comerciales se recomienda una siembra a marco real con un distanciamiento entre planta de 5m, obteniéndose una población de 400 individuos por hectárea. Alcanza su máxima producción de semilla en un periodo de tres a cuatro años, alcanzando una producción de 0.4 a 10 toneladas de semillas por hectárea al año (Muñoz - Jiménez, 2009).

3.2.5.2. Propagación del Cultivo

El piñón puede ser propagado por semilla y estacas, pero hay que tener cuidado que el material provenga de madres seleccionadas sanas y de buena productividad. Las plantas provenientes de semilla auguran una longevidad de 30 a 50 años. Las propagadas por estacas son menos resistentes a la sequía por falta de raíz vertical lo que en muchos casos conlleva a una menor longevidad (Echeverría, 2008).

Heller (1996) y el IIAP (1999), citados por Toral *et al.* (2008), plantean que la propagación es por medio de semilla y por estaca. Por lo general, la semilla fresca muestra porcentajes altos de germinación (alrededor de 80%) y esta se inicia a los 10 - 30 días después de la siembra. Como tratamientos pre germinativo se ha utilizado la remoción parcial de la testa, el remojo en agua corriente durante 24 horas, o tiempos alternos de remojo y secado. La siembra puede hacerse en camas de arena o directamente en bolsas, con la cicatriz de la semilla hacia abajo.

En las bolsas se recomienda un sustrato franco a franco arenoso, preferiblemente mezclado con abono orgánico. Las plantas tardan de cinco a siete semanas para alcanzar la altura apropiada para su establecimiento en el campo. Aunque las plántulas crecen muy rápido, deben permanecer en las bolsas por tres meses hasta alcanzar entre 30 y 40 cm de alto.

Para entonces estas ya habrán desarrollado su olor repelente que les impedirá ser comidas por los animales (Toral et al., 2008).

Joker y Jepsen (2003), citados por Toral et al., (2008), comentan, que las especies también puede propagarse mediante estacas de 1 m de longitud y 5 cm de diámetro promedio, y la brotación ocurre a los 20 días aproximadamente. El método de propagación depende del uso que se le dará a la plantación; generalmente se prefiere realizar la propagación por semillas si se quiere el establecimiento de plantaciones duraderas para la producción de aceite.

La siembra directa sólo debe hacerse en áreas con abundante humedad, después del inicio del período lluvioso. Si se desea lograr el rápido establecimiento de setos y plantaciones para el control de la erosión, es preferible la siembra directa de esquejes (Toral et al., 2008).

Se ha reportado que los esquejes de 30cm de longitud son los de mayor índice de supervivencia, y que las plantas que son propagadas por esquejes normalmente producen semillas al cabo de un año y su crecimiento es rápido (Toral et al., 2008).

3.2.5.3. Plantación

Después de la preparación del terreno se procede al trazado y estaqueado de acuerdo al sistema de siembra más apropiado. Luego se realiza el poceado según las condiciones del suelo. Se recomienda hacerlo de 0.30 m x 0.30 m. El hoyo de siembra debe ser llenado con una mezcla que contenga 1 kg de compost o humus y tierra. Enseguida se realiza el trasplante de las

plántulas con mucho cuidado para no causar daño a las raíces. En los suelos ácidos se recomienda aplicar gallinaza ya que contiene cal y sirve como enmienda (Echeverría, 2008).

El piñón de botija puede sembrarse en cualquier época del año. En plantaciones a nivel comercial se recomienda una siembra a marco real, con una distancia entre plantas de 5m, y se obtiene una población de 400 individuos por hectárea (IIAP, 1999); aunque según Hooda y Rawat (2005), citado por Toral et al., (2008) la experiencia de la India y otros lugares muestra que una densidad de 2 500 plantas por hectárea (con distancia de 2 x 2 m) puede ser óptima. La floración ocurre durante el período poco lluvioso y se observan dos picos, aunque en regiones permanentemente húmedas se presenta durante todo el año.

Las semillas maduran unos tres meses después de la floración y con buenas condiciones de humedad las plantas provenientes de semilleros pueden producir frutos después de la primera estación lluviosa; sin embargo, las plantas sembradas directamente maduran después de la segunda estación lluviosa (Toral et al., 2008).

3.2.6 Manejo agronómico

En las cercas vivas crece sin necesidad de manejo, excepto los cuidados tradicionales de control de malezas mientras el árbol se establece. Si se usa como tutor requiere podas periódicas, de acuerdo con los requerimientos del cultivo asociado. Frecuentemente se cultiva libremente en jardines y huertos familiares como planta de sombra y ornato (Toral et al., 2008).

Mayorga (2006), considera necesarias las podas de este cultivo a partir de los tres años, pues estas regulan la altura de las plantas para facilitar la cosecha, permiten la penetración de la luz hasta las ramas inferiores y la entrada del tractor para la eliminación e incorporación de malezas y rastrojos, además de aumentar los rebrotes productivos; también se hacen

como una práctica de saneamiento, eliminando las ramas muertas para evitar el desarrollo de pudriciones.

La poda se realiza antes de la llegada de las lluvias y la altura no debe ser menor que 2.5 m. El corte de una rama se debe hacer de un solo golpe y en forma diagonal, para así evitar la acumulación de agua de lluvia y, por consiguiente, su pudrición, en el cuadro 01 se muestra el calendario fenológico del Piñón Blanco, (Toral et al., 2008).

Cuadro N° 01: Calendario fenológico

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HOJAS											
			FLORES								
						FRUTOS					
									SIEMBRA		

Fuente: Toral et al., 2008

3.2.6.1 Densidad de Plantación

Las densidades pueden ser de 2500, 1600, 1111 y 833 plantas por hectárea; esto implica colocarlas con un distanciamiento 2 m x 2 m; 2.5 m x 2.5 m; 3 m x 3 m y 4 m x 3 m respectivamente. En terrenos ondulados y con pendiente se recomienda realizar la plantación en curvas de nivel (Echeverría, 2008).

3.2.6.2 Época de siembra

La planta de piñón debe trasplantarse con mucho cuidado para no causar daño a la raíz. Las prácticas de traslado y trasplante deben hacerse con precaución especialmente al quitar la bolsa plástica, procurando que la tierra no se destruya. La siembra debe hacerse de preferencia al inicio de las lluvias o en cualquier época del año si se cuenta con riego (Echeverría, 2008).

3.2.6.3 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.

Después de cada poda por árbol se debe desinfectar la tijera de podar en una solución de agua con jabón y lejía (Echeverría, 2008).

La segunda poda se debe realizar a los dos meses de la primera y la tercera 60 días después de la segunda, esta última debe ser selectiva aplicándose sólo a las plantas que tienen menor cantidad de ramas para favorecer su incremento hasta lo óptimo indicado las podas deben realizarse cuando las ramas tienen un color verde grisáceo y de acuerdo al crecimiento de las mismas. Es necesario mantener al árbol a una altura máxima de 2 m para favorecer la cosecha (Echeverría, 2008).

3.2.6.4 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).

3.2.6.5 Control de maleza

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).

3.2.6.6 Principales plagas y enfermedades

Hormiga Indanera y "Curuhuinsi": El piñón en el vivero y después del trasplante es atacado por hormigas que lo defolian y le raspan el tallo, lo que retrasa su crecimiento. Esto ocurre debido a que en edad temprana la planta no tiene concentraciones de curcina que generen suficiente toxicidad para el control de hormigas. Para evitar esta plaga se deben preparar cebos sobre la base de ralladura de la cáscara de una naranja, 100g de harina de maíz y una cuchara sopera de insecticida (Echeverría, 2008).

Grillo Topo: El grillo adulto se encuentra cerca de la planta, enterrado bajo terrones, en rastros o en las malezas y causa daño al raspar o trozar el tallo, lo que atrasa el desarrollo de la planta. Como prevención a las plagas y enfermedades no es recomendable sembrar yuca en asocio o cerca al piñón, ya que pertenecen a la misma familia (Echeverría, 2008).

3.2.7 Índices de Madurez y momento óptimo de recolección

El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Así, después de la polinización y cuajado, la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin que sea fácil establecer cuando acaba una y empieza la otra (Argón et al. 2006).

La cosecha de las frutas en el estado de madurez apropiado es un factor de primera importancia debido a que de él depende la duración en almacenamiento del fruto, así como la calidad del producto final y la

aceptación por parte del consumidor. Cuando la fruta se cosecha inmadura, aunque reciba los más adecuados manejos de post cosecha, la calidad comestible y sensorial será inferior a la fruta que es cosechada con la madurez óptima (Argón et al. 2006).

Debido a la problemática anterior se hace imprescindible el conocimiento y la selección de los índices de maduración idóneos para cada fruto. En el presente trabajo se muestran los índices principales de maduración, tanto tradicionales como aquellos que usan técnicas instrumentales avanzadas para determinar el momento adecuado de cosecha en las frutas que se pretenden comercializar (Argón et al. 2006).



Figura N° 08. Etapas y tiempo en el desarrollo del fruto del Piñón Blanco

El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas, caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. Así, después de la polinización y concebida la vida de las frutas puede dividirse en tres etapas fisiológicas fundamentales: crecimiento, maduración y senescencia, sin saber cuándo acaba una y empieza la otra. Por lo que existen algunos índices que sirven tanto para seguir la maduración del fruto como la

evolución de calidad organoléptica durante la frigo conservación y posterior maduración a temperatura ambiente (Argón et al. 2006).

Índices de maduración en un fruto

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto. En los frutos climatéricos, este proceso es controlado, fundamentalmente, por el etileno y su actividad respiratoria (Moin, 1970), citado por (Argón et al. 2006). Por lo tanto, a medida que el fruto se desarrolla en el árbol sufre una serie de cambios anatómicos, fisiológicos y bioquímicos que son perfectamente evaluables. Debido a la importancia de obtener frutos con unas características de madurez óptimas existen índices para determinar el momento óptimo de recolección.

Los índices más utilizados para medir la de madurez de un fruto son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez, siendo todos ellos de empleo muy práctico. Otros, como número de días desde plena floración, la intensidad de respiración y la producción de etileno son más indicados para estudiar las características fisiológicas (Knee y Hattfield, 1989), citado por (Argón et al. 2006).

Cuadro N° 02: Índices de madurez para frutas, citado por (Argón et al. 2006).

ÍNDICES	EJEMPLOS
Días transcurridos desde la floración hasta la cosecha	Manzanas y peras
Promedio de unidades de color durante el desarrollo	Manzanas y maíz (elote)
Desarrollo de la capa de abscisión	Algunos melones y manzanas
Morfología y estructura de la superficie	Formación de la cutícula en uvas y tomates
	Malla en algunos melones
	Brillo en algunos frutos (desarrollo de cera)
Tamaño	Todas las frutas
Gravedad específica	Cerezas y sandías
Forma	Angularidad en la banana. Llenado de los hombros del mango
Firmeza	Manzanas, peras y frutos de huesos
Color externo	Todas las frutas
Color y estructuras internas	Color de la pulpa en frutas
Contenido de almidón	Manzanas y peras
Contenido de azúcares	Manzanas, peras, frutos de hueso y uva
Contenido de ácidos, proporción azúcar/ácido	Granada, cítricos, papaya, melones y kiwi
Contenido de zumo (jugo)	Cítricos
Astringencia (contenido en taninos)	Caqui y dátiles
Concentración interna del etileno	Manzanas y peras

Fuente: Kader, A.A. 1983. Postharvest Quality Maintenance of Fruits and Vegetables in Developing Countries.

La selección y aplicación adecuada de los índices de maduración ayudan a determinar el momento apropiado para cosechar un fruto. Este último es uno de los aspectos más importantes en la producción de frutas para su consumo, o posterior conservación. Además, la determinación de índices de maduración se refleja en la calidad de la fruta y por consiguiente en las utilidades, al generar menos desperdicio (fruto con características no deseadas por el consumidor). Las investigaciones recientes, están abocadas en obtener métodos nuevos para determinar la fecha adecuada para la

recolección de los frutos, esto se hace con más precisión debido a lo exigente de los mercados importadores; además estas pruebas no son destructivas, y las pérdidas por realizarlas son mínimas (Argón et al. 2006).

3.2.8 Cosecha y conservación del producto

Partes aprovechadas: Semilla, látex, hoja, raíz y corteza.

Los frutos son cosechados completamente maduros, cuando el epicarpio presente una coloración oscura, acentuándose su producción a partir del tercer año. Anualmente se obtiene alrededor de 30 Kg de fruto por planta, de las cuales, 12 Kg corresponden a la semilla (Muñoz - Jiménez, 2009).

El rendimiento es de 12 t de frutos por hectárea y 4.8 t de semilla (con una población de 400 plantas por ha, con un marco de plantaciones de 5 X 5 m). Anualmente, puede presentar hasta 2 épocas de floración, generalmente se presenta en los meses de mayo y julio y la de fructificación en julio y octubre (Muñoz - Jiménez, 2009).

3.2.9 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 ravenoides (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 (Perry, 1980; citado por de la Vega, 2006).

3.2.10 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.

El uso de las semillas como comida para animales no es posible si no existe una anterior detoxificación. En algunos casos la toxicidad se ve influenciada

por el lugar de origen. En México, la semilla puede ser comida una vez que el embrión fue quitado, luego de ser procesadas. No obstante, la literatura de referencia muestra muchos casos de envenenamiento (Héller, 1996).

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 (Toral 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).

La toxicidad de las semillas de *Jatropha curcas* L. (variedad tóxica) se atribuye precisamente a la toxo-albúmina de acción fuertemente purgante en el hombre y el ganado. La sintomatología de la intoxicación es semejante a la observada con las semillas de ricino. La ingestión del látex o de los extractos de hoja, poseedores del mismo tóxico, provocan irritación intensa en la garganta, dolores abdominales, diarrea, vómito y, en ocasiones, gastroenteritis severa (Lozoya, 2008).

3.2.11 Usos

Históricamente, las partes de la planta utilizadas con propósitos medicinales son las hojas frescas o secas y la savia o látex, como en el caso de otras

Euforbiáceas. Estas partes se usaban para aliviar padecimientos de la piel, curar infecciones y hacer lavados antisépticos. La savia se colecta haciendo incisiones en las hojas tiernas, en las ramas y los tallos, de donde brota fácilmente y se usa para curar heridas y tratar infecciones, granos, verrugas, etc. En el pasado, las hojas y semillas fueron utilizadas en forma de infusión para producir vómito y como laxantes intensos. Existen reportes de la época colonial en los que los españoles se refieren a este ‘piñón de Indias’ como un drástico laxante diciendo que “...comidas media docena de semillas hacen echar todo cuanto se tiene en el cuerpo” (Cobo, Historia del Nuevo Mundo, año 1648). A lo largo del período colonial y, sobre todo a partir del siglo XIX, la *Jatropha* quedó definida como una planta tóxica, atribuyendo a las semillas su contenido en una “toxalbumina” cuyos beneficios medicinales distaban mucho de ser útiles frente al riesgo que provocaba su ingestión (Lozoya, 2008).

A la *Jatropha* se le ha comparado con las semillas del ricino (*Ricinus comunis*), otra planta de la misma familia de las Euforbiáceas, las cuales siendo ricas en aceite se utilizaron durante siglos para obtener un laxante de uso farmacéutico muy difundido no obstante su difícil obtención, en frío, para evitar su alta toxicidad. Finalmente, cuando se descubrieron otros medicamentos menos riesgosos para el mismo propósito el aceite de ricino quedó en el olvido. De la misma manera comparativa con la *Jatropha*, el ricino también tuvo su episodio de interés industrial al promoverlo en la primera mitad del siglo XX como materia prima para la producción del aceite de ricino (raising oil) y como un lubricante excepcional para máquinas, debido a su muy bajo punto de congelación, lo que lo vuelve idóneo para la lubricación de motores de avión y maquinaria sofisticada (Lozoya, 2008).

Actualmente la *Jatropha* también está suscitando interés industrial como materia prima para producir biocombustibles en vista de su alto contenido en ésteres del forbol, compuestos que son fácilmente degradables en combustibles de origen fermentativo. Al mismo tiempo, se promueve el uso de la semilla (piñón blanco) como alimento del hombre y el ganado

argumentando que existen variedades no-tóxicas de la misma especie y, por último, se revaloran sus propiedades medicinales a la luz de nuevas investigaciones sobre el contenido químico de las semillas, en especial de la curcina, compuesto que posee comprobadas propiedades antitumorales y del látex cuyos efectos antibióticos y antivirales están bien comprobados (Lozoya, 2008).

3.2.12 Actividad antibiótica

Existen estudios clínicos (en humanos) en pacientes con verrugas en piel demostrando el 100% de curación. Su utilidad se limita a la aplicación exterior, tópica, que se hace de estos materiales vegetales, para tratar infecciones cutáneas de muy diverso origen, ya que la administración por la boca de estos productos no es recomendable en vista de la antes descrita toxicidad (Lozoya, 2008).

A esta misma actividad se refieren los estudios que comprueban su efectividad como desparasitante y como insecticida. Los reportes son numerosos y explican el uso que la planta tiene en diversos países para tratar padecimientos infecciosos o destruir plagas de los más diversos orígenes (Lozoya, 2008).

3.2.13 Impactos y beneficios de la *Jatropha curcas* L. (De la Vega, 2006).

Impactos positivos en el desarrollo:

- Generación de empleos en comunidades rurales.
- Beneficios para inversionistas y productores.
- Productores en comunidades rurales aseguran ingreso adicional duradero.
- Uso de terrenos improductivos.
- Obtención de bonos de carbono y certificados de reducción de emisiones de CO₂.

- Se evita la utilización de alimentos para elaboración de biocombustibles.
- Se participa en programas y mecanismos relacionados con energía limpia.
- Promoción de la sustentabilidad en el medio rural.

Impactos positivos en el medio ambiente:

- Captura de CO₂ atmosférico.
- No se interviene en el ciclo del Carbono.
- Se evita la desertificación, la deforestación y degradación en los suelos.
- Se favorece la bio-diversidad y conservación ecológica en zonas marginales.
- Reducción en el uso de energía fósil primaria.
- Disminución de las emisiones de CO₂ (gas de efecto invernadero).

El Piñón es una planta amigable con la naturaleza, la cual presenta algunas bondades medicinales, también es bastante reconocida por la extracción de aceite de sus semillas, para la elaboración de biodiesel y jabón, un impacto positivo al medio ambiente es la captura de carbono, otro beneficio es el uso de la torta de Piñón como abono para diferentes cultivos y alimento para animales (Muñoz - Jiménez, 2009).

Un beneficio del aceite de Piñón es que puede ser utilizado directamente como combustible, no así otros aceites vegetales derivados de cultivos como soya, higuera y algodón, que necesariamente tienen que ser transformados a combustibles para poder ser utilizados, esto es debido a que estos tipos de aceites tienen un contenido elevado de ácidos poli insaturados y otros compuestos químicos que representan problemas de combustión en los motores (Muñoz - Jiménez, 2009).

Beneficios a inversionistas:

- Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
- Acceso al mercado de biomasa y biocombustibles.
- Acceso al mercado de bonos de carbono.
- Obtención de certificados de reducción de emisiones de CO₂.
- Deducibilidad de las inversiones
- Creación de capacidad técnica y comercial.

Beneficios a productores:

- Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
- Aseguramiento de ingresos adicionales duraderos.
- Acceso a biocombustibles.
- Obtención de asistencia técnica y capacitación.
- Aprovechamiento de suelos improductivos marginales.
- Disminución de la dependencia en cultivos agrícolas alimentarios.
- Mayor influencia en el ámbito rural.
- Se evita la degradación de los suelos y la deforestación.
- Creación de capacidad técnica y comercial.

3.2.14 Objetivos en el cultivo de *Jatropha* (De la Vega, 2006).

- Producción sustentable de biomasa y biocombustibles para consumo local.
- Captura de dióxido de carbono atmosférico (reducción de emisiones).
- Asegurar recursos alternativos de energía.
- Disminuir la interdependencia y vulnerabilidad en el abastecimiento de petróleo.
- Opción frente al decremento en las reservas de petróleo y otros combustibles fósiles.

- Reducir las emisiones de CO₂ frente al cambio climático global.
- Mejorar las condiciones económicas en el sector rural.
- Desarrollo regional mediante nuevas actividades.
- Fomentar la biodiversidad y la conservación ecológica.
- Propiciar cambios positivos considerando que el mercado agrario en países en desarrollo subsiste aceptando precios bajos, y en países desarrollados subsiste mediante subsidios altos.
- Fomentar el uso de energía renovable sustentable.
- Aprovechamiento de suelos no aptos para producción alimentos.
- Aprovechar las condiciones favorables de clima y suelos.
- Proporcionar asistencia técnica y capacitación a productores agrícolas y pecuarios.
- Apoyar a productores e inversionistas en el desarrollo de proyectos.
- Fomentar la expansión de cultivos regionales sustentables mediante proyectos piloto.
- Crear capacidad técnica y comercial.
- Tener influencia positiva, nacional e internacional, en los sectores gubernamentales y privados con relación a leyes y reglamentos sobre la producción de biomasa para obtención de bio-energía.
- Apoyar el desarrollo de infraestructura en un entorno equitativo y abierto.
- Aprovechamiento de los subproductos derivados de la elaboración de biocombustibles.
- Generar contratos de producción de biomasa en regiones rurales.
- Obtener beneficios de los bonos por captura de carbono en plantaciones.
- Obtener certificados por reducción de emisiones de CO₂.
- Evitar la desertificación y la degradación de los suelos.
- No utilizar alimentos para producción de energía.
- Propiciar la formación de asociaciones de productores de biomasa y biocombustibles que permitan ingresos adicionales a productores e inversionistas en comunidades rurales.

3.3 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). En el siguiente cuadro se detalla el análisis proximal de las semillas del Piñón Blanco (Mejía, 2006).

Cuadro N° 03: 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

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 negruzcas, 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).

Las semillas son longevas y debe reducirse su humedad hasta alcanzar entre 5 y 7% antes de almacenarse. A temperatura ambiente las semillas pueden mantener su poder germinativo por lo menos durante un año. Esa característica de longevidad le da ventajas en relación con otras oleaginosas. Sin embargo, con el tiempo el aceite varía su pH, lo que afecta después el proceso de transesterificación para producir biodiesel (lo hace más ácido), lo que encarece el proceso industrial al requerir un consumo mayor de materia prima (Falasca y Ulberich, 2008).

Las semillas pueden ser prensadas en cualquier máquina extractora de aceite diseñada para su procesamiento a presión en frío y se obtienen dos productos (Falasca y Ulberich, 2008).

La fuerza necesaria para romper la semilla es un parámetro muy importante a tomar en cuenta. Esta fuerza y la velocidad de trabajo, son las que determinan la entrada de potencia de la máquina. Para poder alcanzar el objetivo de producción de aceite antes calculada o sobrepasarlo (Sirisomboon et al, 2007; citado por Mata y Rodriguez, 2011).

Para el caso de la fruta, según (Sirisomboon et al, 2007; citado por Mata y Rodriguez, 2011), la fuerza de ruptura es: 135.39 ± 54.86 Newton; para el de la nuez: 146.63 ± 14.82 Newton y para el núcleo, la fuerza de ruptura es de 67.72 ± 19.03 Newton.

Cuadro N° 04: Propiedades físicas y mecánicas de *Jatropha*

Propiedades físicas	Núcleo	Almendra
Longitud [mm]	21,02 ± 1,03	15,45 ± 0,54
Perpendicular a la longitud del ancho Ecuatorial [mm]	9,58 ± 0,28	7,42 ± 0,33
Manga perpendicular a la longitud y el ancho [mm]	11,97 ± 0,30	10,25 ± 0,36
Densidad Solido [kg/m ³]	1040	1020
Densidad aparente [kg/m ³]	450	420
Propiedades mecánicas	Núcleo	Almendra
Fuerza de ruptura [N]	146,63 ± 14,82	67,72 ± 19,03
Dureza [N / mm]	69,98 ± 6,22	38,52 ± 5,59
La energía utilizada para la ruptura [Nmm]	124,44 ± 19,95	51,61 ± 26,84

Fuente: (Sirisomboon, 2007).

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).

3.4 ACEITE DEL PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.)

Los frutos son cosechados cuando la semilla está madura esto ocurre 40 días después de la floración y luego se seca a <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 Quimbayo, 2010).

Las semillas que se recogen son aproximadamente de 1580-1600 semillas / kg de fruta, pesan 600 a 640 mg cada una, representan el 4,980 cal / g (20,85 MJ / kg) con un contenido de aceite de 35% y un contenido energético de 9.036 cal / g (37.83MJ/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 extraído de la nuez de *Jatropha* contiene aproximadamente un 24,6% de proteína cruda, grasa cruda 47.2% y 5.5% de humedad (Akintayo, 2004; citado por Quimbayo, 2010).

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



Figura N° 09. Aceite del Piñón Blanco

Las propiedades del combustible de biodiesel de *Jatropha* se acercan a los de diesel fósil y pueden cumplir con los estándares americanos y europeos (Tiwari et al., 2007; 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 (Mejia, 2006).

Cuadro N° 05: Porcentaje de aceite de ecotipos colectados de *Jatropha curcas* en la Región San Martín.

Código	Accesión	Distrito	% Aceite
C - 001	Buenos Aires	Buenos Aires	51.60
C - 004	Chincha Alta	Pucacaca	53.99
C - 007	Barranquita	Picota	52.50
C - 012	Shapaja	Shapaja	51.24
C - 014	Shilcayo	La Banda de Shilcayo	53.44
C - 017	Shatuyacu	Juan Guerra	53.54
C - 021	Cuñumbuqui	Cuñumbuqui	53.20
C - 023	Poloponta	Zapatero	55.69
C - 025	Maceda	Rumizapa	52.69
C - 027	Pinto Recodo	Pinto Recodo	54.29
C - 029	Shanao - 2	Shanao	53.69
C - 030	Lamas	Lamas	51.69
C - 035	Agua Blanca	Agua Blanca	49.51
C - 039	Sisa	San José de Sisa	54.67
C - 041	Berlín	San Pablo	49.20
C - 043	Ramiro Prialé	Bellavista	52.10
C - 045	Nueva Unión	Bajo Biavo	48.53
C - 046	Cuzco	Alto Biavo	52.18
C - 063	Huicungo	Huicungo	49.58
C - 065	La Florida	Juanjui	53.88
C - 066	Ledoy	Ledoy	58.28
C - 067	Pajarillo	Pajarillo	52.40
C - 076	Tanger	Saposoa	52.23
C - 078	Piscoyacu	Piscoyacu	50.80
C - 080	Malecón Huallaga	Tingo de Saposoa	55.78

Fuente: Estación experimental Agraria "El Porvenir" INIA, 2010

Cuadro N° 06: 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: Mejia, 2006

Cuadro N° 07: Rendimiento de aceite en diferentes estados de madurez

Estados de madurez	Muestra (g)	W balón vacío	W balón + aceite	% de aceite
Maduro	5.01	106.66	109.36	53.89
Muy maduro	5.02	103.52	106.30	55.38
Seco	5.00	105.59	108.32	54.60

Fuente: Estación experimental Agraria "El Porvenir" INIA, 2010

3.4.1 Extracción mecánica o prensado

Tomando como información referencial las investigaciones sobre oleaginosas en la Región San Martín, los parámetros más adecuados para obtener mayor rendimiento en la extracción de aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*) con el método de prensado hidráulico son: tamaño de partícula 2.19 mm, 6% de humedad, y secado a 60°C en estufa durante una hora; el rendimiento de extracción de aceite de sacha inchi, es de 22%; el máximo rendimiento de extracción de aceite neto es de 37% y la eficiencia neta de extracción es de 75%.

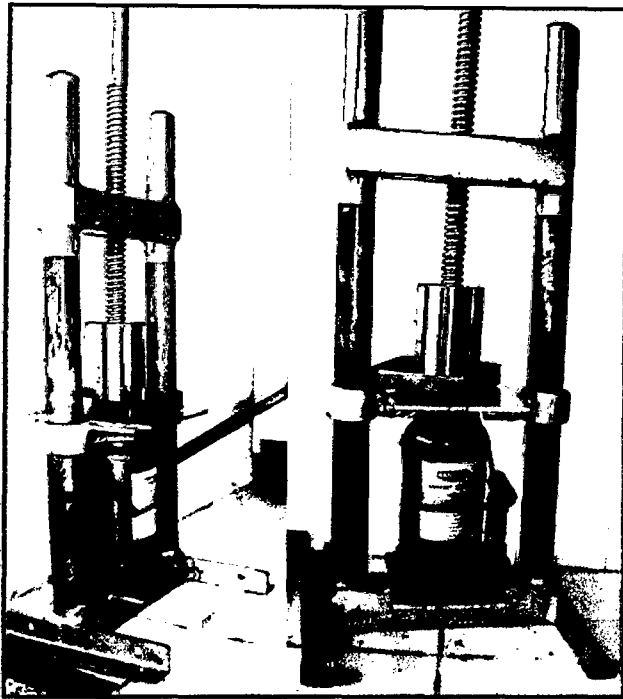


Figura N° 10. Prensa mecánica

El calentamiento rompe las células de las semillas que contienen el aceite, permitiendo que fluya fácilmente.

3.4.2 Extracción por solventes

Constituye el método de extracción más eficiente de cualquier producto oleaginoso, es el que presenta más ventajas en el tratamiento de semillas u otro material con bajo contenido graso (Lozano, 2005).

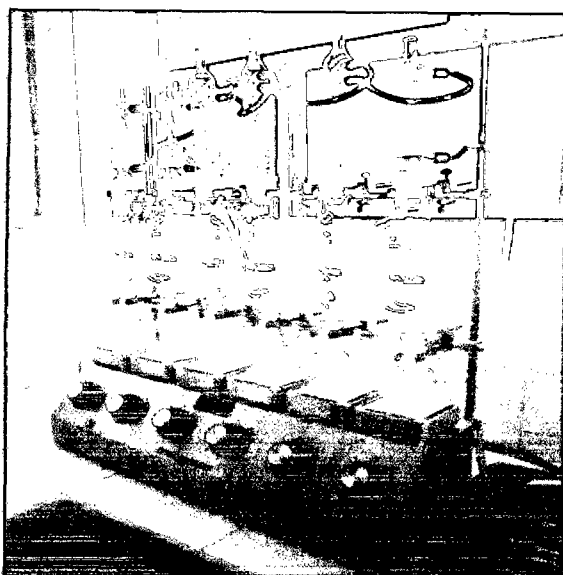


Figura N° 11. Equipo soxhlet de 6 cuerpos para extracción en caliente

El equipo permite hacer una extracción líquido-líquido a temperaturas superiores a la del ambiente, es posible recuperar el solvente después de la extracción utilizando el rota vapor (Lozano, 2005).

3.4.3 Propiedades y especificaciones del aceite

El aceite de *Jatropha curcas L* y el diesel comparten características similares que hacen del primero una opción viable para sustituir al combustible fósil (Torres, 2007).

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 curcuma (mg/Kg)	170	170
Color rojo		
Color amarillo	Ligth yellow	Ligth yellow
Materia Insaponificable en Éter Etílico Japonés	-	0.05
	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 Behenico C22		
Ácido Erúcico C22:1		
Otros Ácidos	1.4	1.4
Ácidos Grasos Totales	90.5	90.5
Peso Molecular	788	788

Fuente: BIOTEL, 2008

Cuadro N° 09: Tabla de Análisis físico-químico del aceite de *Jatropha*

	Fuentes		
	CEMITEC	INT	Portugal
Densidad a 25°C (g/cm ³)	0.9069	0.9082	0.9205
Índice de refracción a 25°C	1.468		14.728
Índice de Saponificación	189	167	190
Índice de Iodo	97	109.6	98
Insaponificables (%)	1.1	2.9	
Índice de Peróxido	9.98		
Punto de solidificación (°C)	< -10		13
Color ASTM	1		
Cenizas (%)	< 0.1		
Poder Calorífico Superior (Kcal/kg)	9.35	9.38	9.169
Peso Molecular Medio	866		
Viscosidad a 37.8°C (cSt)	31.5	27.3	
Carbono	76.89		
Hidrógeno	11.44		
Oxígeno	11.67		
Índice de Hidroxilo	76.6		

Fuente: CEMITEC, 2005

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

Características	Unidades	Aceite de Piñón	Diesel
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, 2006.

El aceite de *Jatropha* es de color amarillo claro, inodoro y con sabor ligero a nuez.

3.4.4 Producción de biocombustibles

De acuerdo con la Terminología Unificada de la FAO, los combustibles líquidos incluyen el etanol y biodiesel. Estos están relacionados con la producción de cultivos agro energéticos y principalmente en entorno a su uso en el sector de transporte (García, 2008)

Aceite Vegetal Combustible

Para el caso del aceite vegetal combustible, que representa una alternativa para el aprovechamiento del aceite vegetal del piñón blanco, existen proyectos piloto como el que desarrolla el Consorcio DED_CFC y WWP Latinoamericana S.A.C. en San Martín. El empleo del aceite vegetal combustible presenta la ventaja de que tiene internacionalmente un menor costo del combustible en comparación del petróleo diesel (alrededor del 30 por ciento si se considera que el precio al público del diesel oscila alrededor de los 0.85 USD/L, mientras que el costo de producción del aceite vegetal está ente 0.4 – 0.6 USD/L). Sin embargo, para que el mercado pueda desarrollarse también se necesita el abaratamiento de los motores diesel adaptados para su uso con el aceite vegetal, que en la actualidad están en alrededor de 350 – 400 USD por motor. (García, 2008).

“No solo la compatibilidad ambiental es favorable a los aceites vegetales, también socialmente representan una mejor opción, ya que debido a la descentralización se reduce el riesgo en cuanto a estrategia, logística, medios de transporte, posibilidad de ataques terroristas y favorece la creación de valor agregado regional”.

Para nuestra realidad, incorporar este tipo de combustible, ayudaría a mejorar las oportunidades de desarrollo en las zonas rurales, contribuyendo a la vez a la diversificación de la matriz energética. Sin embargo, se corre el

riesgo de que ante la falta de un marco legal que formalice su empleo y los estándares de calidad tanto de estos combustibles como las especificaciones mínimas para los equipos que lo utilizan, no puedan entrar en una fase comercial sostenible y poco a poco dejen de operar (García, 2008).

Biodiesel

Físicamente es un líquido que puede tener un color que puede ir desde un tono amarillo claro hasta uno oscuro, y que es prácticamente inmisible con el agua; además de tener una viscosidad similar a la del diesel que se obtiene del petróleo, se puede mezclar con éste con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos automotores con motores de ciclo Diesel (CONAE, 2007).

En el caso del Biodiesel, se han identificado principalmente dos tipos de materias primas con potencial para su utilización. Estas son la palma aceitera y el piñón blanco o *Jatropha*. Sin embargo, ambos están en etapas muy distintas de desarrollo. Mientras la palma aceitera se emplea desde hace décadas para la producción comercial de aceite comestible de palma en suelos con aptitud agrícola; la *Jatropha* o piñón aún está en etapa experimental y actualmente hay numerosos proyectos piloto en zonas de Selva con participación de la GTZ, DED, SNV, INIA y el Gobierno Regional de San Martín. Además de la *Jatropha* hay experiencias con la colza o canola, girasol e higuera; sin embargo, estas especies presentan un potencial menor al de la *Jatropha* y tienen un menor grado de desarrollo. La *Jatropha* que requiere poca agua, se adecúa a las alturas de la selva y puede desarrollarse en suelos áridos o deforestados siempre que no sean suelos inundados. Son algunas de las razones por la que hay interés en su desarrollo comercial. No obstante, el paquete tecnológico para su aprovechamiento aún está en fase de desarrollo y por otro lado sus costos de producción no compiten con la palma aceitera (García, 2008).

El biodiesel es un combustible renovable que se puede obtener principalmente a partir de aceites vegetales, animales, así como de aceites reciclados.

El biodiesel tiene una ventaja ecológica, en comparación con el diesel de origen fósil, ya que reduce las emisiones de gases que provocan el efecto de 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; además, lo que es fundamental: es un combustible renovable y no finito como los hidrocarburos (CONAE, 2007).

La producción mundial de biodiesel en el lapso de 1993-2003 creció a una impresionante tasa del 28.5% anual, de 38 a 467 millones de galones, mientras la producción de Bioetanol creció a una tasa del 6.7% anual en el mismo periodo de tiempo, alcanzando en el año de 2003, los 5 mil 770 millones de galones.

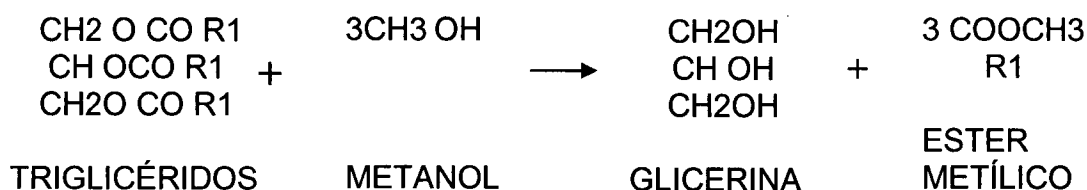
Las mezclas más comunes son las B2 (20% de biodiesel y 80% de diesel de origen fósil), las B5 (5% de biodiesel y 95% de diesel de origen fósil), así como la B20 (20% de biodiesel con un 80% de diesel de origen fósil) y que pueden usarse generalmente sin modificar el motor, sin embargo también se puede emplear un 100% de biodiesel pero es necesario ciertas modificaciones del motor que le permitan evitar problemas de mantenimiento y de desempeño (CONAE, 2007).

Proceso de fabricación

El biodiesel se obtiene a partir del proceso de la transesterificación el cual consiste en intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol. Estas reacciones son frecuentemente catalizadas mediante la adición de un ácido o una base.

Dicho en otras palabras el proceso de transesterificación consiste en combinar, el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero,

normalmente metanol, y deja como residuo de valor añadido glicerina que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras.



Generalmente en la producción industrial del biodiesel se emplean grasas, cultivos oleaginosos, así como la grasa reciclada de los restaurantes (CONAE, 2007).

La reacción de transesterificación es una reacción característica de los ésteres, y consecuentemente de los lípidos, en la cual el aceite o la grasa reacciona con ácidos grasos, alcoholes u otros ésteres con el intercambio de los grupos acilo. Mezclados los triglicéridos y el metanol, con un catalizador - metilato de sodio o etilato de sodio, a temperatura ambiente en aproximadamente un par de horas se alcanza el equilibrio. Para que la reacción se complete es necesario separar el glicerol formado o la presencia de un exceso de metanol contribuye a ello. Con tal precaución en 90 minutos la reacción se completa al menos en un 98%. La reacción de alcoholisis de un triglicérido es la siguiente (Larosa, 2009).

La acción del hombre ha causado impactos sobre la tierra desde los inicios de la humanidad. La explotación de los recursos naturales ha modificado irremediablemente el ecosistema global causando pérdidas de biodiversidad. A lo largo de todo el siglo XX se ha registrado un aumento de la temperatura de la superficie terrestre y marina debido a las emisiones de gases que causan el efecto invernadero, por las actividades productivas y de desarrollo, así como también por la pérdida descontrolada de bosques naturales por la tala indiscriminada, que funcionan como sumideros de carbono del ecosistema global; siendo la quema de combustibles fósiles la principal fuente de éstas emisiones. Esto ha modificado el patrón espacial y temporal de las precipitaciones, aumentado el nivel del mar y el fenómeno de El Niño

es cada vez más frecuente e intenso. El Panel Intergubernamental en Cambio Climático IPCC estima que la temperatura media de la superficie terrestre ascenderá entre un 1.4 a 5.8°C para finales del siglo XXI (Arévalo, et al, 2007).

A este problema mundial se suma el problema energético global que estamos enfrentando en estos días: la escasez y el encarecimiento del petróleo (incremento de US\$ 73 por barril en los últimos 8 años), hecho que nos conduce a la búsqueda de alternativas para lograr el cambio de nuestra actual matriz energética, representando el uso de las energías renovables y en especial los biocombustibles, una de las mejores alternativas.

El mundo ya se empieza a observar una tendencia al uso de biocombustibles para poder contrarrestar el encarecimiento del petróleo y el impacto que causa en la economía de los pueblos. Países como Estados Unidos, Alemania, Francia, España, Brasil y otros, han iniciado programas agrícolas agresivos para la instalación de cultivos energéticos. Como ejemplo se puede mencionar los sembríos de caña de azúcar para producción de etanol como carburante, cultivos de oleaginosos para producción de biodiesel como los sembríos de Palma aceitera *Elleais guinensis* y de canola *Brassica campestris*; sembríos de higuera o ricino *Ricinus comunis*; y de Piñón *Jatropha curcas*. Algunos ya poseen investigación avanzada y tienen un paquete tecnológico desarrollado para el cultivo de estas especies, mientras que otros recién inician la experimentación (Arévalo, et al, 2007).

El sector biocombustibles plantea muchas oportunidades para el desarrollo económico y la lucha contra la pobreza, así mismo grandes riesgos para la Amazonía y su población; la producción genera muchas controversias. Experiencias en Brasil, Malasia e Indonesia han mostrado que la producción a gran escala puede causar impactos negativos en términos sociales y ambientales. Se manifiesta que el aumento de cultivos agro energéticos, competiría por tierras agrícolas con los cultivos para la alimentación humana,

generando un conflicto de uso y encareciendo los alimentos, poniendo en peligro así la seguridad alimentaria. También en este sentido se teme un desplazamiento de los bosques (sumideros de carbono, fuentes de biodiversidad, reguladores del régimen hídrico y del clima), empeorando así el panorama y haciendo que los beneficios ambientales de bajas emisiones de los biocombustibles, sean mínimos comparados con los impactos ambientales globales causados por su producción en masa. Para ello el gobierno central deberá desarrollar mecanismos eficientes que impidan que se repita este panorama en nuestro país (Arévalo, et al, 2007).

3.4.5 Características que se evalúan en el aceite para biodiesel

3.4.5.1 Impurezas en el aceite

Comprenden todo el conjunto de sustancias insolubles en un disolvente volátil en las condiciones descritas, y que no hayan sido determinadas como "agua y materias volátiles". Del peso total obtenido de impurezas habrá que deducir, eventualmente, el peso de algunas de ellas, que, según el convenio entre las partes o según la costumbre, no deban ser consideradas como tales (Osorio, 1977).

El éter de petróleo deja insolubles: impurezas mecánicas (tierra, arena y residuos diversos); parte de ácidos oxidados libres y sus productos de polimerización, lactonas, jabones de cal, carbohidratos, materias nitrogenadas, determinadas resinas, materias minerales, y no disuelve más que parcialmente los jabones alcalinos (Osorio, 1977).

3.4.5.2 Humedad y materias volátiles

Mediante el método de estufa de aire se establecen las condiciones adecuadas para la determinación, en las materias grasas, del agua y de las materias volátiles, operando en las condiciones del ensayo. Es aplicable a

las grasas animales y vegetales, con la excepción de los aceites secantes o semi secantes y los aceites del grupo del coco (Osorio, 1977).

El contenido de agua en un aceite es importante porque produce la hidrólisis de los triglicéridos, que se acelera por las altas temperaturas y presiones y una excesiva cantidad de agua. Durante la transesterificación, la presencia de agua puede causar la saponificación de los ésteres y consumir el catalizador, reduciendo su eficiencia. La presencia de agua tiene un efecto aún más negativo que la de ácidos grasos libres, debe mantenerse por debajo de un 0.06% (Osorio, 1977).

3.4.5.3 Cenizas

Las cenizas representan el residuo mineral de las materias grasas, previamente filtradas. Su porcentaje no debe añadirse al de las impurezas insolubles en un disolvente, para evitar que ciertos elementos sean considerados dos veces (Osorio, 1977).

Un valor alto de cenizas sulfatadas indica: presencia de sólidos abrasivos, presencia de metales (jabones, restos de catalizador); provoca cenizas en el motor que saturan filtros y desgaste de diversas partes del motor (Osorio, 1977).

3.4.5.4 Densidad

Determina 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 grados Celsius (Osorio, 1977).

3.4.5.5 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).

3.4.5.6 Punto de fusión

Las grasas y aceites naturales, como las mezclas de glicéridos y otras sustancias no tienen punto de fusión neto y definido. No presentan punto crítico de sólido a líquido; este paso lo realizan gradualmente a través de estados pastosos hasta el completamente líquido (Osorio, 1977).

Por tal razón, el punto de fusión de una grasa viene definido en este método por dos temperaturas: una, la inicial de ablandamiento deslizante, y otra, final de líquido perfectamente limpio (Osorio, 1977).

3.4.5.7 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. Un valor elevado para este índice muestra que el aceite contiene una alta cantidad de ácidos grasos libres, ya que ha sufrido un alto grado de hidrólisis (Osorio, 1977).

Puede expresarse también como porcentaje del ácido graso que predomine en la grasa en cuestión. En caso del aceite de piñón debe expresarse como porcentaje de ácido oleico, por ser el más abundante (Castro, 2007).

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 (Osorio, 1977).

La saponificación no sólo consume el catalizador necesario para la transesterificación, sino que además los jabones producidos promueven la formación de emulsiones que dificultan la purificación de biodiesel (Castro, 2007).

3.4.5.8 Índice de yodo

Es una medida del grado de instauración de los componentes de una grasa. Un aceite totalmente saturado poseerá un IY = 0, mientras que a mayor cantidad de instauraciones 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 linoléico es 181 y del ácido linolénico 274) (Castro, 2007).

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 (Osorio, 1977).

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) (Castro, 2007).

3.4.5.9 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) (Castro, 2007).

Cuadro N° 11: Datos fisicoquímicos del diesel y Biodiesel

Datos físico - químicos	Biodiesel	Diesel
Composición combustible	Ester metílico ac. Grasos C ₁₂ - C ₂₂	Hidrocarburo C10-C21
Poder calorífico inferior, kcal/kg	9500	10800
Viscosidad cinemática, cst (a 40°C)	3,5 - 5,0	3,0 - 4,5
Peso específico, g/cm ³	0,875 - 0,900	0,850
Azufre, % P	0	0,2
Punto ebullición, °C	190 - 340	180 - 335
Punto inflamación, °C	120 - 170	60 - 80
Punto escurrimiento, °C	-15 / +16	-35 / -15
Número cetanos	48 - 60	46
Relación estequiometría Aire/comb. p/p	13,8	15

Fuente: CONAE, 2007

3.5 BIORREGULADORES

Es el proceso de manipular un evento fisiológico de una planta, a que éste se sobre exprese o bien se inhiba.

El desarrollo de las plantas está regulado parcialmente por la acción de las hormonas, las cuales solas o en conjunto “promueven” o “inhiben” la expresión de procesos metabólicos que resultan en cambios fisiológicos y/o morfológicos que a su vez los identificamos como eventos (floración, crecimiento, caída de frutos, etc.) (Montenegro, 2008).

En la medida que se ha conocido cuáles son y cómo funcionan las distintas hormonas en la regulación de eventos, la industria de los agroquímicos ha ido desarrollando diversos productos iguales y/o similares a las hormonas (u otros que induzcan a estas o den efectos tipo hormonal) que al ser aplicados a los cultivos regulan ciertos eventos o procesos (Castro, 2007).

El primer Biorregulador “comercial” fue el herbicida 2,4-D, el cual se utilizó como defoliante (evento fisiológico de la abscisión) en la segunda guerra mundial (Montenegro, 2008).

Para esta investigación se tomaron en cuenta 2 biorreguladores, como son el Enziprom y el Wuxal Boro, por sus características y estas son:

Enziprom; Favorece la fecundación, desarrollo y multiplicación de la célula vegetal, presenta acción estimulante y acondicionadora en todas las fases del crecimiento del cultivo (germinación, transplante, desarrollo, floración, cuajado y engrosamiento del fruto), incrementa el número de flores, anticipa la madurez y mejora la conservación del fruto.

Wuxal boro; Es una suspensión para la nutrición foliar que otorga absorción extremadamente eficiente en la hoja y tejido floral. Además tiene efecto estimulante en las plantas bajo estrés fisiológico, en el crecimiento temprano dando como resultado mayor rendimiento y más calidad. Por su alto contenido de N y P, promueve la división celular, favoreciendo el óptimo crecimiento del fruto.

3.5.1 Enziprom

ENZIPROM es un formulado líquido exclusivo a base de aminoácidos enriquecido con dos activadores biológicos particulares, AATC (acetiltioprolina) y ácido fólico. Gracias a sus componentes, ENZIPROM permite promover el desarrollo vegetal, a la vez que desarrolla funciones revitalizantes estimulando en la planta procesos naturales de resistencia al estrés abiótico (ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009).

Durante el ciclo de cultivo la planta es frecuentemente expuesta a condiciones ambientales estresantes: para prevenir el deterioro de los cultivos y la eventual pérdida de cosecha es importante que sean estimulados los mecanismos fisiológicos naturales de defensa que proveen las moléculas necesarias para soportar una intensa actividad de crecimiento. (ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009)

Enziprom es un suplemento nutricional con funciones energéticas, revitalizantes y antiestrés ya que aporta simultáneamente sustancias de alto contenido reconstituyente, los aminoácidos, y dos compuestos indicados para potenciar los mecanismos endógenos de producción de las sustancias que desarrollan acciones protectoras osmótico reguladoras y antioxidantes.

Enziprom es, por tanto, insustituible para prevenir o limitar los daños debidos a excesiva salinidad, a los cambios repentinos de temperatura, a la excesiva radiación solar y para favorecer respuesta vegetativa en plantas debilitadas (ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009).

Con la aplicación de ENZIPROM se obtiene un incremento del ritmo de crecimiento, la superación de los períodos de parada vegetativa, mayor capacidad de supervivencia y de adaptación al ambiente de desarrollo, mayor vitalidad y resistencia a las adversidades suelo-climáticas, desarrollo y crecimiento más regular con mayor productividad; la aplicación es foliar y radicular. (ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009).

Cuadro N° 12: Composición del ENZIPROM

	%P/P	%P/V
Nitrógeno (N) orgánico	4.8	5.5
Nitrógeno (N) orgánico soluble	4.8	5.5
Materia orgánica	31.2	35.9
AATC (ácido N - acetyl thiazolidin-4-carboxílico)	1.0	1.1
Ácido fólico	0.02	0.02
Densidad	1150 g/l	
pH	5.5 – 6.5	

Fuente: ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009

Cuadro N° 13: Aplicación y dosis del ENZIPROM

Cultivos	Dosis	N° tratamientos y periodos de aplicación
Manzana, pera, durazno, damasco, cerezo, Citrus, Uva de mesa	Foliar: 150-300 g/hl (125-250 ml/hl)	3-4 tratamientos desde la pre-floración y cada 15 días
Olivo	Foliar: 300-500 g/hl (250-420 ml/hl)	2-3 tratamiento desde la pre-floración y cada 15-20 días
Lechuga, espinaca, hortalizas de hoja.	Foliar: 100-250 g/hl (80-200 ml/hl)	2 tratamientos desde la 4-5 hojas y cada 15 días
Tomate, pimiento (morrón), berenjena, Pepino, melón, sandía, Fresa, frutilla	Foliar: 100-300 g/hl (80-250 ml/hl) Fertirriego: 1-3 g/m ² (0,8-2,5 ml/m ²)	2-4 tratamientos desde la pre-floración y cada 15 días
Gerbera, clavel, rosa, crisantemo, poinsettia	Foliar: 300-500 g/hl (250-420 ml/hl) Fertirriego: 1-3 g/m ² (0,8-2,5 ml/m ²)	2 o más tratamientos después del transplante y cada 15-20 días
Tabaco	Foliar: 200-300 g/hl (175-250 ml/hl)	Tratamientos cada 15 días desde el transplante.

Fuente: ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009

Es posible emplear ENZIPROM combinado con los abonos foliares y radiculares; puede ser, además, mezclado con los agroquímicos más comunes. Evitar mezclas con compuestos de fuerte reacción alcalina, aceite

blanco, azufre, polisulfuro, compuestos cúpricos. El producto es estable a temperaturas de almacenamiento comprendidas entre + 5°C y + 35°C. Almacenar el producto en locales adecuadamente ventilados, frescos y secos, lejos de fuentes de calor y de rayos solares directos (ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009).

3.5.2 Wuxal Boro

3.5.2.1 Descripción General

Nutriente foliar con alta concentración de boro y otros nutrientes, excelente tecnología de formulación. Además contiene adherentes, surfactantes, humectantes, reguladores de pH, agentes quelatizantes y antievaporantes. Recomendado para corregir deficiencias de boro en hortalizas, frutales y otros cultivos (Aventis Cropscience, 2010).

3.5.2.2 Composición

Según Aventis Cropscience (2010), la composición del Wuxal Boro es la siguiente:

Macroelementos : N 8% p/p, P₂O₅ 10% p/p

Microelemento : Fe 0.1% p/p, Cu 0.05% p/p, Mn 0.05% p/p, Zn 0.05% p/p, Boro 7% p/p < > 9.5% p/v

3.5.2.3 Características

Es un abono foliar con gran riqueza en boro y un contenido equilibrado en nitrógeno y fósforo. Su alta solubilidad y poder tampón facilitan el aprovechamiento de sus elementos nutritivos por parte de la planta (Aventis Cropscience, 2010).

La corrección de la carencia de boro por vía foliar es la más adecuada ya que éste micro elemento tiene poca movilidad en la planta.

La carencia de boro limita los procesos de floración, fecundación y cuajado, produciendo una mala vegetación y disminución de la producción y calidad de los frutos (Aventis Cropscience, 2010).

3.5.2.4 Dosis y modo de empleo

Según Aventis Cropscience (2010)

- Remolacha: Aplicar 2 – 3l/há, efectuando de 2 a 3 aplicaciones después del aclareo.
- Frutales de pepita: Aplicar 100 – 200 cc/hl, a la apertura de las yemas y al cuajado del fruto, repitiendo con el fruto joven en caso de fuerte carencia.
- Cítricos: Aplicar 100 – 200 cc/hl, antes de la floración.
- Olivo: Aplicar 2 – 3 l/há, en brotación y antes de la floración.
- Vid: Aplicar 100 – 200 cc/hl, a partir de la aparición de 3 – 4 hojas.
- Hortícolas y Ornamentales: Aplicar 200 – 300 cc/hl según necesidades.

3.5.3 OTROS BIORREGULADORES EN EL MERCADO

ETHREL (Regula el crecimiento y maduración de la cosecha)

Es un regulador de crecimiento natural de las plantas que, en su interior, desprende etileno, acelera la maduración, mejora la coloración, y hace aumentar los rendimientos y la calidad (Aventis Cropscience, 2010).

Forma de Acción

Poco después de aplicado, el ethephon es absorbido por las plantas, y libera etileno, una fitohormona natural que induce y acelera los procesos de crecimiento de las plantas y la maduración de los frutos (Aventis Cropscience, 2010).

Aplicación

Se aplica en aspersión al follaje, con equipo terrestre o aéreo, prepare la solución que vaya a usar hasta 4 a 6 horas después. No lo aplique si espera lluvias de 6 a 8 horas después de aplicado (Aventis Cropscience, 2010).

Compatibilidad

No lo aplique en mezcla con ningún otro producto, ni con ningún aditivo que no aparezca en la etiqueta. Es muy inestable en presencia de compuestos alcalinos (Aventis Cropscience, 2010).

Ventajas y Beneficios del Ethrel, según Aventis Cropscience, (2010).

Ventajas

- Regulador del crecimiento natural de las plantas
- Actúa por liberación de etileno en el interior de la planta.
- Mayor periodo de control
- Hace uniforme la cosecha, acelera la producción, aumenta el rendimiento, mejora la coloración de las frutas y otras ventajas.
- Optimiza sus cultivos y cosechas.

Beneficio

- Optimiza algunas fases del crecimiento de sus cultivos.
- Es acelerador de un proceso natural que incrementa el contenido de azúcares.
- Seguridad para sus cultivos.
- Usted tiene mejores oportunidades de entrar oportunamente a los mercados, con mejores cosechas.
- Usted obtiene mayores utilidades.

Ejemplo de Aplicación

PIÑAS

Se aplica para inducir la floración, y también para adelantar la maduración de los frutos de la piña (madura en sólo 6 a 8 días de aplicado). Con él se puede reaccionar rápido a las oportunidades de mercado y aprovechar un buen precio de venta.

CAÑA DE AZUCAR

Permite alterar algunas fases de la fenología de la caña de azúcar. Favorece la germinación de las semillas, aumentar el amacollamiento, inhibir la floración, y mejorar la calidad del azúcar, no lo aplique a cañas que hayan sufrido daños por sequía.

VID

Aplicado en vid, hace más uniforme la cosecha y acelera la maduración. Aplique cuando de 5% a 30% de los frutos esté coloreado. Dirija la aspiración tanto a los racimos como al follaje.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el campo de investigación del cultivo de Piñón Blanco y en el Laboratorio de Post cosecha y Agroindustrias de la Estación Experimental Agraria "El Porvenir", Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

4.2 MATERIA PRIMA

Frutos y semillas del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L), ecotipo Tectorillayco, provenientes del Lote A1 del programa de investigación en agro energéticos del INIA en el distrito de Juan Guerra provincia de San Marín. A dicha plantación se aplicó dos Biorreguladores (Enziprom, Wuxal Boro) para uniformizar la maduración con tres dosis (1500cc/Ha, 2000cc7Ha y 0cc/Ha), en una plantación de Piñón Blanco.

4.3 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

4.3.1 Materiales

- Placas de vidrio
- Papel filtro
- Mortero
- Desecador
- Pinza
- Buretas
- Pipetas
- Probetas
- Fiolas
- Tubos de ensayo
- Vaguetas

- Vaso precipitado
- Balones
- Capsula de porcelana
- Soporte universal
- Mallas
- Vernier
- Viscosímetro capilar
- Termómetros

4.3.2 Reactivos

- Agua destilada
- Éter de petróleo
- Hexano
- Alcohol etílico
- Hidróxido de Potasio
- Hidróxido de Sodio
- Fenolftaleína
- HCl
- H₂SO₄
- Tetracloruro de Carbono
- Ioduro de Potasio
- Tiosulfato de Sodio

4.3.3 Equipos

- Mufla: Marca Thermo Scientific Thermolyne, Merck
- Estufa Universal: Marca Binder
- Equipo digestor Kjeldhal: Marca Labconco, capacidad para 6 muestras (6 balones de digestión)
- Balanza analítica digital: Marca Mettler máx. 50g d: 0.0001 mg
- Soxhlet: Marca Thermo Scientific Multi - Unit, Extraction heater
- Cocina eléctrica: Marca Thermolyne

4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicará el diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCR), con 06 tratamientos y 3 repeticiones. Los datos se evaluarán con un análisis de varianza y la significancia con la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de 0,05% de probabilidad. En la Figura 13 se muestra el diseño del campo experimental.

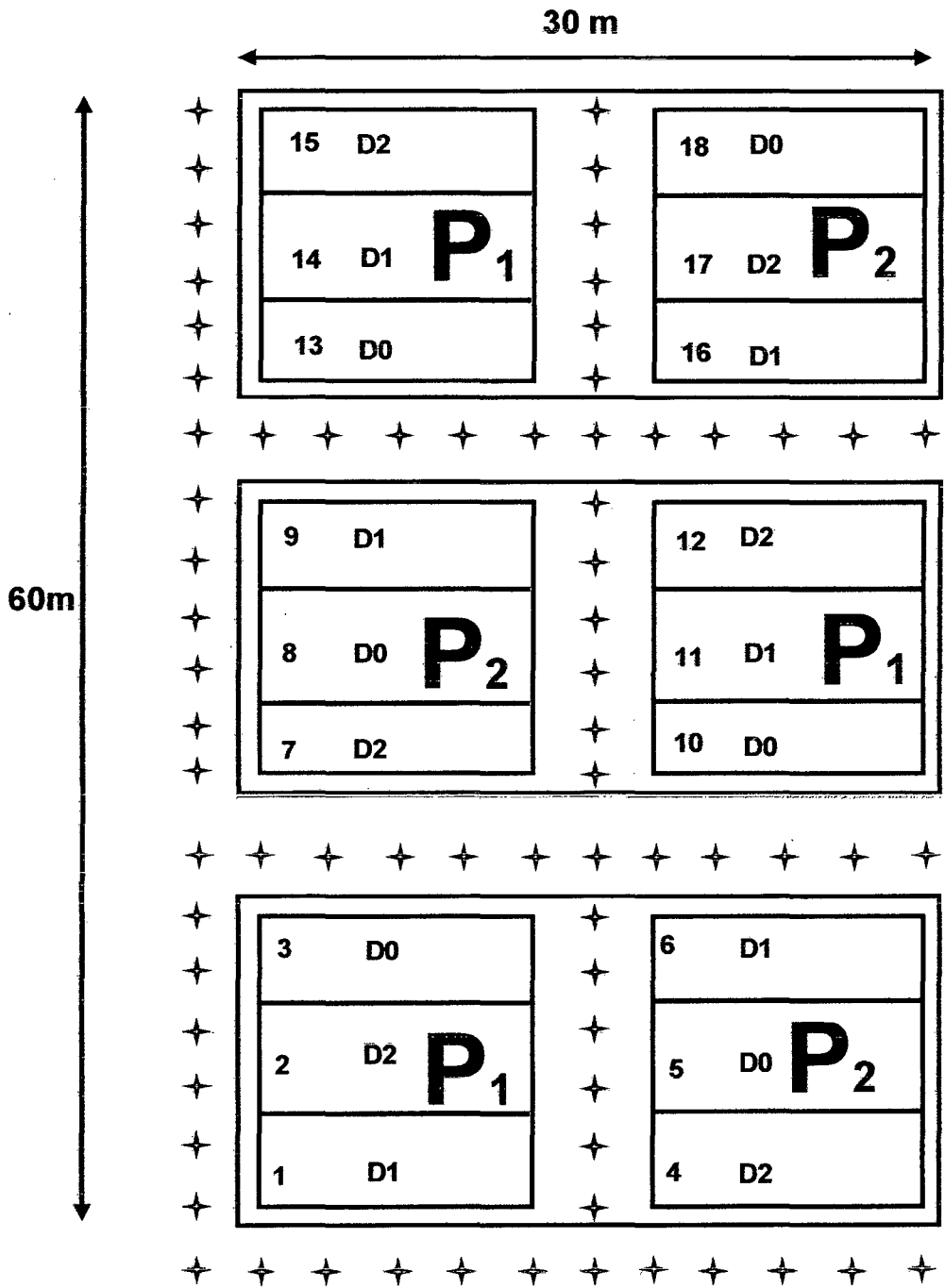


Figura N° 12. Diseño del campo experimental

4.4.1 Detalle de la parcela

Fecha de siembra	: 30 de Enero del 2007
Fecha de trasplante	: 07 de Marzo del 2007
Densidad de siembra	: 3X3
Nº de plantas	: 180
Plantas/hilera	: largo (21), ancho (11).
Área de parcela	: 1800m ²

Cantidad de plantas/tratamiento

T ₁	30 plantas
T ₂	30 plantas
T ₃	30 plantas

Análisis del suelo

Materia orgánica	: 1.97
Textura	: Arcillosa
pH	: 5.98

4.4.2 Factores en estudio

Factor P (Biorreguladores)

P ₁	: ENZIPROM
P ₂	: WUXAL BORO

Factor D (dosis)

D ₁	: 1500 cc/há
D ₂	: 2000 cc/há
D ₀	: Tratamiento

El cuadro 14 se muestra los tratamientos en estudio y en el cuadro 15 el diseño del experimento.

Cuadro N° 14: Tratamientos en estudio

Tratamientos	Bloques		
	I	II	III
T ₁ (P ₁ D ₁)	1	11	14
T ₂ (P ₁ D ₂)	2	12	15
T ₃ (P ₁ D ₀)	3	10	13
T ₅ (P ₂ D ₂)	4	7	17
T ₆ (P ₂ D ₀)	5	8	18
T ₄ (P ₂ D ₁)	6	9	16

Fuente: Elaboración propia (2009)

Cuadro N° 15: Esquema del ANVA del diseño experimental

ANVA	G.L	
BLOQUES	(r - 1)	2
TRATAMIENTOS	(t - 1)	5
PRODUCTO (A)	-	1
DOSIS (B)	-	2
AxB	-	2
ERROR	(r - 1) (t - 1)	5
TOTAL	(rt - 1)	17

Fuente: Elaboración propia (2009)

4.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la presente Figura 10 se detalla el flujograma para el estudio de dos biorreguladores (Enziprom y Wuxal Boro) y tres dosis de aplicación (1500cc/Há, 2000cc7Há y 0cc/Há) en la uniformidad de la maduración del fruto del piñón blanco.

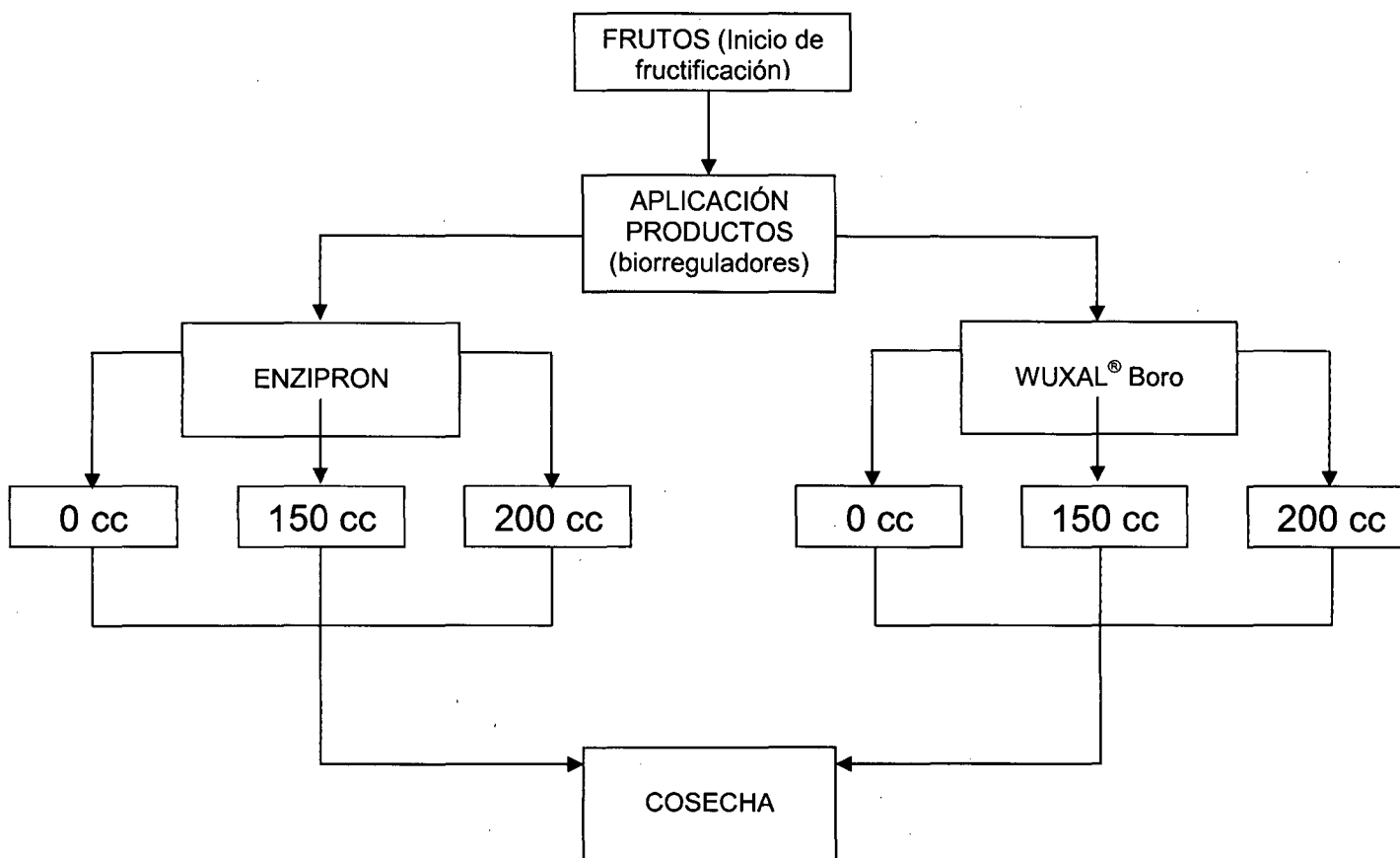


Figura N° 13. Flujograma de aplicación de Biorreguladores

Los frutos de piñón blanco fueron previamente seleccionados de acuerdo al estado fisiológico (maduro, sobre maduro y seco) para cumplir con los requisitos mínimos de calidad.

4.5.1 Parámetros a evaluar

Se determinará el efecto de los Biorreguladores en la homogeneidad de la maduración y periodo de maduración.

Se evaluarán épocas oportunas de cosecha cada 7, 15 y 25 días de iniciada la madurez fisiológica para determinar las características del aceite en cada época de cosecha, teniendo como parámetros de cosecha del fruto cuando se torna de color amarillo (Maduro), 75% entre amarillo a cenizo (Sobremaduros) y totalmente cenizo (Seco).

4.5.1.1 Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L)

- **Biometría**, Tomando medidas de pesos, tamaños (diámetro y espesor) de frutos y semillas de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)
- **Humedad**, por el método de secado en estufa a 105°C (AOAC, 1979).
- **Grasa total**, método extracción soxhlet (AOAC, 1979).
- **Cenizas Totales**, método horno mufla a 550 °C por 24 horas (AOAC, 1979).

4.5.1.2 Análisis Físico – químico del aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

- **Acidez titulable**, AOCS (oficial method Cd 3d - 63) (Castillo, 2006).
- **Densidad**, método gravimétrico mediante la técnica del picnómetro (Osorio, 1977).
- **Humedad y materias volátiles**, por el método de secado en estufa a 105°C (AOAC, 1979).
- **Viscosidad**, Se utilizó un viscosímetro de brazo cruzado, para viscosidad cinemática.
- **Determinación de impurezas**, método de filtrado (Osorio, 1977).
- **Cenizas totales**, método horno mufla a 550 °C por 24 horas (AOAC, 1979).

- **Determinación del punto de fusión**, método gravimétrico y la técnica del cambio de estado (Osorio, 1977).
- **Determinación del punto de humo**, se sometió a sobrecalentamiento (Osorio, 1977).
- **Índice de yodo**, método de Wij's (CDTA, 1977)
- **Índice de peróxido** (CDTA, 1977).

4.6 METODOS EXPERIMENTALES

4.6.1 Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

Las muestra utilizadas para los respectivos análisis se tomaron del campo experimental, tomando las muestras aleatorias por cada tratamiento con su respectivo estado fisiológico (maduro, sobremaduro y seco).

4.6.1.1 Análisis Biométrico

Se tomaron muestras representativas de las semillas y se midió el ancho, diámetro y espesor de frutos, semillas y almendra en los 3 estados de madurez fisiológica (maduro, sobremaduros y seco), además se midió el peso con una balanza analítica.

También se tomará en cuenta el peso de la pulpa, cáscara y testa tanto del fruto, semillas y almendra en los diferentes estadios de madurez.

4.6.1.2 Humedad

Se procedió a la determinación de humedad utilizando una estufa para secar la muestra hasta obtener un peso constante (AOAC, 1979).

4.6.1.3 Grasas Totales

Se utilizó el método de extracción directa sólido-líquido y la técnica de disolución con éter de petróleo (AOAC, 1979), En la Figura 11 se muestra el diagrama de flujo de la extracción de aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L).

4.6.1.4 Cenizas totales

Este análisis se realizó por incineración de la muestra en una mufla. La muestra se incinera a 550°C para quemar todo el material orgánico. El material inorgánico, que no se destruye a esta temperatura se llama ceniza (AOAC, 1979).

4.6.2 Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

Se trabajó con muestras de aceite extraído por prensado mecánica impulsada con una gata Hidráulica de 20 tn, filtrado y sedimentado.

Se trabajó con una humedad adecuada para obtener mayores rendimientos de aceite, aplicando la presión máxima de trabajo y controlando otros factores (Temperatura, etc.), que pueden influenciar en el experimento.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron utilizando los métodos oficiales de determinación de análisis de aceites y grasas que se detallan a continuación:

4.6.2.1 Acidez titulable

Se utilizó el método volumétrico y la técnica de titulación. Antes de comenzar el procedimiento se debe estandarizar el hidróxido de potasio

4.6.2.2 Índice de Iodo

Se utilizará el método volumétrico y la técnica de titulación con el reactivo de Wij's. El índice de yodo de un cuerpo graso en función de su grado de instauración se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona. Se expresará convencionalmente por el peso de iodo absorbido por cien partes en peso de la materia grasa.

4.6.2.3 Índice de Peróxido

Llamamos "*índice de peróxidos*" a los mili equivalentes de oxígeno activo contenidos en un Kilogramo de grasa, calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio, operando en las condiciones especificadas según la metódica analítica.

Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio en las condiciones descritas, las consideramos peróxidos u otros productos similares provenientes de la oxidación de las grasa, por lo cual el índice obtenido es considerado, con una aproximación bastante aceptable, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa muestra.

4.6.2.4 Densidad

Se utilizará el método gravimétrico mediante la técnica basada en la diferencia de masa, utilizando un picnómetro para obtener la densidad relativa, donde la muestra de aceite se obtendrá a través del método físico por prensado en frío (mayor a 37°C según la IUPAC), utilizando una prensa hidráulica.

4.6.2.5 Humedad y Materias Volátiles

Se utilizará la técnica de secado para liberar el agua libre y compuestos volátiles de la muestra, según AOAC, 1979.

Método de la estufa

La muestra debe ser previamente homogeneizada antes de pesar la cantidad con que se vaya a operar. Esto se logra, con las grasas fluidas, agitando fuertemente el frasco que contiene la muestra y vertiendo rápidamente la cantidad aproximada que se vaya a pesar en la cápsula en la que se efectúe la desecación.

4.6.2.6 Viscosidad

Mide la resistencia que opone un líquido a fluir, en condiciones de temperatura determinadas.

El líquido a emplear debe ser lo más limpio posible, sin fibras, polvo o partículas sólidas en él. Filtrar bien la muestra antes de usar por mallas finas.

4.6.2.7 Determinación de Impurezas

Para el aceite obtenido por prensado se utilizará el método de filtrado empleando un filtro sin cenizas, se podrá usar cualquiera de los disolventes citados posteriormente, condicionando su empleo a la naturaleza de la materia grasa tratada, y a la de las sustancias que deban ser consideradas como impurezas en relación con el destino o aplicación que deba darse a la grasa. Se utilizará la técnica de disolución con éter de petróleo (Osorio, 1977)

4.6.2.8 Determinación de Cenizas

Se determinará el contenido de cenizas por el método gravimétrico y la técnica de calcinación (Osorio, 1977)

4.6.2.9 Determinación del Punto de Humo

Se someterá a sobrecalentamiento 50 mL de aceite. En el momento que el aceite comienza a desprender un gas azul, se medirá inmediatamente la temperatura alcanzada (Osorio, 1977)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 MATERIA PRIMA

Se utilizaron como materia prima las semillas de piñón blanco (*Jatropha curcas* L.) ecotipo Tectorillayco, cosechadas del Lote A1 del campo experimental del Programa de Investigación en Agro energéticos del INIA en la provincia de San Martín distrito de Tarapoto. La ficha técnica es la siguiente:

Cuadro N° 16: Ficha técnica del piñón blanco, ecotipo Tectorillayco

Provincia de San Martín: Sector Juan Guerra		
Localización en coordenadas		
Altitud: 230 m.s.n.m.		
Latitud = 76° 19'		
Longitud = 06° 35'		
Características destacadas de la accesión		
Hábito de crecimiento	Tipo	Erecta
Diámetro de semilla	Cm	1.245
Longitud semilla	Cm	1.985
Diámetro almendra	Cm	1.020
Longitud almendra	Cm	1.605
Cáscara	%	65.2
Semilla	%	34.8
Peso de semilla	Gr.	0.782
Susceptibilidad al stress hídrico	Nivel	Moderado
Peso de 100 semillas	Gramos	80.659
N° de Cosechas/Año	Veces	10
Rendimiento cosecha (2do año)	Kg/planta/año	2700
Rendimiento aceite	%	50.29

Fuente: Laboratorio de Post cosecha y PIN Agro energéticos, 2010

El resultado obtenido de Longitud de semilla de 1.985 cm, diámetro de semilla fue de 1.245 cm, porcentaje de cáscara de 65.2%. Estos resultados obtenidos se deben probablemente a las condiciones edafoclimáticas, al

lugar de procedencia del ecotipo en estudio entre otras características; las investigaciones que se están haciendo en varios países dan resultados semejantes en cuanto a las características biométricas del Piñón Blanco.

5.1.1 Aplicación de Biorreguladores

En la figura 14 se presenta los resultados del comportamiento de Biorreguladores en la maduración del Piñón Blanco. Se puede constatar en esta investigación que los Biorreguladores tuvieron poca influencia en el desarrollo de la homogeneidad en los frutos, como se puede observar en la figura 14, donde que el T2 (P1D2) se obtuvo mayor uniformidad, presentando un valor de 15.67, con respecto a los demás tratamientos como el T1 (P1D1) con un valor de 13.67, T5 (P2D2) con 13.00, que son semejantes a los demás estados fisiológicos, no habiendo diferencia significativa. Como no se encontraron investigaciones referidas a estos Biorreguladores, se puede poner énfasis en buscar otros productos que tengan mejores resultados en cuanto a la homogeneidad del Piñón Blanco.

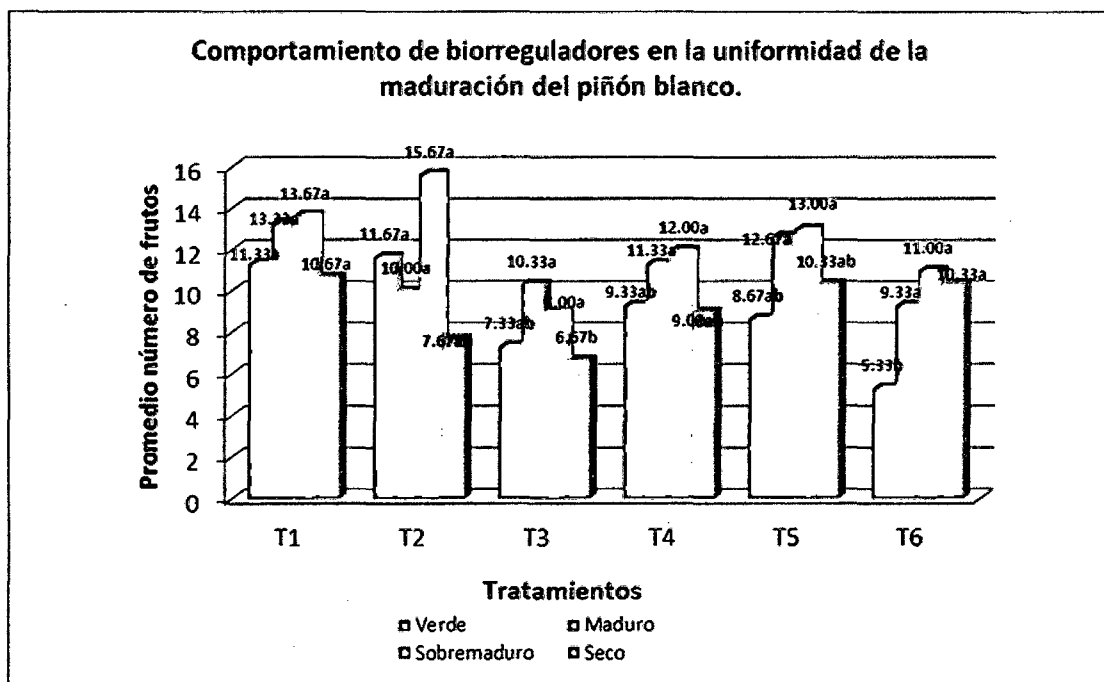


Figura N° 14. Comportamiento de Biorreguladores en la maduración del Piñón Blanco

5.1.2 Determinación del Periodo de maduración en el Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

En la figura 15 Se observa que no existe diferencia significativa en cuanto al desarrollo de los frutos (estado de maduración fisiológica) y la influencia de los Biorreguladores utilizados, ya que para el desarrollo del fruto en estado maduro se obtuvo (46.56 – 48.51) días de iniciado el botón floral; lo mismo ocurre con el estado sobremaduro de (49.59 – 51.46) días de iniciado el botón floral y por último el seco con (53.03 – 54.72) días de iniciado el botón floral.

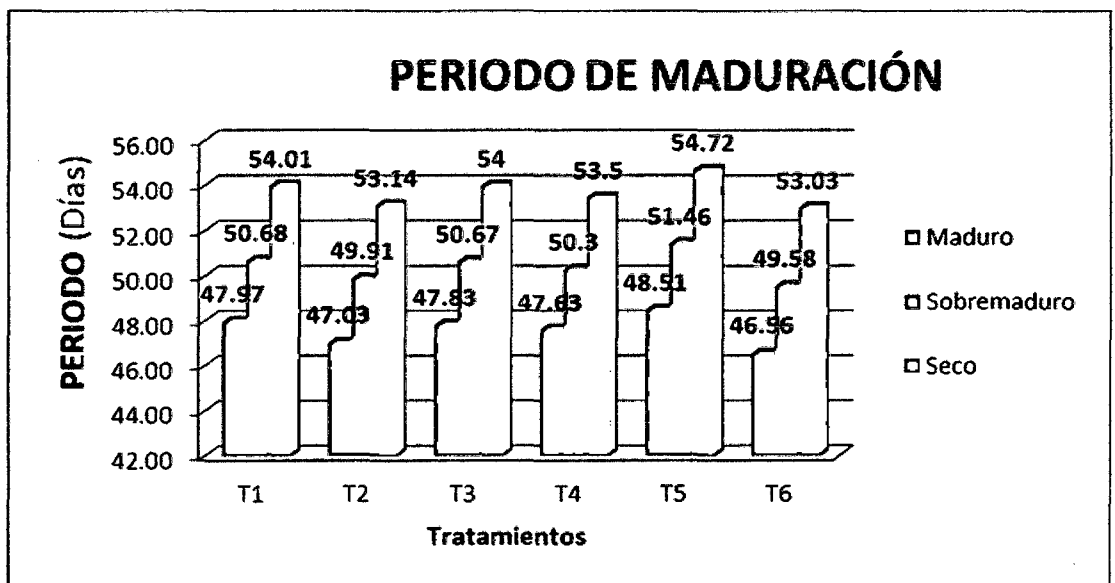


Figura N° 15. Periodo de maduración del Piñón Blanco en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.3 Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

Las muestras de semillas de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.), obtenidos con la Aplicación de 2 Biorreguladores (Enziprom, Wuxal Boro) y 3 dosis (1500cc/há, 2000cc7há y testigo), fueron cosechadas teniendo en consideración los 3 estados fisiológicos de maduración en estudio (maduro,

sobremaduro y seco), los resultados de los diferentes análisis físicos se presentan a continuación.

5.1.3.1 Biometría

En la figura 16 se muestra el peso de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración. Se registró el promedio de pesos de semillas cosechadas en 3 estados fisiológicos, la figura 16 muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, y el efecto de los biorreguladores no tiene influencia en el peso de las semillas.

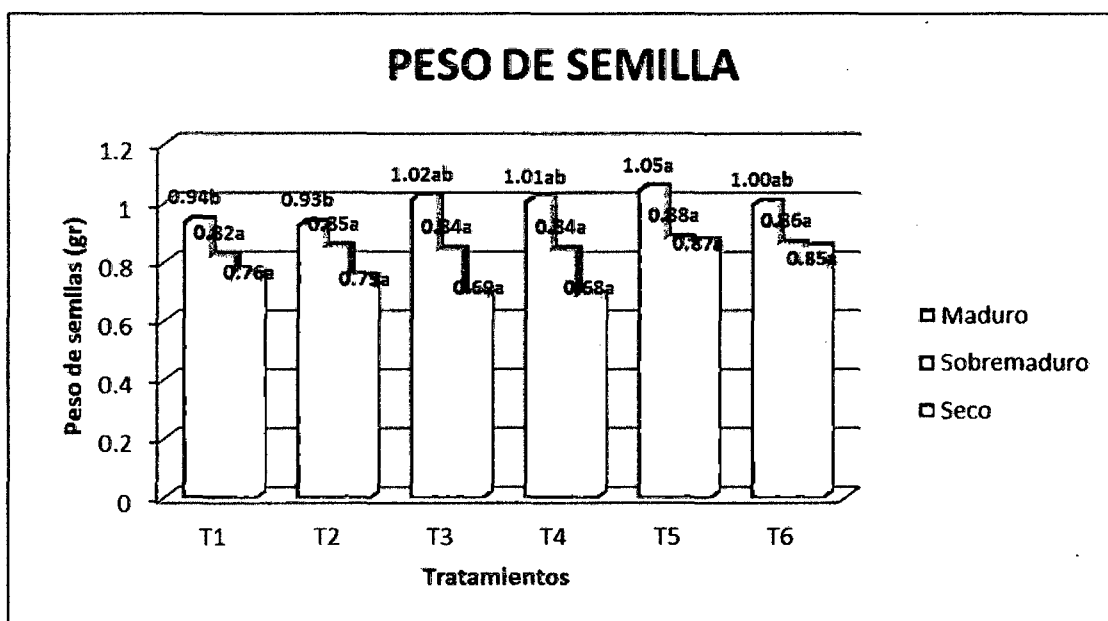


Figura N° 16. Peso de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de fisiológicos de maduración

En la figura 17 se muestra la longitud de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración; Con el uso de un vernier se midió la longitud de semillas cosechadas en los 3 estados fisiológicos estudiados, registrándose el promedio de las mismas en milímetros, pudiendo notarse que hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Se observa que el T5 con un valor de 20.2mm y el T3 con 19.68mm, tienen diferencia significativa respecto a los demás en el estado maduro; lo que no pasa con los demás estados fisiológicos, ya que no existe diferencia significativa entre los tratamientos. Esto puede pasar por cambios en la temperatura, al clima, entre otros aspectos.

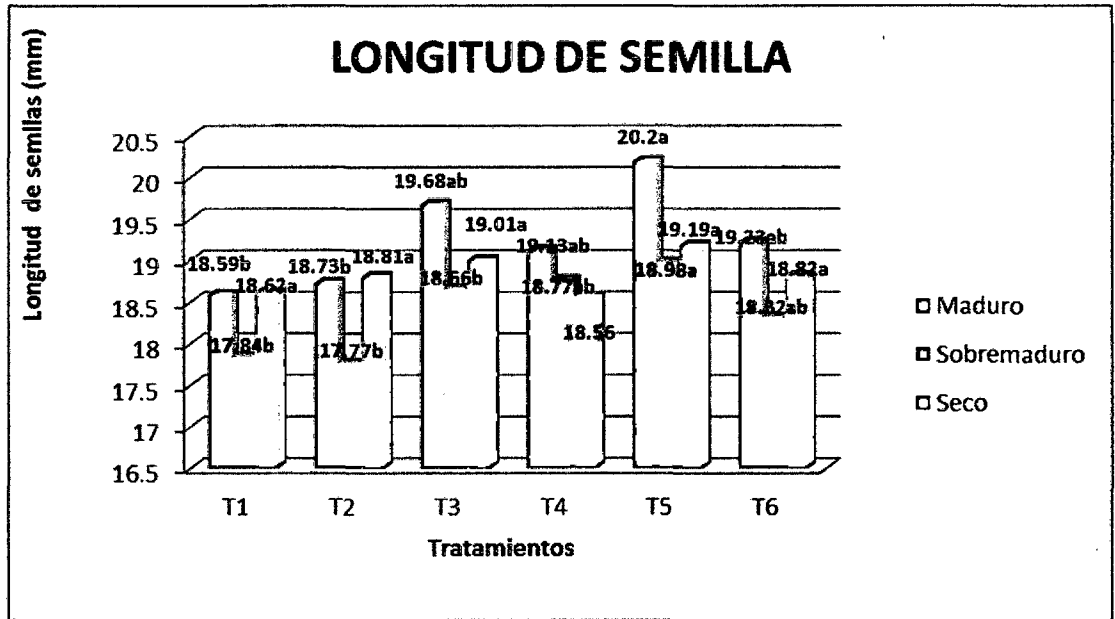


Figura N° 17. Longitud de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración

En la figura 18 se muestra el ancho de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración. Con el uso del vernier se midió el ancho de las semillas cosechadas teniendo en cuenta los estados fisiológicos en estudio, registrándose el promedio de las mismas en milímetros, en la figura 18, se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, ya que los valores en relación a cada estado son semejantes.

Es así que se obtuvo valores del T6 (testigo) de 11.19mm en el estado maduro, 11.93 en seco, y el T4 de 10.94mm como valores máximos.

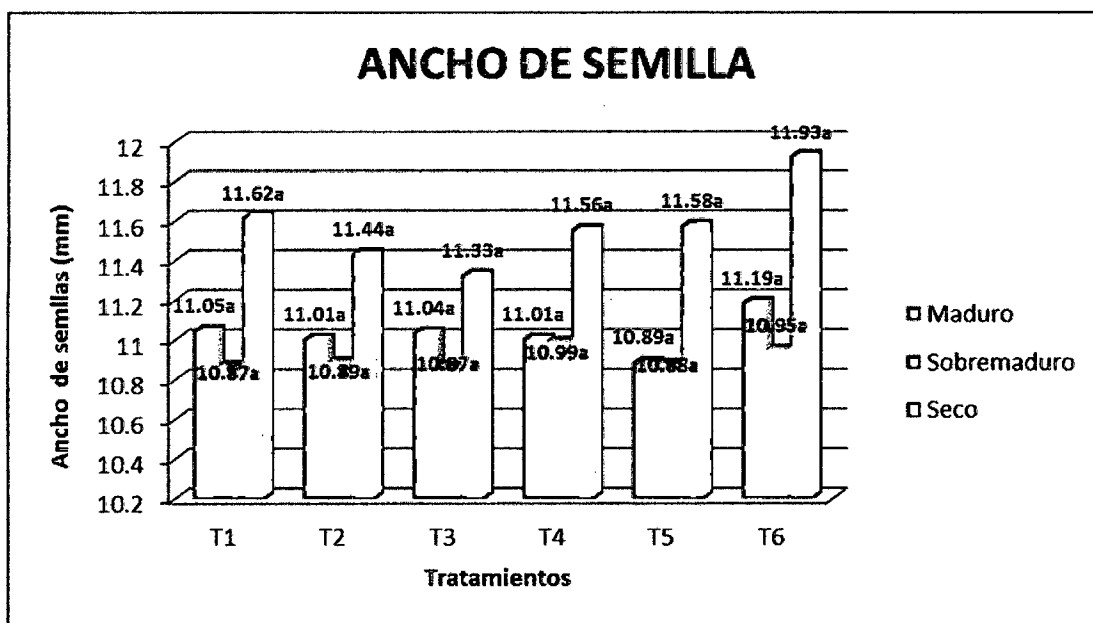


Figura N° 18. Ancho de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración

En la figura 19 se muestra el espesor de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de maduración. Con el uso del vernier se midió el espesor de semillas cosechadas en los 3 estadios fisiológicos, registrándose el promedio de las mismas en milímetro; se puede observar que existe poca diferencia significativa entre los tratamientos.

Se obtuvo valores máximos del T5 - T6 (testigo) de 9.36mm en el estado seco, del T4 de 8.7mm en maduro y de 10.94mm en estado sobremaduro.

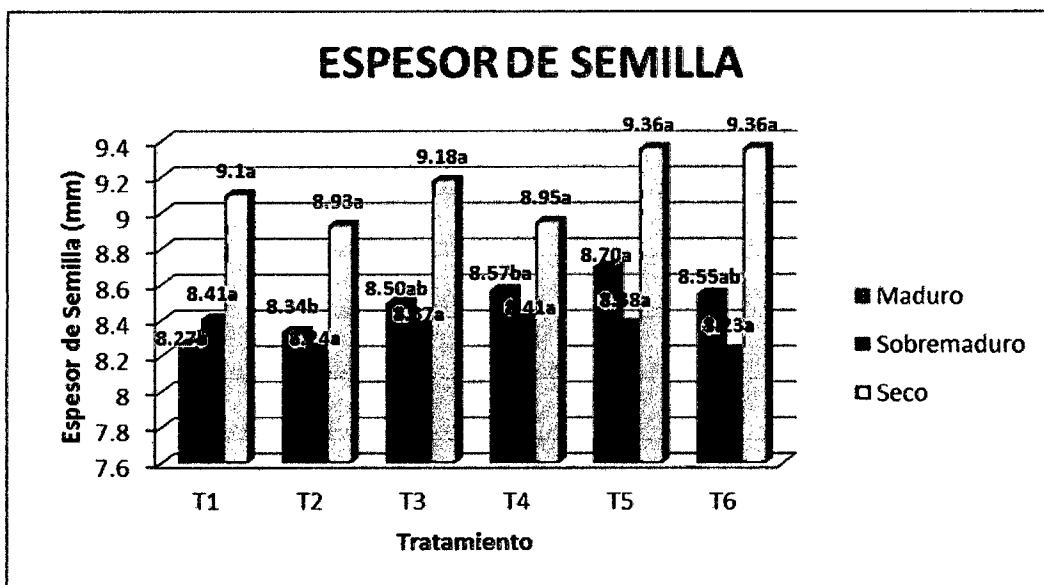


Figura N° 19. Espesor de las semillas de *Jatropa curcas L.* en 3 estados fisiológicos de maduración

En la figura 20 se muestra el peso de almendras de semillas de *Jatropa curcas L.* en 3 estadios de maduración. Se registró el peso promedio de almendra, previa extracción de la testa en los 3 estadios fisiológicos, además se indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Obteniéndose en el T6 (testigo) valores de 0.59g en maduro, 0.56g en sobremaduro y 0.53g en seco, sabiendo que los pesos son decrecientes en cuanto va cambiando de estado, el cual es una característica de la semilla.

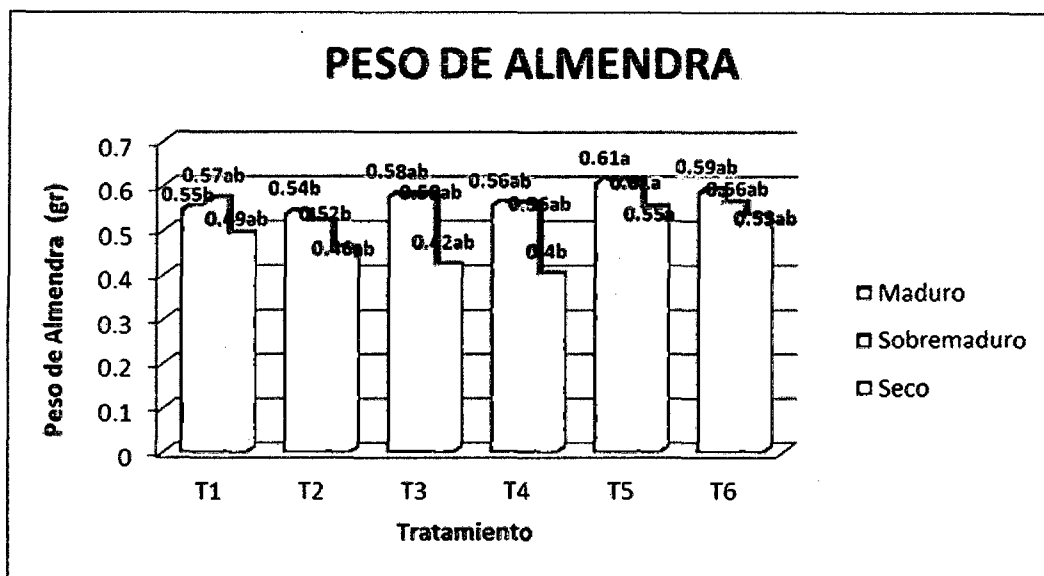


Figura N° 20. Peso de Almendras de semillas de *Jatropha curcas L*, en 3 estados fisiológicos de maduración

En la figura 21 se muestra el peso de testa de las semillas de *Jatropha curcas L*, en 3 estadios de maduración. Se registró el promedio de pesos de testa extraído de las semillas con el uso de un vernier, en la figura 21 se indica que existe poca diferencia significativa entre los tratamientos.

Observándose que en cuanto al estado maduro hay diferencia por tratamiento, teniéndose como valor máximo de 0.44g del T5, de 0.35g del T6 (testigo) en Sobremaduro y 0.32g del T5 – T6 (testigo) en seco.

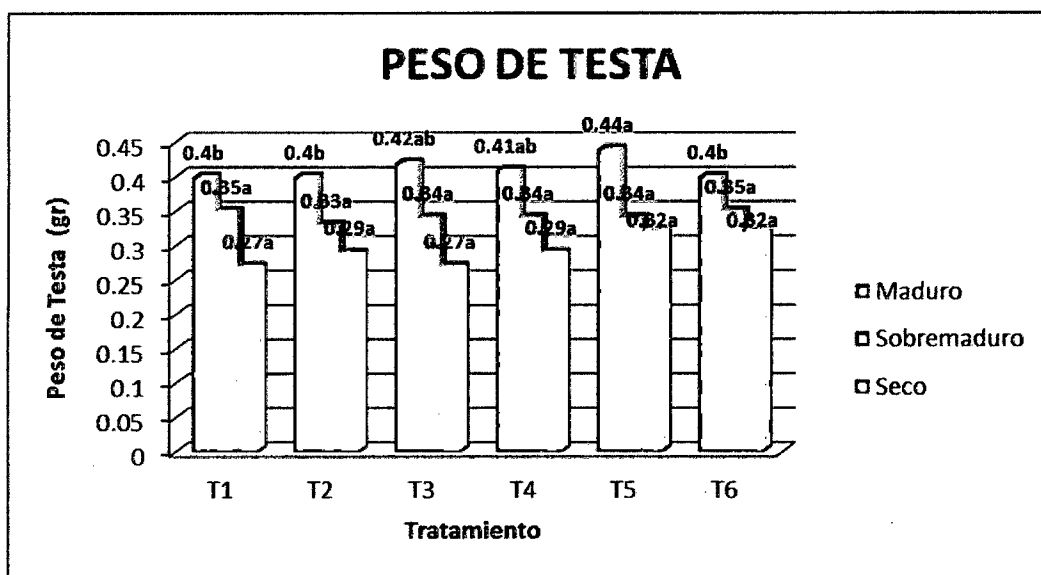


Figura N° 21. Peso de Testa de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración.

5.1.3.2 La Humedad, fue determinada por el método de secado en estufa a 105°C (AOAC, 1979).

En la figura 22 se presenta el porcentaje de humedad de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración. Se puede observar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y entre los estados fisiológicos en estudio, obteniéndose un valor máximo de 52.12% en el T5 (P2D2) en estado maduro, de 49.91% en sobremaduro y 27.12% del T6 (testigo) en seco.

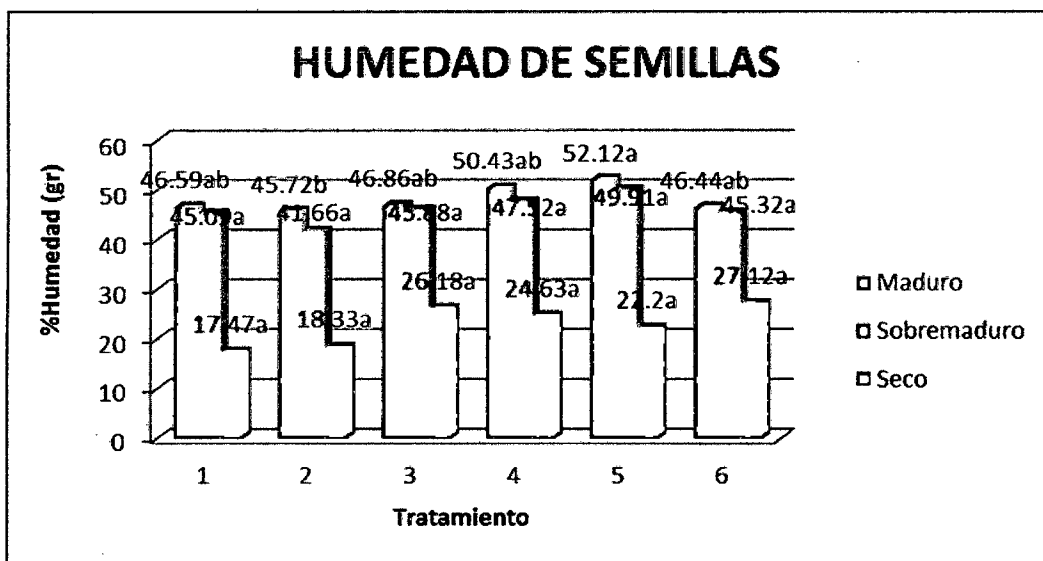


Figura N° 22. Porcentaje de humedad de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.3.3 La Grasa total, fundamentado por el método extracción soxhlet (AOAC, 1979).

En la figura 23 se presenta el rendimiento de aceite de las semillas de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de maduración. Nos indica que existe diferencia altamente significativa entre los rendimientos de cada tratamiento respecto a cada estado fisiológico en estudio. Mostrándose como el mejor tratamiento el T5 (P2D2) con un contenido de aceite de 50.43%, en cuanto al estado maduro y el T2 (P1D2) de 50.16% en Sobremaduro, encontrándose en los parámetros establecido por de la Vega (2006), con 50.33% de rendimiento en aceite de la *Jatropha curcas L.*, con lo que se puede decir que ambos biorreguladores tuvieron efecto en el contenido de aceite, en relación a los testigos ya que obtuvieron valores menores; también se puede decir que los estados fisiológicos favorables para obtener estos rendimientos son el estado maduro y sobremaduro.

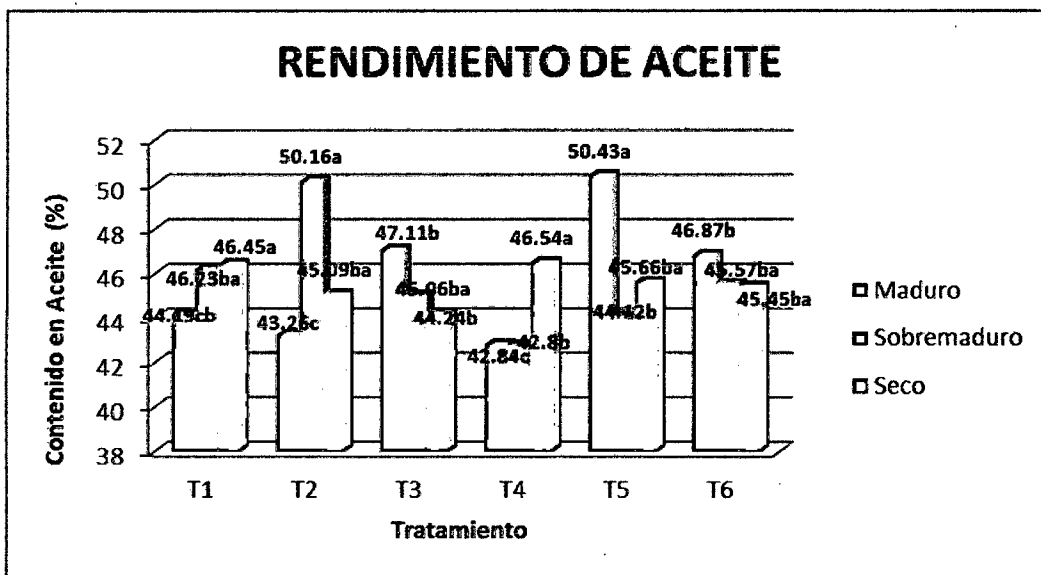


Figura N° 23. Rendimiento de aceite de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.3.4 Las Cenizas Totales, fueron determinados por el método horno mufla a 550 °C por 24 horas (AOAC, 1979).

En la figura 24 se muestra el porcentaje de cenizas totales de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración. Se utilizó las semillas integrales con testa para esta prueba, observándose que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

Como se muestra en la figura 24 se observa un valor mayor de 5.17% y menor de 4.02, correspondiente al T5 (P2D2) con respecto al estado sobremaduro, existiendo poca diferencia entre tratamientos; lo mismo ocurre con los demás tratamientos y estados fisiológicos ya que su comportamiento es semejante.

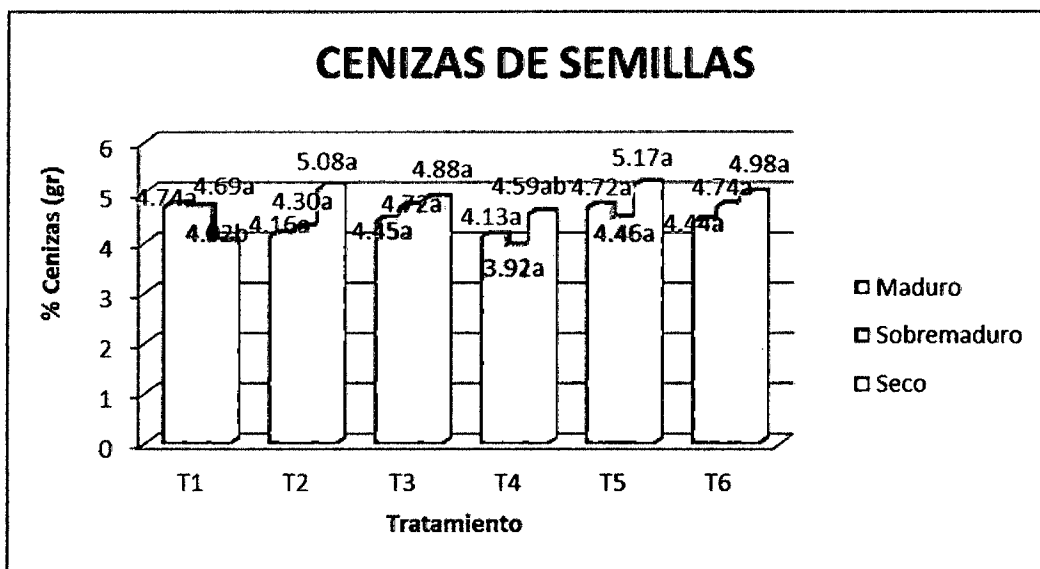


Figura N° 24. Porcentaje de cenizas totales de las semillas de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4 Análisis Físico – químico del aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.).

Se utilizó aceite de Piñón blanco (*Jatropha curcas* L.), previa extracción por prensado hidráulico, decantado y filtrado.

5.1.4.1 Acidez titulable, fue determinado por el método AOCS.

En la figura 25 se muestra el índice de acidez del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración.

La acidez representa el estado de descomposición de los glicéridos del aceite en ácidos grasos libres. Este valor suele utilizarse para determinar el grado de frescura del aceite (Huerga, 2009).

El incremento en la acidez, se observa cuando el aceite lleva mucho tiempo de almacenamiento, sin un manejo adecuado del mismo, se presentan varias reacciones como hidrólisis, polimerización, y oxidación. El incremento

de los ácidos grasos libres en el aceite de piñón, se debe a la hidrólisis de triglicéridos en presencia de humedad y oxidaciones (Zanahua et al., 2009).

En la figura 25 se puede observar que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, se puede inducir que el período de cosecha no tiene influencia sobre el contenido de acidez en el aceite de las semillas de *Jatropha curcas*, ni el uso de biorreguladores ya que los valores obtenidos tienen valores que están dentro de la acidez óptima para la elaboración de biodiesel.

Se determinó como el mejor tratamiento al T1 (P1D1), con un valor de 1.14mg KOH/g aceite y pertenece al estado sobremaduro.

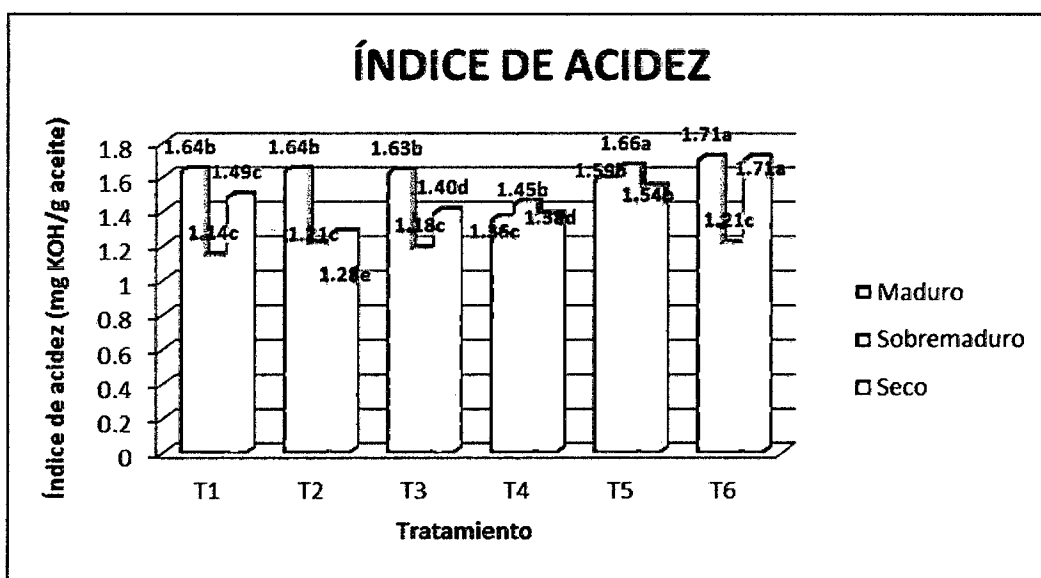


Figura N° 25. Índice de Acidez del aceite de *Jatropha curcas L*, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.2 Densidad, fue determinado por el método gravimétrico mediante la técnica del picnómetro (Osorio, 1977).

En la figura 26 se muestra la densidad del aceite de *Jatropha curcas L*, en 3 estados de maduración. Según Bailey's (1964) la densidad del aceite de

Piñón Blanco a 25°C es de 0.9172 g/cm³, por lo que se puede decir que los valores obtenidos están dentro del parámetro de aceites de calidad.

En la figura 26 se observa una diferencia significativa en cuanto a los tratamientos, la diferencia que existe en cada estado fisiológico, y el efecto de biorreguladores; teniendo al T1 (P1D1) en estado sobremaduro y T2 (P1D2) en estado seco con un valor de 0.91g/cm³, como los mejores tratamientos.

Cabe mencionar que la densidad del aceite es muy importante para la calidad del mismo, ya que representa una de las propiedades importantes para la elaboración del biodiesel.

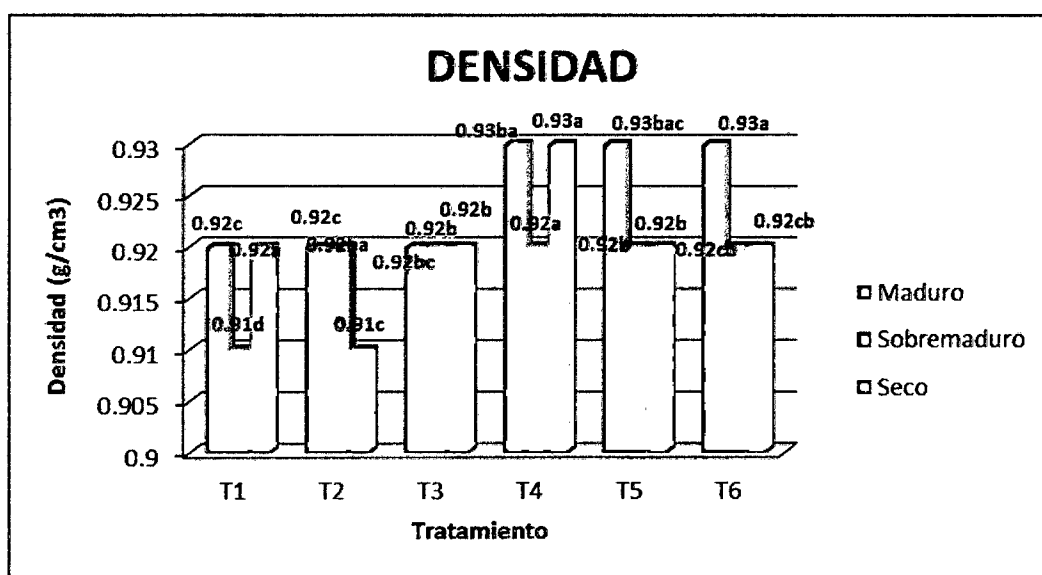


Figura N° 26. Densidad del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.3 Humedad y materias volátiles, fueron determinados por el método de secado en estufa a 105°C (AOAC, 1979).

En la figura 27 se muestra el porcentaje de humedad y materias volátiles del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de maduración. Se observa que en el estado sobremaduro no hay diferencia significativa en cuanto al efecto del Biorregulador, lo que no pasa con los demás estados ya que se puede observar una diferencia significativa.

La presencia de agua puede causar la saponificación de los ésteres y consumir el catalizador y reducir su eficiencia, por lo tanto los valores de T1, T4 y T6 en estado sobremaduro son los que representan los mejores tratamientos en este análisis.

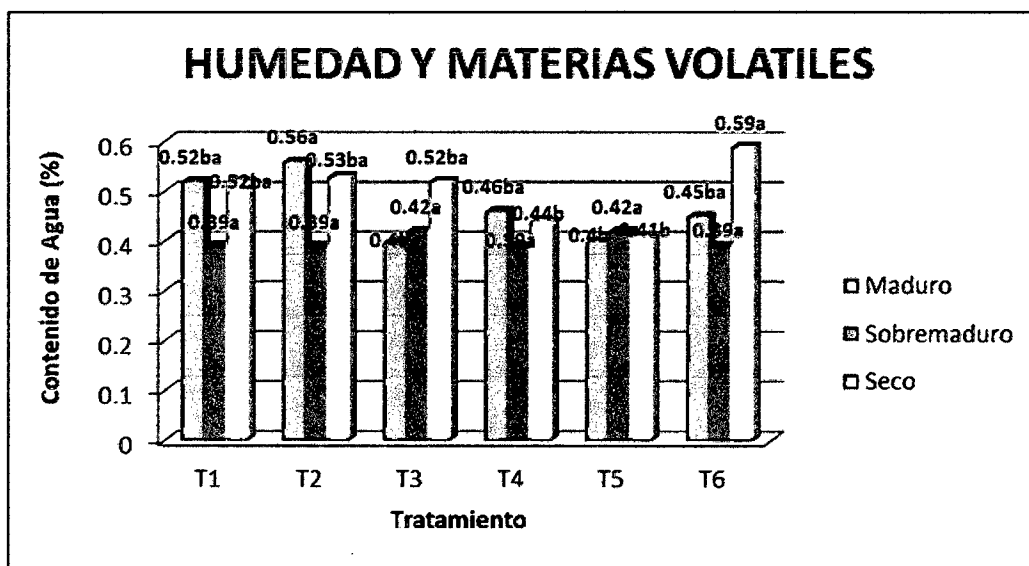


Figura N° 27. Porcentaje de humedad y Materias volátiles del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.4 Viscosidad, Se utilizó un viscosímetro de brazo cruzado, para viscosidad cinemática.

En la figura 28 se presenta la viscosidad del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de maduración. La viscosidad de los aceites disminuye con el aumento de su grado de insaturación; y generalmente, aquellos aceites que poseen ácidos grasos de bajo número de átomos de carbono son menos viscosos (Huerga, 2009).

En la figura 28 se observa una diferencia significativa y se obtuvo valores a 26°C de 58.99cSt como valor máximo y 40.43cSt como valor mínimo; según CETEC la Viscosidad a 37.8°C es de 31.5cSt, y no se observa una disparidad en el período de cosecha y tampoco en el efecto de biorreguladores.

En este caso el tratamiento de mayor importancia es el T6 (testigo), el cual obtuvo valores de 40.43cSt en estado sobremaduro.

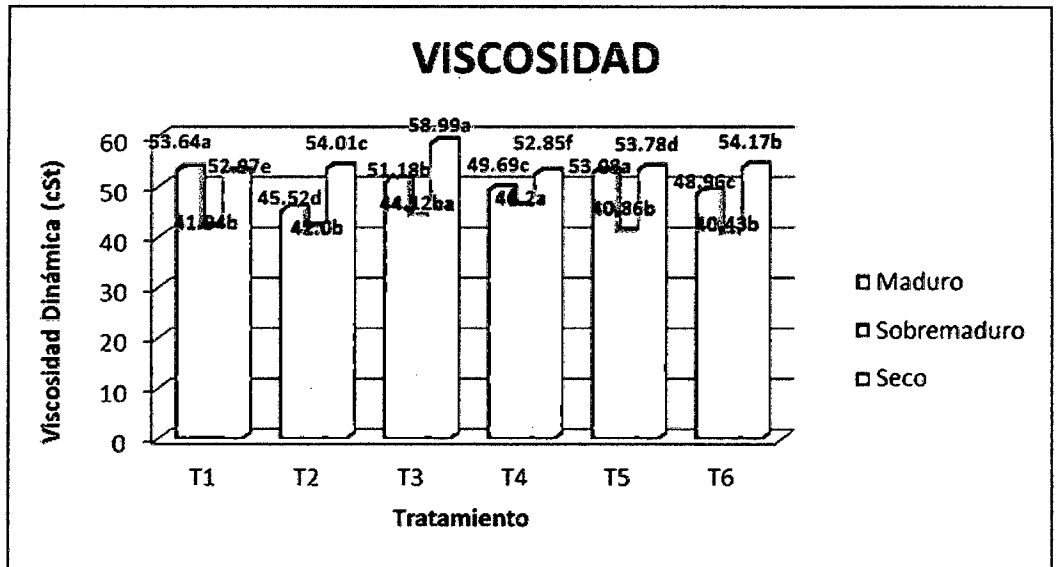


Figura N° 28. Viscosidad del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.5 Determinación de impurezas, fue empleado el método de filtrado (Osorio, 1977).

En la figura 29 se muestra el porcentaje de impurezas del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración. En la figura 29 se observa que no hay disparidad entre el período de cosecha y efecto de los biorreguladores y no tienen influencia sobre el contenido de impurezas encontrada en semillas de *Jatropha curcas*; observándose valores de 1.84% como valor máximo del T1 (P1D1), en estado sobremaduro, y 1.35% como mínimo del T5 (testigo) en estado seco. También se observa que los valores más bajos representan al estado maduro, por lo cual resulta ser el mejor estado en este análisis.

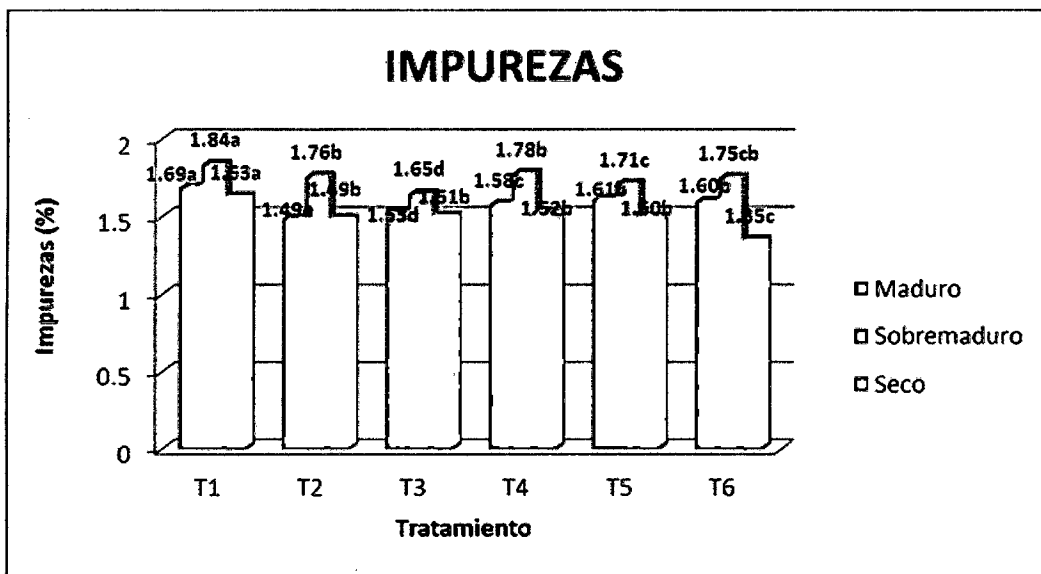


Figura N° 29. Porcentaje de Impurezas del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.6 Cenizas totales, fueron determinados por el método de horno mufla a 550 °C por 24 horas (AOAC, 1979).

En la figura 30 se muestra el porcentaje de Cenizas del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de maduración. Se observa que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, tomando como valores el T1, T3, T5 en estado sobremaduro y el T5 en estado maduro el cual muestran los valores más bajos, los cuales para éste análisis es el más apropiado.

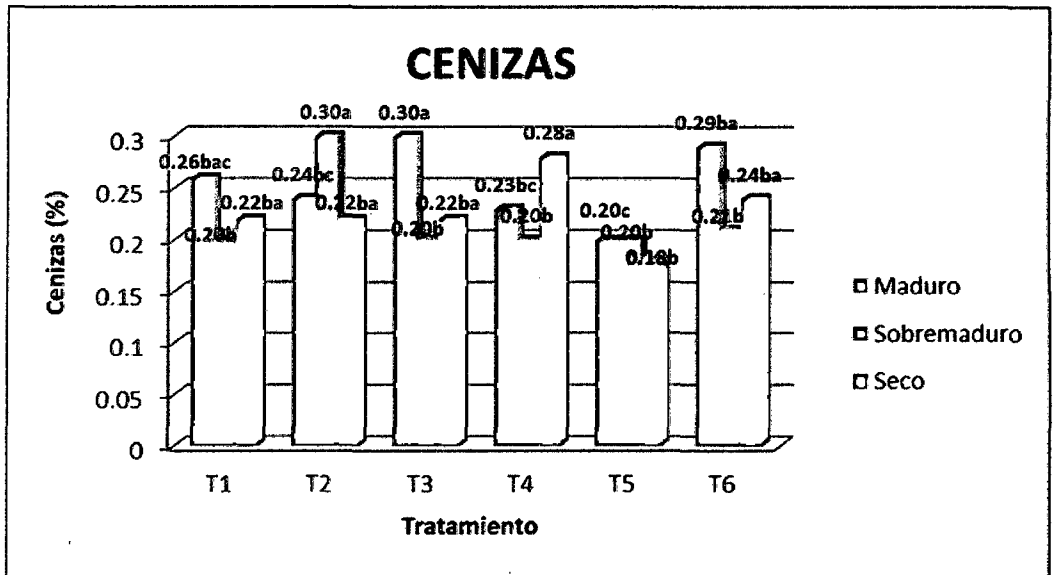


Figura N° 30. Porcentaje de Cenizas del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.7 Determinación del punto de humo, sometiendo a sobrecalentamiento la muestra de aceite (Osorio, 1977).

En la figura 31 se muestra el punto de humo del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración. Se puede observar una diferencia significativa en relación a los estados fisiológicos y un efecto en cuanto al estado sobremaduro ya que se obtuvo un valor de 319.78°C del T2 (P1D2) y T4 (P2D1) en relación al testigo (T3 – T6) de 309.11°C – 305°C respectivamente.

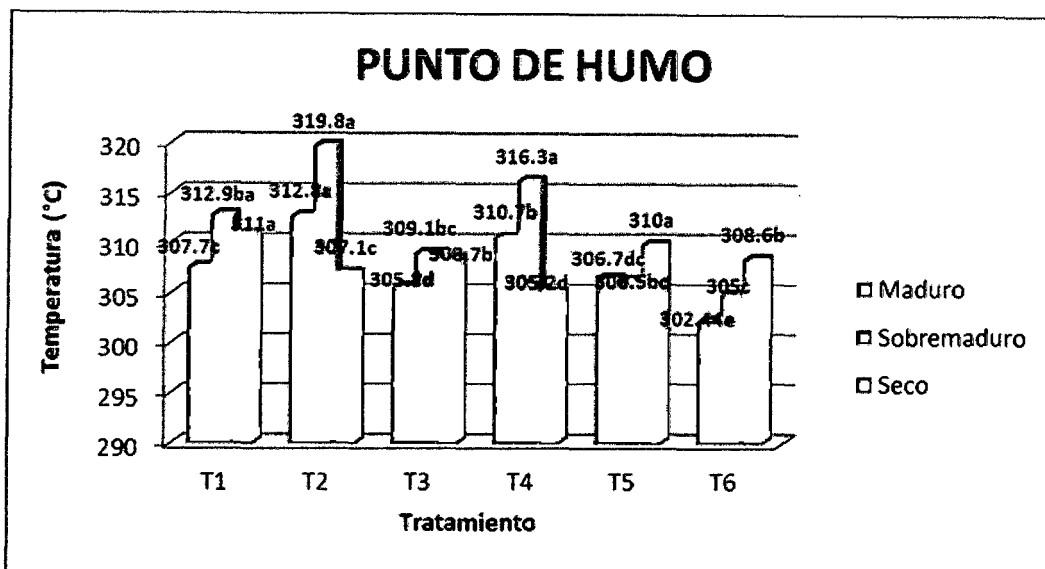


Figura N° 31. Punto de Humo del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.8 Índice de yodo, fue determinado mediante el método de Wijs (CDTA, 1977)

En la figura 32 se muestra el índice de Yodo del aceite de *Jatropha curcas* L, en 3 estados de maduración. La figura 32, nos indica que existe diferencia significativa entre los promedios de los índices de cada tratamiento y de cada estado fisiológico.

Un índice de yodo mayor de 116.16, para el T6 (testigo) y menor, 98.77, para el T1 (P1D1) en estado maduro, 112.77 del T1 (P1D1) – 104.74 del T5 (P2D2) en Sobremaduro y 114.40 - 106.92 en seco.

Un 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) (Castro, 2007). Por lo que se puede decir que los valores obtenidos en el T1 (P1D1), con 98.77g Yodo/100mL sería el más adecuado, en estado maduro.

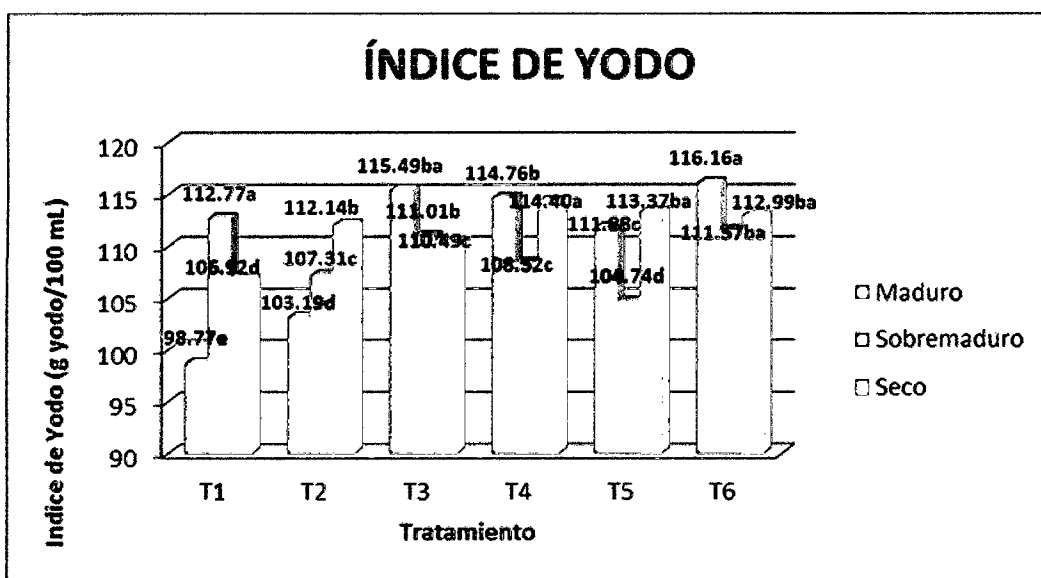


Figura N° 32. Índice de Yodo del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración

5.1.4.9 Índice de peróxido (CDTA, 1977).

En la figura 33 se muestra el índice de Peróxido del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados de maduración. La figura 33, nos indica que existe diferencia altamente significativa entre los promedios de los índices de cada tratamiento y de cada estado fisiológico. Tomándose los valores con mejores características para la calidad del aceite usado para la elaboración de biodiesel el T5 (P2D2) con 2.03g O₂/Kg y T4 (P2D1) con 2.15 O₂/Kg en estado maduro.

El índice de peróxidos (expresado en mili-equivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) es la cantidad de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico (Huerga, 2009).

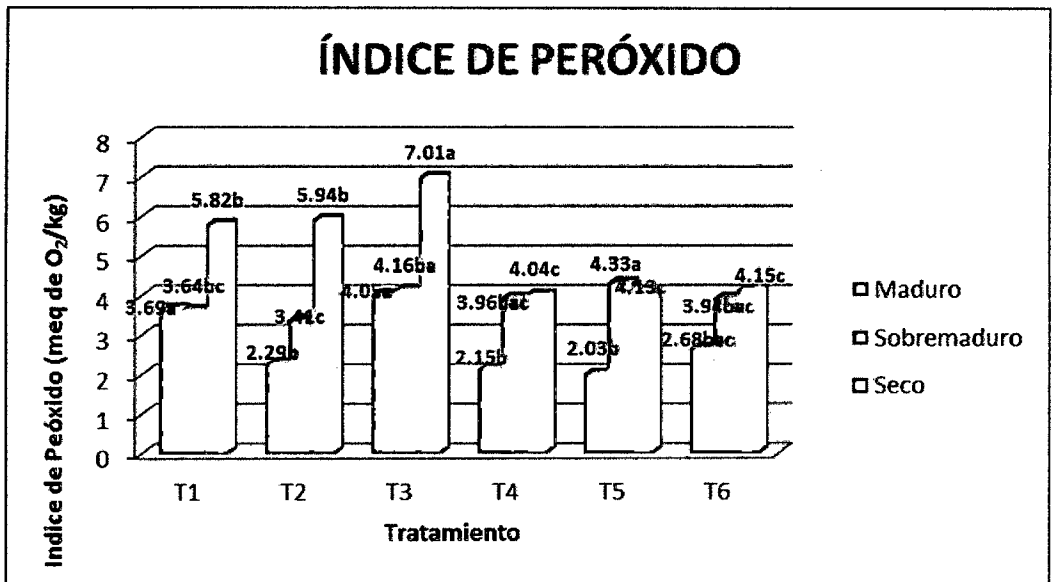


Figura N° 33. Índice de Peróxido del aceite de *Jatropha curcas L.*, en 3 estados fisiológicos de maduración.

VI. CONCLUSIONES

1. En general, se concluye que no hubo diferencias marcadas con la aplicación de los Biorreguladores y las dosis utilizadas en la presente investigación, en comparación con los testigos, ya que se afirma que no es necesaria la aplicación de biorreguladores para la obtención de un aceite de buena calidad, la recomendación sería buscar nuevos productos que puedan mejorar la rapidez y optimizar la maduración y homogeneidad de los frutos, y así obtener un aceite de mejor calidad para la elaboración de biodiesel.
2. Se concluye que la mejor época de cosecha debería ser la de sobremaduro, ya que dentro de ese parámetro se puede encontrar las mejores condiciones de calidad del aceite de *Jatropha curcas L.*, para la elaboración de biodiesel.
3. En cuanto a los análisis físicos del Piñón Blanco se pudo observar en la parte biométrica que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se puede concluir que no hubo un efecto de los biorreguladores con respecto al peso, longitud, ancho y espesor de la semilla.
4. En lo referente al análisis de humedad de las semillas, se tuvo un comportamiento normal del contenido de agua, ya que el de mayor contenido fue el estado maduro con 52.12%, luego le siguió el estado sobremaduro con 49.91% y por último el estado seco con 27.12%, como valores máximos y esto ocurrió en todos los tratamientos, con valores semejantes, lo que se observa en la bibliografía citada.
5. En el análisis de grasa total de las semillas, se pudo observar que el efecto en el comportamiento de los biorreguladores está reflejado en el T5 (P2D2) con un contenido de aceite de 50.43%, en estado maduro y el T2 (P1D2) con 50.16% en estado Sobremaduro, que son los valores más apropiados.
6. Para el índice de acidez se obtuvo bajos índices de acidez para el T1 (P1D1), como el mejor tratamiento, con un valor de 1.14mg KOH/g aceite en estado sobremaduro.

7. En cuanto al Índice de peróxido, se observó que el estado sobremaduro tiene valores más cercanos a los óptimos para la calidad del aceite a utilizar en la elaboración de biodiesel, que se ve reflejado en el T5 (P2D2) de 2.03g O₂/Kg y T4 (P2D1) con 2.15 O₂/Kg, en estado maduro.

8. Para los demás análisis realizados no hubo diferencias marcadas entre los tratamientos y para todos ellos la mejor época de cosecha está en el estado sobremaduro, llegándose a la conclusión que la mejor época de cosecha puede ser el estado maduro a sobremaduro (amarillo a cenizo).

VII. RECOMENDACIONES

1. Buscar nuevos biorreguladores, que permitan una mayor homogeneidad, ya que esta promisorio fuente de aceite para la elaboración de biocombustibles puede contribuir a mejorar los ingresos familiares y propiciar un incremento sostenible de la calidad de vida de los productores.
2. Debido a la gran importancia económica y ecológica que está teniendo *Jatropha curcas* a nivel mundial, como base para la producción de biodiesel y el poco desarrollo de su cultivo a gran escala en el país, resulta primordial estudiar un poco más acerca del manejo agronómico e impulsar tecnología en cuanto a la calidad del aceite para su uso en la elaboración del biodiesel.
3. Implementar los laboratorios a nivel de la Región, para poder tener mejores resultados en los análisis que se puedan realizar y para las investigaciones que se puedan hacer de aquí en adelante.
4. Para la extracción de aceite sería bueno tener máquinas más apropiadas para poder obtener mejores rendimientos y un aceite más limpio, lo cual va a favorecer los análisis que se puedan realizar. Y por ende la elaboración de Biodiesel.
5. Efectuar más investigaciones no solo en el cultivo, sino centrarse en la calidad del aceite y los subproductos, ya que el cultivo de piñón representa una importante alternativa socioeconómica y de recuperación ambiental para San Martín.
6. Utilizar esta investigación como base para nuevas investigaciones futuras, y mejorarla en la búsqueda de un aceite, que cuente con todas las especificaciones de un aceite de calidad, destinado al uso en la elaboración de biodiesel.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. **ALBA MILAGRO International S.p.A., 2009.** ENZIPROM Activador del crecimiento vegetal y promotor de los procesos naturales anti estrés.
Disponible en línea:
http://webes.albamilagro.com/Portals/0/schede/183500_st.pdf
Accesado el 29/12/2009

2. **AVENTIS CROPSCIENCE, 2010.** Especialidades fitosanitarias para la protección de cultivos.
Disponible en línea:
http://www.proinvitosa.org/fitogomez/image/Guia_T.pdf
Accesado el 20/01/2010

3. **BAYER, CropScience. (2008).** Wuxal boro suspensión
Disponible en: <http://www.bayercropscience.com.pe/web/index.aspx?articulo=770>
Accesado el 13/06/09

4. **CEMITEC, 2005.** Análisis y caracterización del biodiesel.
Disponible en línea:
<http://www.cemitec.com/recursos/docs/biodiesel.pdf>
Accesado el 10/10/08

5. **DE LA VEGA LOZANO, J.A. (2006).** *Jatropha Curcas L.* Agro-Energía
Disponible en línea:
<http://www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf>
Accesado el 21/02/2009

6. **DÍAZ MONTENEGRO, D. (2008).** Los Biorreguladores del Desarrollo Vegetal.
Disponible en línea:
<http://www.aproam.com/boletines/a52.html>
Accesado el 19/02/2009

7. **ECHEVERRIA (Instituto de Innovación Agraria - INIA), 2008.** Manejo del cultivo de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.) en la región San Martín.
Disponible en línea:
E – mail: elporvenier@inia.gob.pe
Accesado: 09/10/2010

8. **FALASCA S.L., ULBERICH A. (2008).** Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*)
Disponible en línea:
<http://revistavirtual.redesma.org/vol4/articulo5.php?id=c1>
Accesado el 15/06/09

9. **HELLER, 1996.** Física del fruto de la *jatropha*.
Disponible en línea:
<http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/boletines/bc-inf-03-07.pdf>
Accesado el 08/07/2010

10. **HUERGA, (2009).** “Producción de biodiesel a partir de cultivos alternativos: Experiencia con *Jatropha Curcas*”.
Disponible en línea:
<http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis/bitstream/1/204/1/tesis.pdf>
e-mail: ihuerga@cnia.inta.gov.ar
Accesado el 05/02/2011

11. **LOZOYA, 2008.** Xuta, *Jatropha*, Piñón o Aishte
Disponible en línea:
http://diprocafe.org.mx/libros_electronicos/la_xuta/LA_XUTA_SE_COME.pdf
Accesado el 05/01/2010

12. **MARTÍNEZ H.; MARTÍNEZ A.; DÁVILA 2009.** El Piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) fuente de energía renovable.
Disponible en línea:

http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CB/EO/CBO-18.pdf

Accesado el 01/01/2011

13. **MATA RODRÍGUEZ I.S.; RODRÍGUEZ GONZÁLEZ J.C. (2011).** Diseño de máquina extractora de aceite de semilla de tempate – el salvador.

Disponible en línea:

<http://jatropha.pro/PDF%20bestanden/AfstudeerverslagPeterBeerens26-08-07%5B1%5D%20jatropha%20tanzania.pdf>

Accesado el 20/10/2012

14. **MEJIA, F. (2006).** Cultivo de *Jatropha curcas* y construcción de una planta de biodiesel en San Esteban, Olancho, Honduras.

Disponible en línea:

http://ww.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=odoc_957_1_22062006.pdf

Accesado el 20/02/2009

15. **MUÑOZ, M.; JIMÉNEZ, E. 2009.** Tema: Caracterización Morfométrica de cuatro ecotipos de piñon (*Jatropha curcas*), asociado con teca (*Tectona grandis*).

Disponible en línea:

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2446/1/4834.pdf>

Accesado el 20/02/2009

16. **OCAMPO, 2010.** Eco-toxicidad y consumo energético de la producción de bioplaguicidas de *Jatropha curcas*

Disponible en línea:

http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2010/T2970.pdf

Accesado el 08/12/2009

17. **OSORIO, 1977.** Métodos oficiales de análisis de grasas y aceites. CDTA. Madrid – España.

Disponible en línea:

http://www.observatorioalimentario.org/métodos_oficiales/aceites/aceites.pdf.
Accesado el 04/10/10

18. **QUIMBAYO, P. (2010)**. El uso actual del cultivo de la *Jatropha curcas L.* en sistemas agroforestales y silvopastoriles y su potencial para contribuir al desarrollo social y económico de un cultivo en expansión mundial.
Corpoica – Colombia.
Disponible en línea:
<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Documento/JatrophaContrataciones/MONOGRAFA.pdf>
Accesado el 04/06/12.
19. **SANCHEZ, V. (2008)**. Influencia de la temperatura y empaque en la calidad del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) en cápsulas y semillas, ecotipo apangura de la Provincia de Lamas, durante almacenamiento. Tesis Ing. Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín – Perú.
20. **SANTANA, P. (2006)**. La Extracción del Aceite.
Disponible en línea:
http://www.jatropha.de/Dominican%20Republic/documents/FT_es-carta-Extraccion.pdf
Accesado el 13/03/09
21. **SEGURA, 2010**. Efecto de N, P, K y Mycoral, sobre el desarrollo vegetativo en el primer año de *Jatropha curcas L.* var. Cabo Verde, Zamorano, Honduras.
Disponible en línea:
http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2010/T2987.pdf
Accesado el 05/10/2008
22. **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 línea:

<http://payfo.ihatuey.cu/Revista/v31n3/pdf/pyf01308.pdf>

Accesado el 17/06/2009

23. **TORRES, C.A. (2007).** Cultivos energéticos, ficha técnica de la *Jatropha curcas L* en México.

Disponible en línea:

[http://www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_Ficha Tecnica.pdf](http://www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_Ficha_Tecnica.pdf)

e-mail: jatrophaenergetica@gmail.com

Accesado el 10/02/09

24. **VELA, L. (1995).** Ensayos para la extracción y caracterización de aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis L.*), en el departamento de San Martín. Tesis Ing. Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín – Perú.

25. **ZANAHUA; MARTÍNEZ; MARTÍNEZ AYALA, (2009).** “Obtención de biodiesel a partir del aceite de *jatropha curcas L.* de México en una y dos etapas”.

Disponible en línea:

http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_IX/CIX-24.pdf

Accesado el 06/02/2011

IX. ANEXOS

9.1 METODOLOGÍA

9.1.1 Determinación de análisis físico de las Semillas del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

9.1.1.1 Análisis Biométrico

Se tomaron muestras representativas de las semillas y se midió el ancho, diámetro y espesor de frutos, semillas y almendra en los 3 estados de madurez fisiológica (maduro, sobremaduro y seco), además se midió el peso con una balanza analítica.

También se tomará en cuenta el peso de la pulpa, cáscara y testa tanto del fruto, semillas y almendra en los diferentes estadios de madurez.

Procedimiento

- Seleccionar los frutos (Maduros, sobremaduros y secos)
- Pesar los frutos
- Medir el ancho, diámetro y espesor
- Extraer las semillas del fruto y realizar los pasos anteriores
- Extraer la cáscara de la semilla y realizar los pasos anteriores
- Anotan en una ficha (formato) de evaluación

9.1.1.2 Determinación de humedad: Se procederá a la determinación de humedad utilizando una estufa para secar la muestra hasta obtener un peso constante (AOAC, 1979).

Materiales

- Placa de aluminio
- Balanza analítica
- Campana desecadora
- Estufa

- Cuaderno de apuntes
- Lápiz
- Marcador

Procedimiento

- Pesar aproximadamente 10 gr de muestra en una capsula previamente desecada
- Colocar la capsula con su contenido en la estufa a 105°C y desecar durante 24Hr hasta peso constante
- Retirar la capsula, enfriar en un desecador y pesar
- Calcular el contenido en humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra.
- Cálculos

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(W_m - W_s)}{m} \times 100$$

Dónde:

W_m : Peso de la placa con muestra (g)

W_s : Peso de placa con muestra seca (g)

M : Peso de muestra (g)

9.1.1.3 Determinación de cenizas totales: Este análisis se realizará por incineración de la muestra en una mufla. La muestra se incinera a 600°C para quemar todo el material orgánico. El material inorgánico, que no se destruye a esta temperatura se llama ceniza (AOAC, 1979).

Materiales

- Muestra de alimento.
- Horno de incineración (mufla).
- Crisoles.
- Desecador.
- Balanza analítica.

- Pinzas metálicas.

Procedimiento

- Pesar 2,0 a 2,5 gramos de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado.
- Colocar los crisoles en la mufla y manténgalo a una temperatura de 600°C durante 24 horas aproximadamente.
- Luego traslade el crisol a un desecador y enfríelo a temperatura ambiente.
- Pese los crisoles tan pronto como sea posible para evitar la absorción de humedad.
- Guarde la muestra de cenizas en el caso que se realicen otras determinaciones.
- Cálculos

$$\% \text{ Cenizas Totales} = \frac{(P_c - P)}{m} \times 100$$

Dónde:

- P_c : Peso del crisol más ceniza (g)
- p : Peso del crisol vacío (g)
- m : Peso de la muestra (g)

9.1.1.4 Determinación del contenido de aceite: Se utilizará el método de extracción directa sólido-líquido y la técnica de disolución con éter de petróleo (AOAC, 1979).

Materiales

- Balanza analítica
- Matraz erlenmeyer
- Equipo Soxhlet
- Engrampadora
- Estufa
- Papel filtro
- Cuaderno de apuntes

- Lápiz
- Mortero
- Pinzas

Reactivos

- Agua destilada
- Éter de petróleo

Procedimiento

- Desechar el balón del equipo Soxhlet en una estufa a 110°C.
- Enfriar el balón en una campana de desecación.
- Pesar el balón frío (P1).
- Pesar 5 g de muestra seca (P2).
- Empaquetar la muestra en papel de filtro y amarrarla con pabilo.
- Colocar el paquete en el extractor del aparato Soxhlet.
- Colocar 150 mL de disolvente en el balón del equipo Soxhlet.
- Ensamblar el equipo Soxhlet y conectar la manguera del tubo refrigerante al caño de agua, la manguera de salida debe ir al desagüe.
- Conectar la fuente de calor.
- Dejar operar por aproximadamente 2 horas.
- Recuperar toda la mezcla aceite-disolvente y trasvazarla al balón del equipo de destilación simple, previamente pesado.
- Ensamblar el equipo de destilación simple y proceder a la recuperación del disolvente, verificando que la temperatura de ebullición no supere la del disolvente.
- Al terminar la destilación, retire el balón y colóquelo en la estufa para evaporar el sobrante de disolvente, tenga cuidado ante combustión violenta del disolvente.
- Enfriar el balón en una campana de desecación.
- Pesar el balón con su contenido de aceite.
- Expresar el porcentaje de aceite según la siguiente fórmula.

$$\%grasa = 100x\left(\frac{P_3 - P_1}{P_2}\right)$$

Dónde:

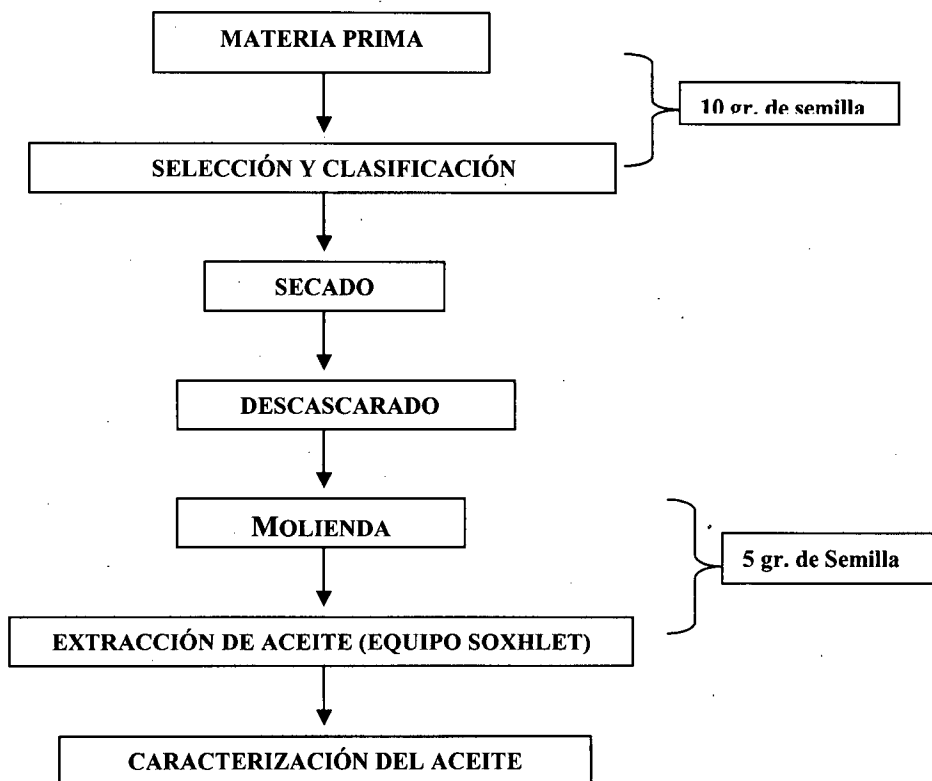
P1= Peso del balón vacío (g)

P2= Peso de la muestra (g)

P3= Peso del balón con la grasa extraída (g)

Diagrama de flujo de extracción de aceite de piñón por método de soxhlet

En el siguiente diagrama se muestra el diagrama de flujo de la extracción de aceite de piñón



Descripción del proceso.

Materia prima: Se utilizó los ecotipos colectados (Fundo Vista Alegre, Pucacaca, Chinchá Alta, Buenos Aires, Shimbillo, Ornamental).

Selección y clasificación: Se seleccionaron semillas frescas y secas.

Secado: Se empleó el método de la estufa, para determinar la humedad, hasta peso constante y a 105 °C.

Descascarado: Se desecha la película de protección que tiene la semilla, para su mejor aprovechamiento.

Molienda: Se trituran las semillas, hasta un peso aproximado de 5g, luego se coloca en el equipo soxhlet.

Extracción de aceite (Equipo Soxhlet): En este paso se deja la muestra en el equipo Soxhlet aproximadamente por un periodo de 2-3 horas, previo sifoneado con éter de petróleo, luego se seca y se obtiene el rendimiento en aceite del ecotipo analizado.

Caracterización del aceite: Se determina la calidad, con análisis de acidez, índice de saponificación, índice de peróxido y el índice de yodo.

Se utilizara dos métodos para extraer aceite fundamentado a continuación:

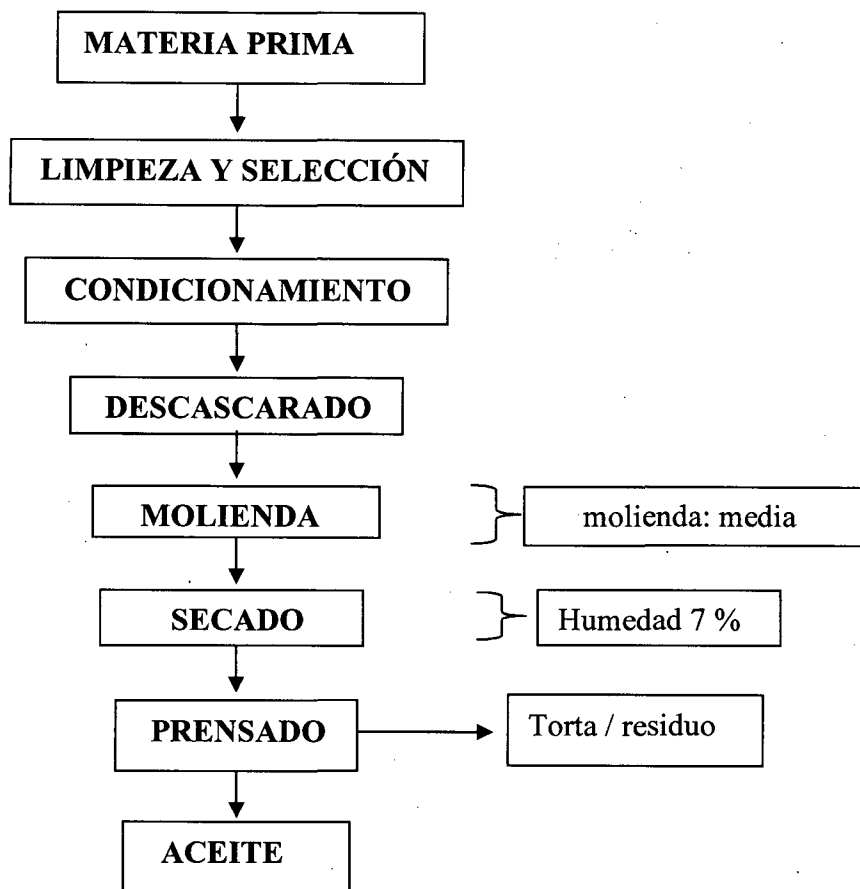
Método de extracción utilizando equipo soxhlet; para determinar rendimiento de aceite de las semillas de piñón

Método de extracción por prensado hidráulico; para evaluar las características fisicoquímicas del aceite.

9.1.2 **Caracterización fisicoquímica del aceite del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)**

Se trabajará con muestras de aceite extraído por prensado hidráulico decantado y filtrado. Se determinará la humedad más adecuada para obtener mayores rendimientos de aceite, aplicando la presión máxima de trabajo y controlando otros factores (Temperatura, etc.), que pueden influenciar en el experimento (Vela, 1995).

Flujograma de la extracción de aceite por prensado



Los procedimientos del diagrama de flujo se describen a continuación:

- **Materia prima:** Semillas de piñón secas, limpias y elegidas aleatoriamente de cada planta madre y almacenadas a humedad adecuada (7-10 %).
- **Limpieza y selección:** Se eliminarán materiales extraños y semillas deterioradas (en mal estado).
- **Acondicionamiento:** Las semillas se calentarán para favorecer la extracción de su aceite.
- **Descascarado:** Se eliminará la cáscara o epispermo manualmente.
- **Molienda:** Se reducirá el tamaño de las partículas para favorecer la liberación de la mayor cantidad de aceite.
- **Secado:** Se reducirá la humedad hasta 7% aproximadamente.

- **Prensado:** Se extraerá el aceite por prensado utilizando una prensa hidráulica que se construirá para tal efecto.
- **Aceite.** Se recolectará el aceite para ser decantado, filtrado y almacenado para el análisis respectivo.

Procedimiento para extraer el aceite de las semillas de piñón con una prensa hidráulica.

- Realizar el acondicionamiento del equipo a modo de trabajo.
- Colocar la gata hidráulica en condiciones de operatividad debajo de la base móvil del equipo.
- Pesar 350 g de cada muestra de semilla de piñón, previamente calentada y vaciar dentro del cilindro de la prensa.
- Colocar el depósito colector de aceite sobre la base móvil de la prensa.
- Colocar el cilindro sobre el depósito colector de aceite.
- Accionar la gata hidráulica para desplazar verticalmente el cilindro permitiendo el ingreso del pistón hasta presionar las semillas y por ende extraer el aceite.
- Desaccionar la gata hidráulica.
- Retirar el cilindro y escurrir el aceite en el depósito colector de aceite.
- Decantar y filtrar el aceite.
- Vaciar el aceite en un frasco de vidrio para el análisis fisicoquímico respectivo.

Los análisis fisicoquímicos se determinaran utilizando los métodos oficiales de determinación de análisis de aceites y grasas previamente citadas en las referencias bibliográficas del presente proyecto de tesis, detallándose a continuación:

8.1.2.1 Determinación de la densidad del aceite

Se utilizará el método gravimétrico mediante la técnica basada en la diferencia de masa, utilizando un picnómetro para obtener la densidad relativa, donde la muestra de aceite se obtendrá a través del método físico por prensado en caliente (mayor a 37°C según la IUPAC), utilizando una prensa hidráulica.

Materiales y equipos

- Picnómetro
- Estufa
- Campana de desecación
- Termómetro
- Agua destilada
- Muestra de aceite

Procedimiento:

- Lavar cuidadosamente el picnómetro y enjuagarlo con agua corriente y luego con agua destilada.
- Secar el picnómetro en estufa y luego enfriarlo en el desecador de vidrio que contiene material desecante (sílica gel), hasta temperatura constante del medio ambiente, enseguida pesar el picnómetro (P).
- Llenar el picnómetro con agua hasta el borde superior del tubo capilar.
- Introducir el termómetro.
- Pesar y anotar la temperatura de la determinación (P').
- Secar el picnómetro en estufa y luego enfriarlo en el desecador de vidrio, hasta temperatura constante del medio ambiente.
- Llenar el picnómetro con el aceite de piñón hasta el borde superior del tubo capilar.
- Introducir el termómetro.
- Pesar y anotar la temperatura de la determinación (P'').
- Calcular la densidad expresada en g/cm^3 y referida a una temperatura que generalmente será de 20°C para los aceites y grasas líquidas.

$$\text{Densidad} = d = ((P'' - P) / (P' - P)) D \text{ g/cm}^3$$

Dónde:

P = peso en g del picnómetro vacío.

P' = peso en g del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia.

P'' = peso en g del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia.

D = densidad del agua a la temperatura de la determinación

Densidad absoluta del agua en función de la temperatura, tomando como unidad la masa en gramos de 1 mL de agua a 4°C.

Cuadro N° 17: Densidad según la temperatura

0°	0,999868	11°	0,999637	21°	0,998019
1°	0,999927	12°	0,999525	22°	0,997697
2°	0,999968	13°	0,999404	23°	0,997565
3°	0,999992	14°	0,999271	24°	0,997323
4°	1,000000	15°	0,999126	25°	0,997071
5°	0,999992	16°	0,998970	26°	0,996810
6°	0,999968	17°	0,998801	27°	0,996539
7°	0,999929	18°	0,998622	28°	0,996259
8°	0,999876	19°	0,998432	29°	0,995971
9°	0,999808	20°	0,998230	30°	0,995673
		10°	0,999728		

Fuente: Métodos oficiales de análisis, CDTA, 1977.

Correcciones

El valor de la densidad calculado anteriormente puede corregirse del efecto del empuje del aire por la fórmula:

Densidad corregida = $d + 0,0012 (1 - d)$

d = densidad sin corregir.

8.1.2.2 Determinación de impurezas

Para el aceite obtenido por prensado se utilizará el método de filtrado empleando un filtro sin cenizas, se podrá usar cualquiera de los disolventes citados posteriormente, condicionando su empleo a la naturaleza de la materia grasa tratada, y a la de las sustancias que deban ser consideradas como impurezas en relación con el destino o aplicación que deba darse a la grasa. Se utilizará la técnica de disolución con éter de petróleo.

Materiales y equipos

- Estufa
- Erlenmeyer con tapón de vidrio esmerilado
- Papel filtro sin cenizas
- Embudo
- Balanza digital
- Muestra de aceite, 20 g.

Reactivos

- Éter de petróleo ó éter etílico ó sulfuro de carbono, 200ml

Procedimiento

- Pesar exactamente 20 g de aceite (P) en un Erlenmeyer con tapón de vidrio esmerilado (si fuese grasa, solamente fundida, si es necesario)
- Agregar 200 mL del disolvente elegido, tapar, agitar y dejar en reposo a 20°C durante 30 minutos, si se trata de éter etílico o éter de petróleo, y 12 horas si se trata de sulfuro de carbono.
- Filtrar sobre filtro sin cenizas, de 12 cm de diámetro, previamente secado y pesado (P").

- Lavar el filtro con pequeñas porciones de disolvente, utilizando la cantidad estrictamente necesaria para que las impurezas retenidas por el filtro estén exentas de materia grasa.
- Retirar el filtro del embudo, dejar evaporar el disolvente al aire libre.
- Terminar la evaporación en estufa a 103°C (± 2°C).
- Pesar el filtro y anotar (P').

Cálculos

$$\text{Impurezas \%} = (100 (P / P')) / P$$

P'' = peso en g del filtro seco

P' = peso en g del filtro más impurezas

P = peso en g de la muestra

Indicar el disolvente utilizado y, eventualmente, los componentes que han sido deducidos de las impurezas.

Observaciones

Si el filtrado contiene cenizas, eliminar el disolvente por destilación, incinerar el residuo, pesar y agregar esta pesada a las impurezas del filtro.

Para una determinación de gran exactitud deberá emplearse una cantidad de disolvente cincuenta veces superior al peso de grasa tomada.

En el caso de una materia grasa que contenga jabones, y en el caso que estos jabones no deban ser considerados como impurezas, más que por las bases que contengan, separar el residuo insoluble del filtro y tratarlo a ebullición con refrigerante de reflujo, con ácido clorhídrico diluido (1:5), hasta que los jabones se hayan descompuesto totalmente. Extraer la materia grasa así liberado en una ampolla de decantación por medio del disolvente utilizado para la determinación de las impurezas.. Después de pequeños lavados con agua, destinados a eliminar la acidez mineral, filtración y eliminación del disolvente, pesar los ácidos grasos, y deducir de las impurezas el tanto por ciento así obtenido.

8.1.2.3 Humedad y materiales volátiles

Se utilizará la técnica de secado para liberar el agua libre y compuestos volátiles de la muestra.

Método de la estufa: La muestra debe ser previamente homogeneizada antes de pesar la cantidad con que se vaya a operar. Esto se logra, con las grasas fluidas, agitando fuertemente el frasco que contiene la muestra y vertiendo rápidamente la cantidad aproximada que se vaya a pesar en la cápsula en la que se efectúe la desecación.

Materiales y equipos

- Estufa
- Campana de desecación
- Capsula de porcelana
- Balanza digital
- Muestra de aceite filtrado, 5 g.

Procedimiento

- Desecar una cápsula en estufa a 105°C, enfriarla en un desecador y pesarla (Pf).
- Pesar una cantidad aproximada de 5 a 10 g de muestra (PM) en la cápsula, según el contenido de humedad, preparada como se indica en preparación de la muestra.
- Colocar la cápsula en la estufa, previamente regulada a 105°C, manteniéndola allí durante 30 min.
- Sacar y pasar a un desecador donde se deja enfriar; pesando a continuación (Pa).
- Terminar el secado cuando el peso es constante.
- Calcular: % humedad y materia volátil = $((Pa - Pf) / PM) \cdot 100$

8.1.2.4 Determinación del punto de humo

Se someterá a sobrecalentamiento 50 mL de aceite. En el momento que el aceite comienza a desprender un gas azul, se medirá inmediatamente la temperatura alcanzada.

Materiales y equipos

- Mechero de alcohol
- Termómetro para medir altas temperaturas

8.1.2.5 Determinación del índice de acidez

Se utilizará el método volumétrico y la técnica de titulación. Antes de comenzar el procedimiento se debe estandarizar el hidróxido de potasio.

Materiales

- Aceite (*Jatropha curcas*)
- Matraz erlenmeyer
- Pipetas
- Balanza analítica
- Vaso de precipitado

Reactivos

- Solución de KOH 0.1N
- Alcohol Etílico
- Fenolftaleína

Procedimiento:

- Pesar 5g de muestra (aceite)
- Diluir con 50 mL de alcohol etílico neutralizado
- Cocarlo en un matraz erlenmeyer
- Adicionar unas gotas de fenolftaleína
- Titular con solución de hidróxido de potasio 0.1N

Cálculos

$$IA = \frac{VxNx \cdot 56,1}{gr \cdot muestra}$$

Dónde:

V: Volumen de titulante gastado (ml)

N: Normalidad de KOH

8.1.2.6 Determinación del índice de yodo

Se utilizará el método volumétrico y la técnica de titulación con el reactivo de Wijs. El índice de yodo de un cuerpo graso en función de su grado de instauración se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona. Se expresará convencionalmente por el peso de yodo absorbido por cien partes en peso de la materia grasa.

Según el índice de yodo previsto, la toma de muestra variará de la forma indicada

Cantidad de muestra según el índice de yodo previsto.

Cuadro N° 18: Valores supuestos de yodo

Índice de yodo previsto	Toma de muestra (g)
< 5	3,00
5 a 20	1,00
21 a 50	0,60
51 a 100	0,30
101 a 150	0,20
151 a 200	0,15

Fuente: CDTA, 1977. Métodos oficiales de análisis de aceites

Reactivos

- Reactivo de Wijs, 25 mL.
- tetracloruro de carbono, 15 mL.
- Ioduro potásico en solución, 20 mL.
- Agua destilada, 150 mL.
- Tiosulfato sodico 0.1 N

Procedimiento

- Antes de proceder se debe preparar el reactivo de Wijs.
- En una pequeña navecilla de vidrio, pesar exactamente la cantidad necesaria.
- Introducir la navecilla y su contenido en un Erlenmeyer con tapón esmerilado de aproximadamente 300 mL.
- Agregar 15 mL de tetracloruro de carbono y disolver.
- Agregar exactamente 25 mL del reactivo de Wijs.
- Tapar el matraz, agitar ligeramente y protegerlo de la luz.
- Dejar estar 1 hora para grasas cuyo índice sea inferior a 150 y 2 horas para las de índice superior a 150 y los aceites polimerizados u oxidados.
- Agregar 20 mL de la solución de ioduro potásico y 150 mL de agua.
- Valorar con solución de tiosulfato sódico 0,1 N, con engrudo de almidón como indicador, hasta desaparición justa del color azul después de agitación intensa.
- Hacer un ensayo en blanco sin materia grasa en las mismas condiciones. Cálculo del Índice de iodo = $(12,69 N (V - V')) / P$

Dónde:

V' = volumen en ml de solución de tiosulfato sódico 0,1 N utilizados para el ensayo para la materia grasa

V = volumen en ml de solución alcalina 0,1 N, utilizados para el ensayo en blanco

P = peso en g de la muestra

N = normalidad de la solución de tiosulfato sódico utilizada.

8.1.2.7 Determinación del índice de peróxido

Llamamos "*índice de peróxidos*" a los mili equivalentes de oxígeno activo contenidos en un Kilogramo de grasa, calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio, operando en las condiciones especificadas según la metódica analítica.

Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio en las condiciones descritas, las consideramos peróxidos u otros productos similares provenientes de la oxidación de las grasa, por lo cual el índice obtenido es considerado, con una aproximación bastante aceptable, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa muestra.

Materiales

- Balanza analítica.
- Bureta.
- Frasco lavador.
- Matraces erlenmeyer esmerilados 29/32, con tapón (2).
- Probeta de 10 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Probeta de 25 ml.

Reactivos

- Disolución acuosa extemporánea de tiosulfato de sodio 0'01N, preparada a partir de tiosulfato de sodio 0,1N sv (10 ml hasta 100 ml).
- Solución indicadora de almidón al 1 %.
- Disolución saturada de yoduro de potasio (preparación extemporánea a partir de yoduro de potasio pa).
- Agua destilada.

Procedimiento

- Pesar una cantidad adecuada de grasa en un matraz Erlenmeyer limpio y seco.

- Añadir 10 ml de cloroformo para disolver rápidamente la grasa por agitación; añadir 15 ml de ácido acético glacial y 1 ml de disolución saturada de yoduro de potasio.
- Tapar el matraz y agitar suavemente por rotación durante 1 minuto; dejar reposar 5 minutos en un lugar oscuro.
- Añadir 75 ml de agua destilada, sacudir con energía y valorar el yodo liberado con disolución de tiosulfato de sodio 0'01N, utilizando disolución de almidón como indicador.
- Paralelamente, efectuar un ensayo en blanco.

Cálculos

El índice de peróxidos (IP) se expresa en mili equivalentes de oxígeno activo por kilogramo de muestra:

$$IP = \frac{(V - V') \cdot N \cdot 1.000}{m}$$

Dónde:

V = volumen de disolución de tiosulfato de sodio, en ml, consumido en el ensayo de la muestra.

V' = volumen de disolución de tiosulfato de sodio, en ml, consumido en el blanco.

N = normalidad de la disolución de tiosulfato de sodio.

m = peso, en gramos, de la muestra.

OBSERVACIONES

La cantidad de muestra a pesar será:

Cuadro N° 19: Índices supuestos de peróxido según muestra.

INDICE SUPUESTO	PESO MUESTRA (g)
0 – 20	1.2 – 2
20 – 30	0.8 – 1.2
30 – 50	0.5 – 0.8
50 – 10	0.3 – 0.5

Para aceites de índices inferiores a 20, es recomendable utilizar tiosulfato de sodio 0'002N.

9.1.3 EVALUACIÓN DEL PERIODO DE MADURACIÓN EN EL PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas* L.)

Cuadro N° 20: Evaluación periodo de maduración en el Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

BLOCK	Tratam.	N° de Planta Evaluada	N° de frutos/Racimo	N° de frutos caidos	% Mortandad	DIAS DEL FRUTO MADURO		DIAS DEL FRUTO SOBREMADURO		DIAS DEL FRUTO SECO	
						Desde	Hasta	Desde	Hasta	Desde	Hasta
I	P1D1	6	14	4	28.57	45	47	48	50	51	58
		6	17	7	41.18	46	48	49	50	51	58
	P1D2	6	16	10	62.50	44	45	46	48	49	56
		6	18	4	22.22	46	48	49	51	52	59
	P1D0	2	10	4	40.00	47	49	50	52	53	60
		3	10	2	20.00	47	49	50	52	53	60
	P2D1	4	8	3	37.50	52	53	54	56	57	64
		2	7	2	28.57	44	46	47	49	50	57
	P2D2	2	7	3	42.86	53	55	56	58	59	66
		1	9	1	11.11	46	48	49	51	52	59
	P2D0	2	10	4	40.00	46	48	49	51	52	59
		3	10	2	20.00	46	48	49	51	52	59
II	P1D1	3	8	2	25.00	50	52	53	55	56	63
		1	10	2	20.00	48	49	50	52	53	60
	P1D2	2	14	3	21.43	48	50	51	53	54	61
		2	8	3	37.50	46	48	49	51	52	59
	P1D0	2	14	3	21.43	48	50	51	53	54	61
		3	7	2	28.57	46	48	49	51	52	59
	P2D1	3	18	4	22.22	48	51	52	54	55	62
		5	10	4	40.00	48	49	50	52	53	60
	P2D2	5	25	11	44.00	48	50	51	53	54	61
		5	13	5	38.46	44	46	47	49	50	57
	P2D0	1	18	4	22.22	45	47	48	50	51	58
		4	8	3	37.50	46	48	49	51	52	59
III	P1D1	2	15	4	26.67	49	51	52	55	56	63
		1	12	2	16.67	51	53	54	56	57	64
	P1D2	3	15	1	6.67	51	53	54	57	58	65
		3	12	3	25.00	48	51	52	54	55	62
	P1D0	3	11	3	27.27	49	51	52	55	57	64
		1	9	3	33.33	50	51	52	53	55	62
	P2D1	1	20	2	10.00	48	50	51	53	54	61
		1	8	2	25.00	46	47	48	51	52	59
	P2D2	1	9	3	33.33	51	53	54	57	58	65
		1	6	1	16.67	50	51	52	55	56	63
	P2D0	3	12	4	33.33	48	50	51	54	56	63
		1	8	2	25.00	49	50	51	52	55	62
PROMEDIO			11.83	3	28.66	48	49	50	53	54	61

Fuente: Elaboración propia, 2009.

9.1.4 APLICACIÓN DE BIORREGULADORES

Cuadro N° 21: Comportamiento de biorreguladores en la uniformidad de la maduración del piñón blanco.

Tratamiento	Total de frutos	Numero de frutos				% de Homogeneidad en frutos			
		Verde	Maduro	Sobre Maduro	Seco	Verde	Maduro	Sobre Maduro	Seco
P1D1	9	4	4	1	0	44.44	44.44	11.11	0.00
	11	4	2	0	5	36.36	18.18	0.00	45.45
	7	2	0	3	2	28.57	0.00	42.86	28.57
	27	10	6	4	7	36.46	20.88	17.99	24.68
P1D2	5	3	1	0	1	60.00	20.00	0.00	20.00
	14	1	5	7	1	7.14	35.71	50.00	7.14
	11	3	2	4	2	27.27	18.18	36.36	18.18
	30	7	8	11	4	31.47	24.63	28.79	15.11
P1DO	10	4	3	3	0	40.00	30.00	30.00	0.00
	6	2	0	2	2	33.33	0.00	33.33	33.33
	9	1	2	4	2	11.11	22.22	44.44	22.22
	25	7	5	9	4	28.15	17.41	35.93	18.52
P2D1	13	2	4	7	0	15.38	30.77	53.85	0.00
	18	5	9	3	1	27.78	50.00	16.67	5.56
	7	2	1	0	4	28.57	14.29	0.00	57.14
		9	14	10	5	23.91	31.68	23.50	20.90
P2D2	6	2	1	3	0	33.33	16.67	50.00	0.00
	21	5	6	7	3	23.81	28.57	33.33	14.29
	8	1	1	2	2	12.50	12.50	25.00	25.00
		8	8	12	5	23.21	19.25	36.11	13.10
P2DO	13	0	5	6	2	0.00	38.46	46.15	15.38
	10	4	0	4	2	40.00	0.00	40.00	20.00
	12	1	2	8	1	8.33	16.67	66.67	8.33
		5	7	18	5	16.11	18.38	50.94	14.57
PROMEDIO	12.95	3.78	3.87	4.78	2.39	26.23	22.96	31.47	17.67

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.1.5 DETERMINACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICO DE LAS SEMILLAS DEL PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas L.*)

9.1.5.1 Determinación Biométrica de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en los 3 estados fisiológicos en estudio.

Cuadro N° 22: Determinación biométrica de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Maduro.

FRUTOS MADUROS	BLOQUES																		PROMEDIO
	I						II						III						
COMPONENTES	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	
FRUTO																			
N° frutos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25.00
W Fruto	10.00	8.40	9.54	8.90	9.29	9.20	10.51	8.32	10.46	8.22	10.81	9.98	9.64	10.76	9.88	9.38	8.47	9.85	9.53
Longitud	28.59	27.42	27.90	27.83	27.99	27.82	29.43	27.00	29.75	27.24	29.95	29.34	29.28	30.14	29.28	28.20	27.36	28.97	28.53
Ancho	26.80	25.18	26.38	25.54	26.39	26.01	26.86	25.29	26.67	25.02	27.14	26.36	26.57	26.96	26.91	26.10	25.39	26.86	26.25
W pulpa	7.17	5.96	6.90	6.24	6.70	6.56	7.47	5.90	7.39	5.83	7.54	7.10	6.83	7.54	7.05	6.45	5.94	7.06	6.76
N° Semillas/Fruto	2.80	2.76	2.83	2.88	2.76	2.88	2.96	2.80	2.92	2.68	3.00	2.84	2.64	2.96	2.83	2.80	2.76	2.76	2.83
W Semilla/ Fruto	2.78	2.38	2.56	2.53	2.52	2.55	2.99	2.34	3.03	2.29	3.18	2.84	2.77	3.15	2.79	2.70	2.46	2.74	2.70
W impurezas	0.05	0.07	0.09	0.13	0.07	0.09	0.05	0.08	0.03	0.10	0.09	0.04	0.04	0.06	0.04	0.22	0.06	0.05	0.08
N° Semillas deterioradas	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.56
SEMILLA																			
CON CÁSCARA																			
W Semilla	0.98	0.91	0.89	0.93	0.96	0.91	1.03	0.91	1.06	0.91	1.08	1.04	1.06	1.06	1.03	1.02	0.94	1.03	0.99
Longitud	19.17	18.03	18.58	18.46	19.07	18.65	26.77	18.68	20.00	17.88	19.98	19.76	19.98	20.51	20.11	19.40	18.88	19.72	19.65
Ancho	11.20	10.76	11.19	11.01	10.94	11.03	11.33	10.63	11.16	10.79	11.31	11.03	11.32	11.17	11.18	11.31	11.01	11.22	11.09
Espesor	8.41	8.08	8.33	8.26	8.45	8.33	8.61	8.30	8.60	8.28	8.82	8.61	8.69	8.62	8.78	8.63	8.54	8.61	8.50
SIN CÁSCARA																			
W almendra	0.57	0.52	0.51	0.54	15.11	0.51	0.60	0.53	0.62	0.51	0.64	0.60	0.63	0.61	0.60	0.59	0.56	0.60	1.38
Longitud	15.21	15.00	14.72	14.92	15.11	14.87	15.40	15.20	15.19	14.60	15.70	15.19	15.58	15.93	15.52	15.23	15.09	15.53	15.22
Ancho	9.88	13.15	9.47	13.43	9.74	13.28	10.06	13.24	10.02	9.29	10.03	9.92	10.09	9.81	9.91	9.85	9.77	9.90	10.60
Espesor	6.59	6.20	6.47	6.39	6.58	6.32	6.87	6.39	6.86	6.38	6.93	6.80	6.90	6.49	6.90	6.62	6.92	6.76	6.63
W Testa	0.41	0.39	0.40	0.40	0.40	0.39	0.43	0.38	0.44	0.40	0.44	0.43	0.44	0.44	0.43	0.44	0.38	0.43	0.41

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 23: Determinación biométrica de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.), en estado Sobremaduro

FRUTOS SOBREMADUROS	BLOQUES																		PROMEDIO
	I						II						III						
COMPONENTES	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	
FRUTO																			
N° frutos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25.00
W Fruto	4.77	7.49	4.77	4.77	4.71	5.01	5.95	5.04	7.36	5.25	6.51	7.36	6.99	5.30	4.46	7.54	5.42	5.08	5.77
Longitud	25.22	27.14	24.48	24.30	24.50	24.49	27.48	25.43	27.41	24.46	26.09	27.41	27.75	25.90	23.66	27.12	25.30	24.27	25.69
Ancho	21.58	24.24	21.33	21.28	21.78	21.70	22.72	21.51	24.16	21.53	23.43	24.16	23.98	21.98	20.96	24.26	22.25	21.90	22.48
W pulpa	2.56	4.25	2.78	2.48	2.45	2.82	3.29	2.79	4.63	2.94	3.85	4.63	4.29	2.68	2.28	4.32	3.05	2.78	3.27
N° Semillas/Fruto	2.15	2.71	2.83	2.64	2.76	2.68	2.76	2.75	2.60	2.80	2.76	2.60	2.52	2.84	2.58	2.68	2.76	2.60	2.67
W Semilla/ Fruto	2.15	2.66	1.74	2.04	2.23	1.93	2.61	1.87	2.48	2.11	2.52	2.48	2.62	2.34	2.03	2.66	2.31	2.14	2.27
W impurezas	0.06	0.59	0.25	0.26	0.03	0.26	0.05	0.38	0.25	0.20	0.14	0.25	0.07	0.28	0.15	0.56	0.06	0.17	0.22
N° Semillas deterioradas	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	2.00	1.00	1.17	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00	1.60	0.00	1.00	0.00	1.00	0.99
SEMILLA																			
CON CÁSCARA																			
W Semilla	0.88	1.02	0.79	0.82	0.85	0.83	1.00	0.86	1.03	0.82	0.94	1.03	1.04	0.94	0.84	1.01	0.88	0.86	0.91
Longitud	17.74	19.50	17.68	17.98	17.57	17.67	19.72	18.47	19.37	18.03	18.72	19.37	19.92	18.68	17.55	19.51	17.93	17.80	18.51
Ancho	10.92	11.18	10.84	10.82	10.96	10.79	11.01	10.85	11.17	10.83	10.94	11.17	11.12	10.77	10.48	11.17	11.02	10.68	10.93
Espesor	8.35	8.60	8.38	8.19	8.38	8.23	8.55	8.41	8.63	8.19	8.40	8.63	8.89	8.47	8.17	8.59	8.42	8.15	8.42
SIN CÁSCARA																			
W almendra	0.55	0.62	0.44	0.50	0.53	0.47	0.63	0.54	0.61	0.51	0.59	0.61	0.63	0.60	0.50	0.62	0.55	0.52	0.56
Longitud	14.49	15.50	13.86	14.62	14.91	14.00	15.04	14.82	15.50	14.53	15.39	15.50	15.53	15.30	14.41	15.49	15.15	14.50	14.92
Ancho	9.08	9.84	8.55	9.21	9.46	8.89	8.95	8.98	9.70	9.26	9.71	9.70	9.72	9.06	9.06	9.83	9.55	9.28	9.32
Espesor	6.07	6.68	5.51	6.13	6.20	5.85	6.26	6.11	6.71	6.08	6.70	6.71	6.91	6.26	6.30	6.71	6.30	6.36	6.33
W Testa	0.33	0.39	0.35	0.32	0.32	1.52	0.72	0.33	0.42	0.32	0.34	0.42	0.41	0.33	0.35	0.39	0.33	0.35	0.44

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 24: Determinación biométrica de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Seco.

FRUTOS SECOS	BLOQUES																		PROMEDIO
	I						II						III						
COMPONENTES	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	P1D1	P1D2	P1D0	P2D1	P2D2	P2D0	
FRUTO																			
N° frutos	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25.00
W Fruto	3.33	4.07	2.16	3.54	3.29	2.18	3.35	3.88	2.38	3.24	2.70	2.45	3.53	3.50	3.55	3.29	3.18	3.58	3.18
Longitud	25.56	25.65	23.58	25.77	25.80	23.82	25.77	25.00	26.12	25.28	25.42	25.85	25.17	25.84	24.81	25.63	24.88	25.41	25.30
Ancho	22.75	22.85	18.22	22.82	22.61	18.56	22.58	22.15	20.97	23.02	21.27	21.16	22.32	23.00	23.24	22.14	22.68	23.17	21.97
W pulpa	1.06	1.32	0.71	1.10	1.02	0.71	1.10	1.23	0.77	1.08	0.86	0.79	1.14	1.06	1.04	1.11	0.98	1.05	1.01
N° Semillas/Fruto	2.56	2.92	2.83	2.92	2.88	2.84	2.84	3.00	2.83	2.84	2.92	2.88	2.88	2.88	2.83	2.76	2.64	2.88	2.84
W Semilla/ Fruto	2.22	2.73	1.44	2.41	2.25	1.45	2.23	2.60	1.58	2.15	1.81	1.64	2.38	2.34	2.49	2.15	2.17	2.52	2.14
W impurezas	0.05	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.10	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03
N° Semillas deterioradas	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.50	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.53
SEMILLA																			
CON CÁSCARA																			
W Semilla	0.90	0.85	0.54	0.85	0.84	0.55	0.83	0.83	0.60	0.80	0.65	0.60	0.85	0.87	0.89	0.81	0.86	0.88	0.78
Longitud	19.53	18.45	17.87	19.29	19.34	17.81	19.33	18.80	19.13	18.92	18.58	19.02	18.93	19.54	19.10	19.04	19.08	19.37	18.95
Ancho	12.08	12.00	10.77	11.94	11.81	10.67	11.61	11.20	11.30	12.25	11.07	11.32	11.71	11.90	11.13	11.71	12.09	12.03	11.59
Espesor	9.63	9.50	8.18	9.38	9.35	8.12	9.30	9.00	8.73	9.51	8.52	8.68	9.21	9.41	9.47	9.13	9.61	9.40	
SIN CÁSCARA																			
W almendra	0.58	0.55	0.33	0.51	0.53	0.34	0.53	0.54	0.33	0.49	0.40	0.32	0.54	0.54	0.56	0.50	0.54	0.56	0.48
Longitud	15.89	15.35	14.71	16.02	15.83	14.56	16.11	15.15	15.70	14.58	15.07	15.54	14.93	15.77	15.52	15.28	15.34	15.67	15.39
Ancho	9.52	9.45	8.20	9.17	9.06	8.35	8.97	8.65	8.28	9.05	8.52	7.87	9.43	9.37	9.61	8.95	9.42	9.49	8.96
Espesor	7.87	7.30	6.48	7.30	7.44	6.31	7.18	7.50	6.51	7.01	6.80	6.46	7.26	7.29	7.73	7.30	7.73	7.71	7.18
W Testa	0.32	0.30	0.27	0.33	0.31	0.21	0.29	0.29	0.27	0.31	0.26	0.28	0.31	0.33	0.33	0.31	0.32	0.32	0.30

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.1.5.2 Determinación de humedad, Grasa Total, cenizas totales de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en los 3 estados fisiológicos en estudio

Cuadro N° 25: Análisis de Humedad, Grasa total, Cenizas totales de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Maduro.

BLOQUES	Component	HUMEDAD (%)	GRASA TOTAL (%)	CENIZAS TOTALES (%)
	Código			
I	P1D1	48.33	42.67	5.15
	P1D2	45.88	44.18	3.97
	P1D0	45.57	47.09	5.1
	P2D1	47.45	43.06	4.33
	P2D2	46.87	51.82	4.19
	P2D0	42.84	48.34	3.95
II	P1D1	46.42	44.83	4.3
	P1D2	47.67	46.01	4.45
	P1D0	46.59	46.87	4.6
	P2D1	51.96	44.56	4.07
	P2D2	47.85	50.00	3.93
	P2D0	51.48	45.85	4.39
III	P1D1	54.65	45.07	4.77
	P1D2	45.63	40.25	4.62
	P1D0	56.07	47.38	4.76
	P2D1	43.98	40.89	4.19
	P2D2	49.2	49.47	4.49
	P2D0	46.13	46.42	4.64

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 26: Análisis e Humedad, Grasa total, Cenizas totales de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Sobremaduro.

BLOQUES	Component	HUMEDAD (%)	GRASA TOTAL (%)	CENIZAS TOTALES (%)
	Código			
I	P1D1	46.915	44.86	4.887
	P1D2	39.538	48.71	4.491
	P1D0	40.450	45.67	4.510
	P2D1	58.903	45.84	3.974
	P2D2	50.788	42.65	4.467
	P2D0	41.941	46.67	4.474
II	P1D1	29.170	47.37	4.973
	P1D2	40.579	50.60	4.337
	P1D0	47.910	46.40	4.750
	P2D1	48.209	34.02	3.974
	P2D2	35.783	46.08	3.842
	P2D0	48.552	46.45	4.731
III	P1D1	42.173	46.45	4.215
	P1D2	43.863	51.17	4.062
	P1D0	45.290	43.10	4.890
	P2D1	33.456	41.93	3.813
	P2D2	52.153	43.62	5.085
	P2D0	45.467	43.59	5.014

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 27: Análisis e Humedad, Grasa total, Cenizas totales de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Seco.

BLOQUES	Component	HUMEDAD (%)	GRASA TOTAL (%)	CENIZAS TOTALES (%)
	Código			
I	P1D1	24.023	45.62	3.879
	P1D2	14.519	47.95	4.071
	P1D0	13.877	45.78	4.123
	P2D1	18.338	44.48	5.503
	P2D2	18.953	45.94	5.406
	P2D0	17.702	44.85	4.331
II	P1D1	25.26	45.34	4.569
	P1D2	30.35	44.23	5.672
	P1D0	22.92	43.14	4.401
	P2D1	28.162	47.78	4.712
	P2D2	23.012	46.63	4.423
	P2D0	22.724	45.21	4.631
III	P1D1	22.077	44.96	4.563
	P1D2	14.745	47.15	5.534
	P1D0	29.767	44.88	5.417
	P2D1	26.611	47.05	4.775
	P2D2	31.016	44.92	5.029
	P2D0	23.744	44.38	5.124

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.1.6 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL ACEITE DE PIÑÓN BLANCO (*Jatropha curcas L.*), EN LOS TRES ESTADOS FISIOLÓGICOS EN ESTUDIO.

Cuadro N° 28: Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Maduro.

BLOQUES	Compon.	Índice de Acidez (mg KOH/g aceite)	Índice de Yodo (g yodo/100 mL)	Índice de Peróxido (meq de O ₂ /kg)	Densidad a 26.4° C (g/cm ³)	Humedad y Materias Volátiles (%)	Cenizas (%)	Punto de Humo (%)	Viscosidad a 26.4° C (cSt)	Impurezas (%)
	Código									
I	P1D1	1.66	99.31	4.35	0.918	0.66	0.27	308.00	53.83	1.70
	P1D2	1.65	98.68	3.55	0.919	0.40	0.20	306.67	53.66	1.66
	P1D0	1.62	98.32	3.16	0.926	0.50	0.30	308.33	53.44	1.71
	P2D1	1.59	103.57	2.87	0.917	0.60	0.20	314.00	45.72	1.50
	P2D2	1.66	103.01	2.17	0.921	0.60	0.25	313.00	45.63	1.48
	P2D0	1.66	102.99	1.82	0.925	0.48	0.26	311.33	45.20	1.49
II	P1D1	1.57	115.99	3.15	0.921	0.40	0.33	305.67	51.21	1.54
	P1D2	1.66	115.43	4.70	0.925	0.40	0.25	306.33	51.02	1.52
	P1D0	1.66	115.04	4.31	0.924	0.40	0.33	305.33	51.30	1.52
	P2D1	1.33	115.3	2.79	0.924	0.40	0.23	312.00	49.59	1.59
	P2D2	1.37	114.67	2.02	0.927	0.40	0.25	310.00	49.68	1.57
	P2D0	1.37	114.32	1.63	0.929	0.58	0.21	310.00	49.81	1.58
III	P1D1	1.56	111.91	2.67	0.924	0.40	0.20	307.33	52.97	1.62
	P1D2	1.59	111.37	1.90	0.928	0.39	0.20	306.33	53.06	1.59
	P1D0	1.61	112.35	1.51	0.925	0.40	0.20	306.33	53.20	1.63
	P2D1	1.62	117.19	3.35	0.928	0.53	0.27	301.33	50.44	1.61
	P2D2	1.78	116.58	2.55	0.926	0.40	0.29	303.33	48.14	1.59
	P2D0	1.73	114.71	2.15	0.935	0.43	0.31	302.67	48.29	1.61

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 29: Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Sobremaduro.

BLOQUES	Compon.	Índice de Acidez (mg KOH/g aceite)	Índice de Yodo (g yodo/100 mL)	Índice de Peróxido (meq de O ₂ /kg)	Densidad a 26.4° C (g/cm ³)	Humedad y Materias Volátiles (%)	Cenizas (%)	Punto de Humo (%)	Viscosidad a 26.4° C (cSt)	Impurezas (%)
	Código									
I	P1D1	1.137	112.895	3.639	0.912	0.397	0.199	315.667	42.131	1.792
	P1D2	1.211	107.551	3.412	0.918	0.396	0.299	322.667	41.754	1.707
	P1D0	1.174	111.211	4.080	0.918	0.397	0.199	307.667	44.033	1.623
	P2D1	1.439	107.606	3.823	0.917	0.395	0.199	319.000	47.871	1.727
	P2D2	1.604	105.835	4.194	0.919	0.396	0.199	305.667	41.480	1.657
	P2D0	1.213	111.795	3.807	0.917	0.394	0.200	302.667	39.270	1.697
II	P1D1	1.137	112.851	3.240	0.916	0.394	0.203	311.333	42.062	1.909
	P1D2	1.212	107.504	3.006	0.922	0.393	0.304	317.333	42.251	1.823
	P1D0	1.174	111.170	4.351	0.922	0.462	0.204	311.000	44.461	1.656
	P2D1	1.441	109.248	3.823	0.921	0.374	0.204	313.667	47.168	1.827
	P2D2	1.605	104.469	4.194	0.923	0.463	0.203	307.667	41.840	1.757
	P2D0	1.214	111.749	3.807	0.922	0.393	0.220	308.667	39.509	1.796
III	P1D1	1.136	112.574	4.038	0.908	0.389	0.201	311.667	41.617	1.844
	P1D2	1.221	106.880	3.817	0.915	0.388	0.301	319.333	41.994	1.757
	P1D0	1.186	110.661	4.038	0.914	0.389	0.202	308.667	43.861	1.672
	P2D1	1.469	108.693	4.219	0.912	0.387	0.201	316.333	43.570	1.777
	P2D2	1.759	103.930	4.609	0.915	0.390	0.201	306.000	39.252	1.707
	P2D0	1.215	111.152	4.193	0.913	0.391	0.202	303.667	42.508	1.747

Fuente: Elaboración propia, 2009

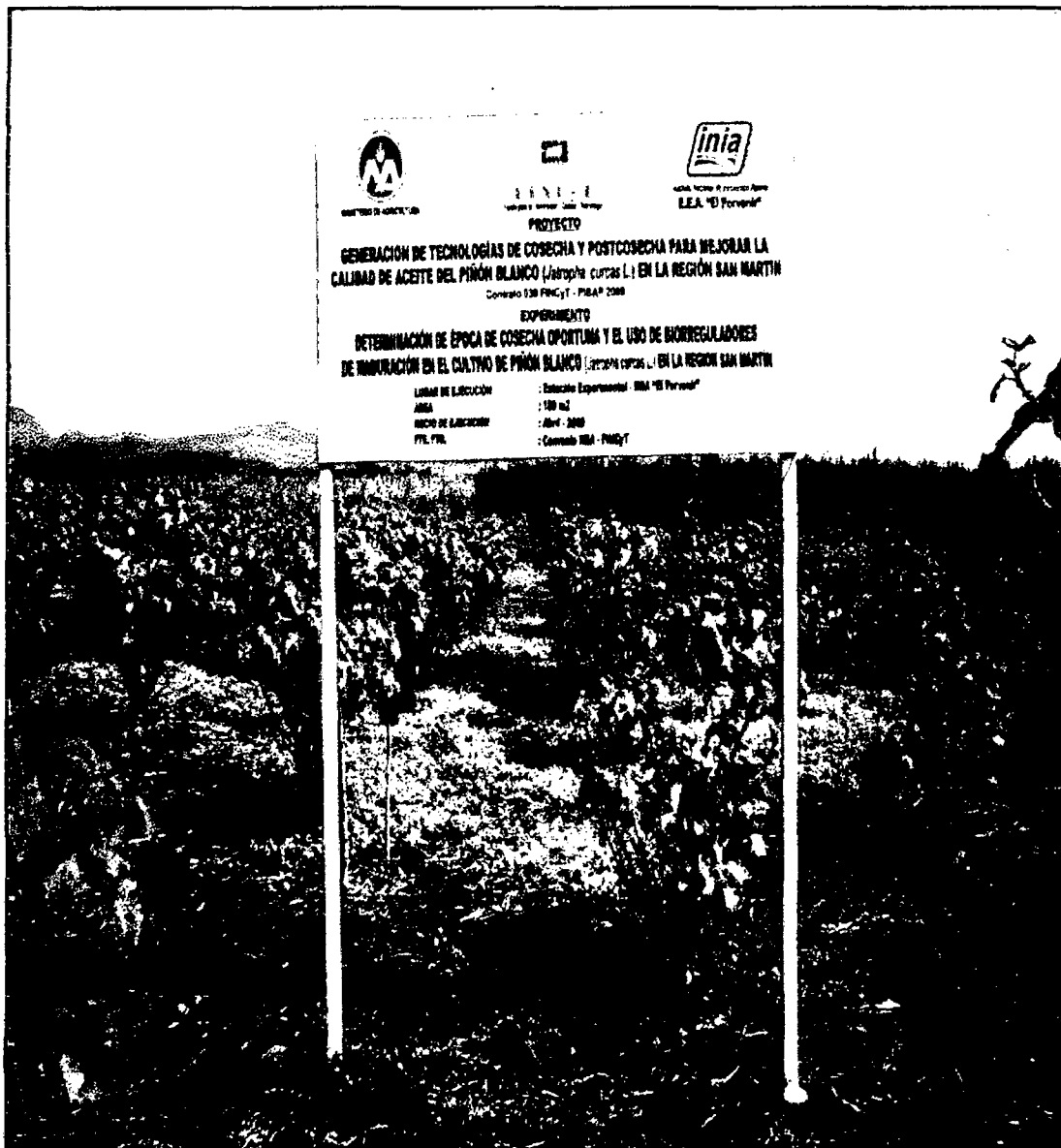
Cuadro N° 30: Análisis físico – químico del aceite de Piñón Blanco (*Jatropha curcas L.*), en estado Seco.

BLOQUES	Compon.	Índice de Acidez (mg KOH/g aceite)	Índice de Yodo (g yodo/100 mL)	Índice de Peróxido (meq de O ₂ /kg)	Densidad a 26.4° C (g/cm ³)	Humedad y Materias Volátiles (%)	Cenizas (%)	Punto de Humo (%)	Viscosidad a 26.4° C (cSt)	Impurezas (%)
	Código									
I	P1D1	1.48	106.85	6.32	0.920	0.59	0.20	312.00	52.97	1.61
	P1D2	1.51	107.13	5.57	0.927	0.40	0.24	311.00	52.97	1.63
	P1D0	1.48	106.77	5.57	0.926	0.57	0.21	310.00	52.97	1.66
	P2D1	1.26	112.87	6.47	0.908	0.60	0.20	307.33	54.01	1.48
	P2D2	1.31	111.75	5.67	0.916	0.40	0.24	307.33	54.01	1.48
	P2D0	1.26	111.79	5.67	0.912	0.58	0.22	306.67	54.01	1.51
II	P1D1	1.40	111.12	6.49	0.914	0.60	0.20	308.67	58.99	1.48
	P1D2	1.41	109.24	7.22	0.923	0.38	0.25	309.33	58.99	1.53
	P1D0	1.40	111.12	7.31	0.919	0.58	0.23	308.00	58.99	1.51
	P2D1	1.36	115.20	4.57	0.923	0.47	0.30	304.67	52.85	1.51
	P2D2	1.43	114.31	3.78	0.931	0.47	0.35	305.67	52.85	1.51
	P2D0	1.36	113.70	3.78	0.925	0.37	0.20	305.33	52.85	1.54
III	P1D1	1.54	114.03	4.64	0.910	0.46	0.20	310.00	53.78	1.48
	P1D2	1.54	114.24	3.87	0.918	0.40	0.19	310.00	53.78	1.44
	P1D0	1.54	111.84	3.87	0.922	0.38	0.15	310.00	53.78	1.59
	P2D1	1.71	113.11	4.68	0.909	0.59	0.20	308.67	54.17	1.36
	P2D2	1.70	112.48	3.89	0.917	0.59	0.30	308.00	54.17	1.34
	P2D0	1.71	113.39	3.89	0.919	0.59	0.21	309.00	54.17	1.34

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.2 ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

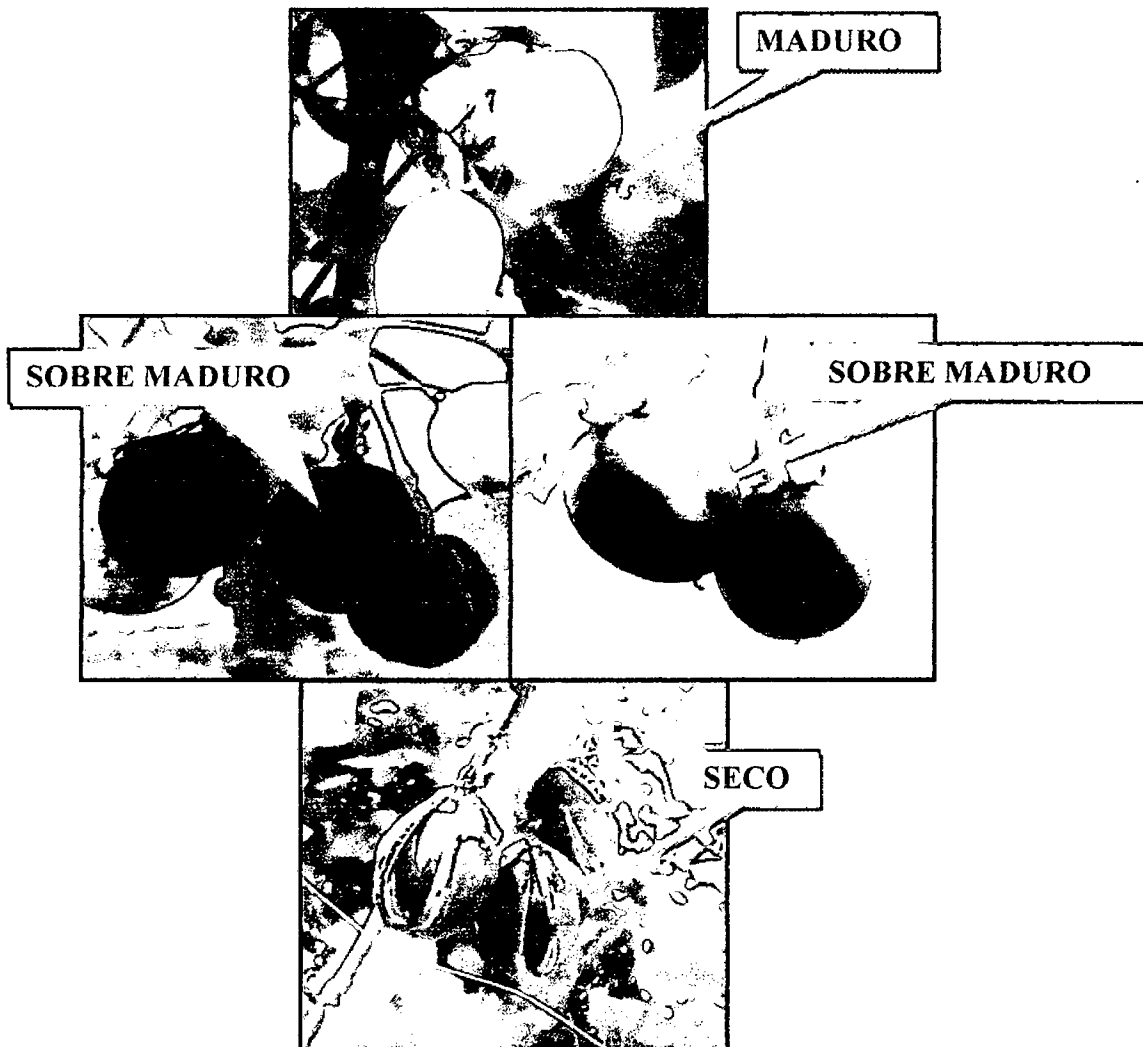
9.2.1 Cam^opo experimental de Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)



9.2.2 Realizando evaluaciones en el campo experimental



9.2.3 Estados de maduración del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

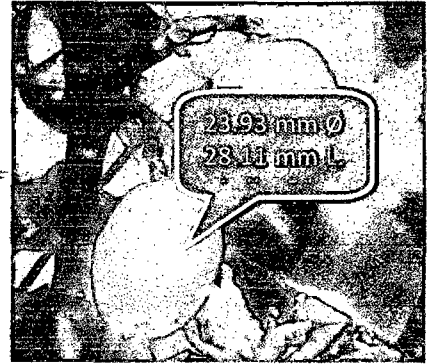


9.2.4 Evaluación periodo de Maduración en el Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

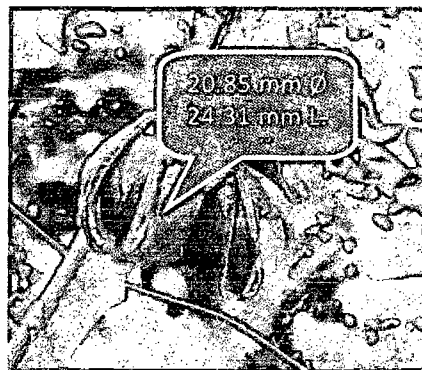
INICIO DE FRUCTIFICACIÓN



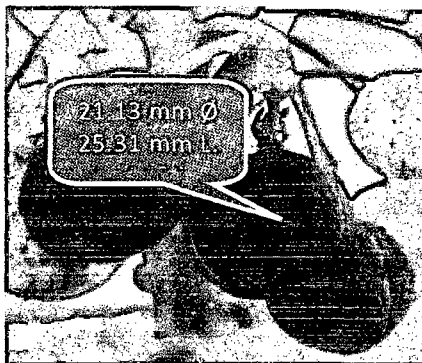
MADURO



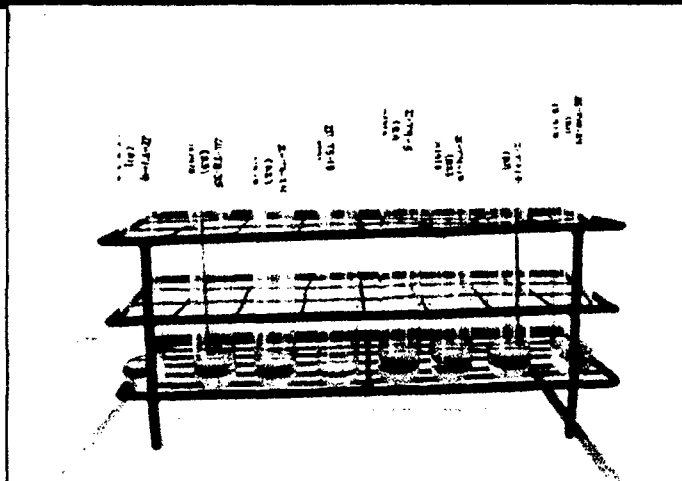
SECO



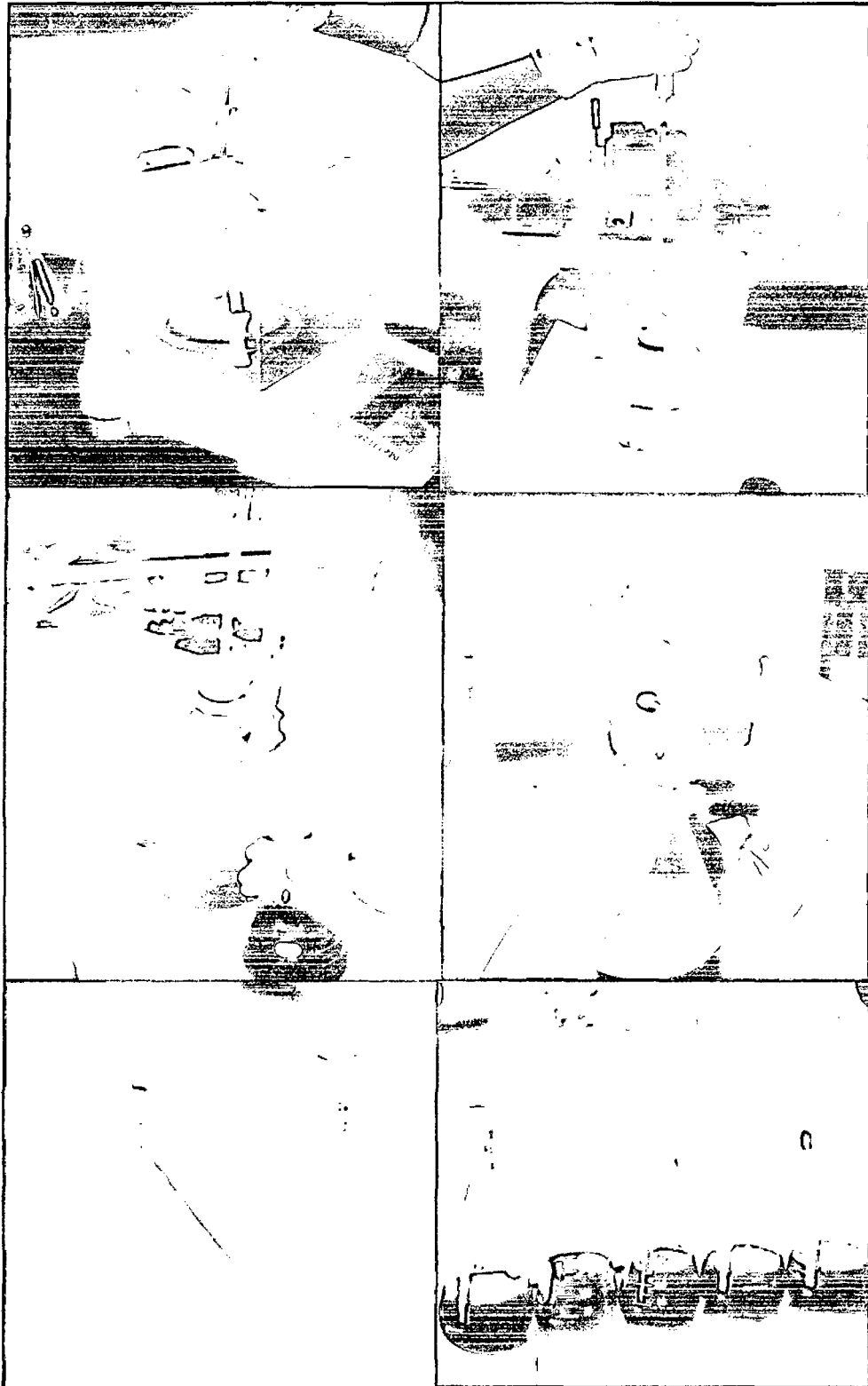
SOBREMADURO



9.2.5 Análisis de Grasa (Método de soxhlet AOCS, 1989)



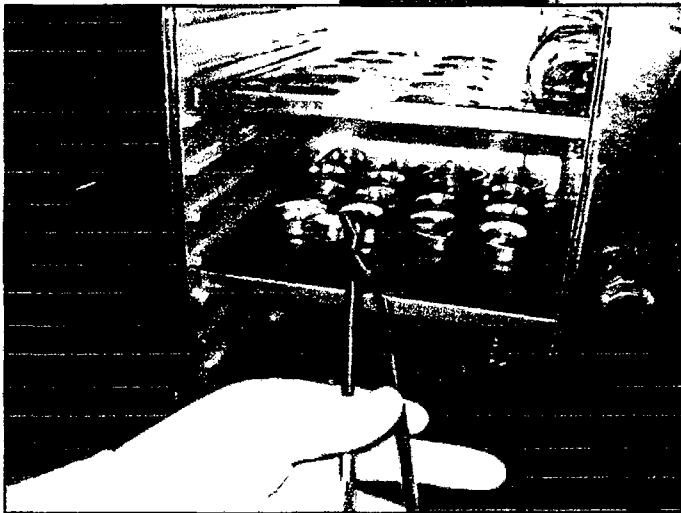
9.2.6 Índice Peróxido (Método de titulación con tiosulfato de sodio CDTA, 1977)



9.2.7 Índice Iodo (método de Wijs (CDTA, 1977))



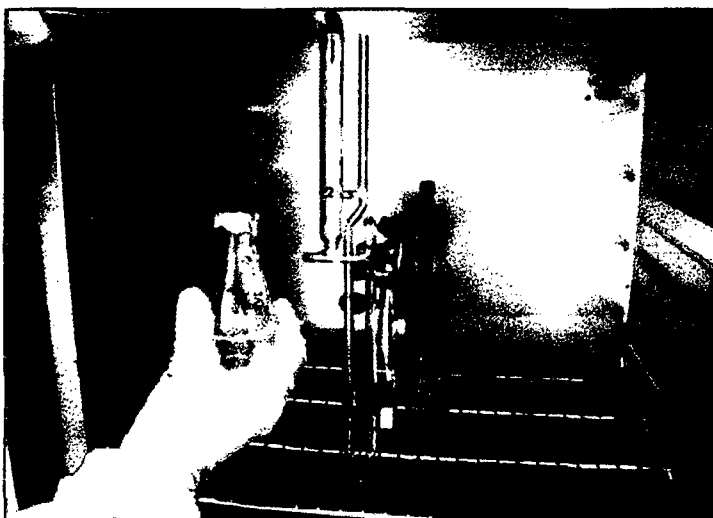
9.2.8 Analisis Humedad (Método de secado en estufa a 105°C AOAC, 1979)



9.2.9 Análisis de Ceniza (Método mufla a 550°C)



9.2.10 Análisis de Viscosidad



9.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

9.3.1 Aplicación de Biorreguladores

Cuadro N° 31: Aplicación de Biorreguladores

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	13.7347	6.86740	0.36	0.7085
TRAT	5	289.0624	57.81250	3	0.0654
a	1	39.5457	39.54569	2.05	0.1823
b	2	2221.1720	111.08602	5.77	0.0216
a*b	2	27.3447	13.67234	0.71	0.5147
Error	5	192.4901	19.24901		
TOTAL	17	2783.3496			

$R^2 = 61.14\%$; Coef. Variación = 15.43%; $X = 28.43$

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.3.2 Evaluación biométrica del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

Cuadro N° 32: Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0002	0.0001	0.05	0.9543
TRAT	5	0.0303	0.0061	2.45	0.1071
a	1	0.0133	0.0133	5.37	0.0429
b	2	0.0027	0.0014	0.54	0.5969
a*b	2	0.0143	0.0072	2.89	0.1023
Error	5	0.0248	0.0025		
TOTAL	17	0.0555			

$R^2 = 55.21\%$; Coef. Variación = 5.03%; $X = 0.99$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 33: Longitud de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.13181111	0.06590556	0.13	0.8797
TRAT	5	5.42791111	1.08558222	2.14	0.1434
a	1	1.21680000	1.21680000	2.40	0.1526
b	2	1.43607778	0.71803889	1.41	0.2878
a*b	2	2.77503333	1.38751667	2.73	0.1130
Error	5	5.07665556	.50766556		
TOTAL	17	10.63637778			

$R^2 = 52.27\%$; Coef. Variación = 3.69%; $X = 19.26$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 34: Ancho de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.64487778	0.32243889	5.06	0.0303
TRAT	5	0.14222778	0.02844556	0.45	0.8068
a	1	0.00000556	0.00000556	0.00	0.9927
b	2	0.08334444	0.04167222	0.65	0.5409
a*b	2	0.05887778	0.02943889	0.46	0.6428
Error	5	0.63725556	0.06372556		
TOTAL	17	1.42436111			

$R^2 = 55.26\%$; Coef. Variación = 2.29%; $X = 11.03$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 35: Espesor de semilla del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00707778	0.00353889	0.11	0.8927
TRAT	5	0.36877778	0.07375556	2.39	0.1126
A	1	0.24500000	0.24500000	7.95	0.0182
B	2	0.03954444	0.01977222	0.64	0.5469
a*b	2	0.08423333	0.04211667	1.37	0.2988
Error	5	0.30825556	0.03082556		
TOTAL	17	0.68411111			

$R^2 = 54.94\%$; Coef. Variación = 2.07%; $X = 8.49$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 36: Peso de Almendra de las semillas en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00070000	0.00035000	0.40	0.6830
TRAT	5	0.01126667	0.00225333	2.55	0.0974
a	1	0.00375556	0.00375556	4.25	0.0662
B	2	0.00370000	0.00185000	2.09	0.1739
a*b	2	0.00381111	0.00190556	2.16	0.1664
Error	5	0.00883333	0.00088333		
TOTAL	17	0.02080000			

$R^2 = 57.53\%$; Coef. Variación = 5.21%; $X = 0.57$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 37: Peso de Testa de las semillas en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00093333	0.00046667	1.84	0.2084
TRAT	5	0.00298333	0.00059667	2.36	0.1167
A	1	0.00067222	0.00067222	2.65	0.1344
B	2	0.00043333	0.00021667	0.86	0.4541
a*b	2	0.00187778	0.00093889	3.71	0.0625
Error	5	0.00253333	0.00025333		
TOTAL	17	0.00645000			

$R^2 = 60.72\%$; Coef. Variación = 3.87%; $X = 0.41$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 38: Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00520411	0.00260206	2.76	0.1108
TRAT	5	0.00565428	0.00113086	1.20	0.3751
a	1	0.00247339	0.00247339	2.63	0.3751
b	2	0.00314711	0.00157356	1.67	0.2365
a*b	2	0.00003378	0.00001689	0.02	0.9823
Error	5	0.00941456	0.00094146		
TOTAL	17	0.02027294			

$R^2 = 53.56\%$; Coef. Variación = 3.62%; $X = 0.85$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 39: Longitud de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.28204144	0.14102072	0.43	0.6629
TRAT	5	3.74370511	0.74874102	2.27	0.1259
a	1	1.61400556	1.61400556	4.90	0.0512
b	2	0.10079078	0.05039539	0.15	0.8600
a*b	2	2.02890878	1.01445439	3.08	0.0906
Error	5	3.29151922	0.32915192		
TOTAL	17	7.31726578			

$R^2 = 55.02\%$; Coef. Variación = 3.12%; $X = 18.39$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 40: Ancho de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00319478	0.00159739	0.40	0.6814
TRAT	5	0.03536361	0.00707272	1.77	0.2077
a	1	0.01638050	0.01638050	4.09	0.0707
b	2	0.00545278	0.00272639	0.68	0.5283
a*b	2	0.01353033	0.00676517	1.69	0.2334
Error	5	0.04005856	0.04005856		
TOTAL	17	0.07861694			

$R^2 = 49.05\%$; Coef. Variación = 0.58%; $X = 10.91$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 41: Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.08041744	0.04020872	2.10	0.1731
TRAT	5	0.10018911	0.02003782	1.05	0.4424
a	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000
b	2	0.04290678	0.02145339	1.12	0.3638
a*b	2	0.05728233	0.02864117	1.50	0.2701
Error	5	0.19140856	0.01914086		
TOTAL	17	0.37201511			

$R^2 = 48.54\%$; Coef. Variación = 1.66%; $X = 8.34$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 42: Peso de Almendra de las semillas en estado Sobremaduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.00158744	0.00079372	0.68	0.5302
TRAT	5	0.01307228	0.00261446	2.23	0.1315
a	1	0.00182006	0.00182006	1.55	0.2413
b	2	0.00017478	0.00008739	0.07	0.9287
a*b	2	0.01107744	0.00553872	4.72	0.0360
Error	5	0.01173256	0.00117326		
TOTAL	17	0.02639228			

$R^2 = 55.54\%$; Coef. Variación = 6.04%; $X = 0.57$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 43: Peso de Testa de las semillas en estado Sobremaduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.00295511	0.00147756	4.20	0.0473
TRAT	5	0.00085828	0.00017166	0.49	0.7781
a	1	0.00007606	0.00007606	0.22	0.6518
b	2	0.00040678	0.00020339	0.58	0.5784
a*b	2	0.00037544	0.00018772	0.53	0.6021
Error	5	0.00351556	0.00035156		
TOTAL	17	0.00732894			

$R^2 = 52.03\%$; Coef. Variación = 5.47%; $X = 0.34$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 44: Peso de semilla del Piñón Blanco en estado Seco

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.08324444	0.04162222	4.04	0.0518
TRAT	5	0.09237778	0.01847556	1.79	0.2021
a	1	0.01868889	0.01868889	1.81	0.2079
b	2	0.02354444	0.01177222	1.14	0.3575
a*b	2	0.05014444	0.02507222	2.43	0.1378
Error	5	0.10308889	0.01030889		
TOTAL	17	0.27871111			

$R^2 = 63.01\%$; Coef. Variación = 13.2%; $X = 0.77$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 45: Longitud de semilla del Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.87441111	0.93720556	4.23	0.0466
TRAT	5	0.85176111	0.17035222	0.77	0.5927
a	1	0.00760556	0.00760556	0.03	0.8567
b	2	0.57174444	0.28587222	1.29	0.3172
a*b	2	0.27241111	0.13620556	0.62	0.5599
Error	5	2.21445556	0.22144556		
TOTAL	17	4.94062778			

$R^2 = 55.18\%$; Coef. Variación = 2.49%; $X = 18.83$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 46: Ancho de semilla del Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.50747778	0.75373889	3.76	0.0606
TRAT	5	0.62849444	0.12569889	0.63	0.6838
a	1	0.23347222	0.23347222	1.16	0.3059
b	2	0.04301111	0.02150556	0.11	0.8993
a*b	2	0.35201111	0.17600556	0.88	0.4455
Error	5	2.00525556	0.20052556		
TOTAL	17	4.14122778			

$R^2 = 51.57\%$; Coef. Variación = 3.86%; $X = 11.58$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 47: Espesor de semilla del Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.53387778	0.76693889	4.14	0.0490
TRAT	5	0.54784444	0.10956889	0.59	0.7076
a	1	0.10275556	0.10275556	0.55	0.4736
b	2	0.18254444	0.09127222	0.49	0.6251
a*b	2	0.26254444	0.13127222	0.71	0.5155
Error	5	1.85298889	0.18529889		
TOTAL	17	3.93471111			

$R^2 = 52.91\%$; Coef. Variación = 4.71%; $X = 9.15$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 48: Peso de Almendra de las semillas en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.04641111	0.02320556	4.50	0.0404
TRAT	5	0.05264444	0.01052889	2.04	0.1577
a	1	0.00642222	0.00642222	1.24	0.2906
b	2	0.01084444	0.00542222	1.05	.3852
a*b	2	0.03537778	0.01768889	3.43	0.0735
Error	5	0.05158889	0.00515889		
TOTAL	17	0.15064444			

$R^2 = 65.75\%$; Coef. Variación = 15.14%; $X = 0.47$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 49: Peso de Testa de las semillas en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00241111	0.00120556	1.55	0.2596
TRAT	5	0.00556111	0.00111222	1.43	0.2948
a	1	0.00245000	0.00245000	3.15	0.1065
b	2	0.00057778	0.00028889	0.37	0.6992
a*b	2	0.00253333	0.00126667	1.63	0.2446
Error	5	0.00778889	0.00077889		
TOTAL	17	0.01576111			

$R^2 = 50.58\%$; Coef. Variación = 9.39%; $X = 0.29$

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.3.3 Análisis físico de las semillas del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

Cuadro N° 50: % Grasa total del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	4.9576	2.4788	0.72	0.5106
TRAT	5	94.5137	18.9027	5.49	0.0110
A	1	40.1109	40.1109	11.64	0.0066
B	2	21.7225	10.8613	3.15	0.0868
a*b	2	32.6802	16.3401	4.74	0.0356
Error	5	34.4574	3.4457		
TOTAL	17	228.4423			

$R^2 = 74.27\%$; Coef. Variación = 4.07%; $X = 45.66$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 51: Humedad de semillas del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.1643	0.5822	0.06	0.9397
TRAT	5	113.0218	22.6044	2.43	0.1087
a	1	51.2207	51.2207	5.51	0.0409
b	2	1.5955	0.7977	0.09	0.9185
a*b	2	60.2056	30.1028	3.24	0.0824
Error	5	92.9947	9.2995		
TOTAL	17	320.2025			

$R^2 = 55.11\%$; Coef. Variación = 6.64%; $X = 45.90$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 52: % cenizas en semilla del Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0187	0.0094	0.07	0.9370
TRAT	5	1.5447	0.3089	2.16	0.1404
a	1	0.1684	0.1684	1.18	0.3033
b	2	0.6091	0.3046	2.13	0.1696
a*b	2	0.7672	0.3836	2.68	0.1168
Error	5	1.4298	0.1430		
TOTAL	17	4.5379			

$R^2 = 52.23\%$; Coef. Variación = 8.46%; $X = 4.47$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 53: % Grasa total del Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	4.9576	2.4788	0.72	0.5106
TRAT	5	94.5137	18.9027	5.49	0.0110
a	1	40.1109	40.1109	11.64	0.0066
b	2	21.7225	10.8613	3.15	0.0868
a*b	2	32.6802	16.3401	4.74	0.0356
Error	5	34.4574	3.4457		
TOTAL	17	228.4423			

$R^2 = 74.27\%$; Coef. Variación = 4.07%; $X = 45.66$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 54: Humedad de semillas Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.1643	0.5822	0.06	0.9397
TRAT	5	113.0218	22.6044	2.43	0.1087
a	1	51.2207	51.2207	5.51	0.0409
b	2	1.5955	0.7977	0.09	0.9185
a*b	2	60.2056	30.1028	3.24	0.0824
Error	5	92.9947	9.2995		
TOTAL	17	320.2025			

$R^2 = 55.11\%$; Coef. Variación = 6.64%; $X = 45.90$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 55: % cenizas en semilla Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0187	0.0094	0.07	0.9370
TRAT	5	1.5447	0.3089	2.16	0.1404
a	1	0.1684	0.1684	1.18	0.3033
b	2	0.6091	0.3046	2.13	0.1696
a*b	2	0.7672	0.3836	2.68	0.1168
Error	5	1.4298	0.1430		
TOTAL	17	4.5379			

$R^2 = 52.23\%$; Coef. Variación = 8.46%; $X = 4.47$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 56: % Grasa total de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	6.9447	3.4724	3.27	0.0810
TRAT	5	11.2397	2.2479	2.11	0.1469
a	1	1.7609	1.7609	1.66	0.2271
b	2	8.5262	4.2631	4.01	0.0527
a*b	2	0.9525	0.4763	0.45	0.6512
Error	5	10.6342	1.0634		
TOTAL	17	40.0582			

$R^2 = 63.10\%$; Coef. Variación = 2.26%; $X = 45.57$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 57: Humedad de semillas de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	18.5115	9.2558	0.4	0.6835
TRAT	5	246.1283	49.2257	2.1	0.1485
a	1	71.6644	71.6644	3.06	0.1107
b	2	145.4806	72.7403	3.11	0.0892
a*b	2	28.9833	14.4916	0.62	0.5579
Error	5	234.1063	23.4106		
TOTAL	17	744.8744			

$R^2 = 53.06\%$; Coef. Variación = 21.36%; $X = 22.66$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 58: % cenizas en semilla de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.4999	0.2500	1.25	0.3284
TRAT	5	2.6972	0.5394	2.69	0.0858
a	1	0.2820	0.2820	1.41	0.263
b	2	2.1933	1.0967	5.47	0.0248
a*b	2	0.2219	0.1109	0.55	0.5916
Error	5	2.0043	0.2004		
TOTAL	17	7.8985			

$R^2 = 61.47\%$; Coef. Variación = 9.35%; $X = 4.79$

Fuente: Elaboración propia, 2009

9.3.4 Análisis físico - químico del aceite del Piñón Blanco (*Jatropha curcas* L.)

Cuadro N° 59: Índice de Acidez del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0139	0.0070	6.13	0.0183
TRAT	5	0.2262	0.0452	39.83	<.0001
a	1	0.0329	0.0329	29.01	0.0003
b	2	0.0895	0.0448	39.43	<.0001
a*b	2	0.1037	0.0518	45.65	<.0001
Error	5	0.0114	0.0011		
TOTAL	17	0.4776			

$R^2 = 95.48\%$; Coef. Variación = 2.11%; $X = 1.59$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 60: Índice de lodo del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	2.6218	1.3109	4.57	0.0389
TRAT	5	800.2176	160.0435	558.00	<.0001
a	1	321.3958	321.3958	1120.55	<.0001
b	2	302.6702	151.3351	527.63	<.0001
a*b	2	176.1516	88.0758	307.08	<.0001
Error	5	2.8682	0.2868		
TOTAL	17	1605.9252			

$R^2 = 99.64\%$; Coef. Variación = 0.49%; $X = 110.04$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 61: Índice de Peróxido del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.7633	0.8817	2.95	0.0982
TRAT	5	10.9736	2.1947	7.35	0.0039
a	1	5.0245	5.0245	16.83	0.0021
b	2	4.4995	2.2497	7.54	0.0101
a*b	2	1.4497	0.7249	2.43	0.1382
Error	5	2.9849	0.2985		
TOTAL	17	26.6955			

$R^2 = 81.01\%$; Coef. Variación = 19.42%; $X = 2.81$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 62: Densidad del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.000086	0.000043	7.28	0.0112
TRAT	5	0.000176	0.000035	5.97	0.0082
a	1	0.000139	0.000139	23.58	0.0007
b	2	0.000035	0.000017	2.95	0.0982
a*b	2	0.000002	0.000001	0.18	0.8385
Error	5	0.000059	0.000006		
TOTAL	17	0.0005			

$R^2 = 81.62\%$; Coef. Variación = 0.26%; $X = 0.92$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 63: % Impurezas del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0022	0.0011	11.18	0.0028
TRAT	5	0.0738	0.0148	149.31	<.0001
a	1	0.0041	0.0041	40.96	<.0001
b	2	0.0240	0.0120	121.57	<.0001
a*b	2	0.0457	0.0229	231.24	<.0001
Error	5	0.0010	0.0001		
TOTAL	17	0.1509			

$R^2 = 98.72\%$; Coef. Variación = 0.63%; $X = 1.58$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 64: % Ceniza del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0025	0.0012	1.16	0.3536
TRAT	5	0.0226	0.0045	4.21	0.0255
a	1	0.0029	0.0029	2.74	0.1288
b	2	0.0192	0.0096	8.96	0.0059
a*b	2	0.0004	0.0002	0.19	0.8285
Error	5	0.0107	0.0011		
TOTAL	17	0.0583			

$R^2 = 70.02\%$; Coef. Variación = 12.95%; $X = 0.25$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 65: Viscosidad del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.7199	0.3599	1.23	0.3317
TRAT	5	134.0928	26.8186	92.00	<.0001
a	1	0.9661	0.9661	3.31	0.0987
b	2	17.5661	8.7830	30.13	<.0001
a*b	2	115.5607	57.7804	198.22	<.0001
Error	5	2.9149	0.2915		
TOTAL	17	271.8205			

$R^2 = 97.88\%$; Coef. Variación = 1.07%; $X = 50.34$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 66: % Humedad del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.0133	0.0067	1.08	0.3754
TRAT	5	0.0633	0.0127	2.06	0.1554
a	1	0.0145	0.0145	2.35	0.1566
b	2	0.0136	0.0068	1.11	0.368
a*b	2	0.0352	0.0176	2.86	0.1042
Error	5	0.0616	0.0062		
TOTAL	17	0.2016			

$R^2 = 55.44\%$; Coef. Variación = 16.88%; $X = 0.47$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 67: Punto de humo del aceite de Piñón Blanco en estado Maduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	1.5974	0.7987	0.84	0.4602
TRAT	5	200.9222	40.1844	42.24	<.0001
a	1	20.7798	20.7798	21.84	0.0009
b	2	114.6963	57.3482	60.28	<.0001
a*b	2	65.4462	32.7231	34.40	<.0001
Error	5	9.5138	0.9514		
TOTAL	17	412.9557			

$R^2 = 95.51\%$; Coef. Variación = 0.32%; $X = 307.67$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 68: Acidez del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.0047	0.0023	1.97	0.1906
TRAT	5	0.6149	0.1230	102.99	<.0001
a	1	0.3123	0.3123	261.53	<.0001
b	2	0.1739	0.0869	72.80	<.0001
a*b	2	0.1287	0.0644	53.91	<.0001
Error	5	0.0119	0.0012		
TOTAL	17	1.2465			

$R^2 = 98.11\%$; Coef. Variación = 2.64%; $X = 1.31$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 69: Índice de lodo del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	1.0358	0.5179	1.68	0.2341
TRAT	5	136.3521	27.2704	88.71	<.0001
a	1	19.6774	19.6774	64.01	<.0001
b	2	98.8203	49.4102	160.72	<.0001
a*b	2	17.8544	8.9272	29.04	<.0001
Error	5	3.0742	0.3074		
TOTAL	17	276.8142			

$R^2 = 97.81\%$; Coef. Variación = 0.51%; $X = 109.32$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 70: Índice de Peróxido del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.5743	0.2872	6.39	0.0163
TRAT	5	1.6901	0.3380	7.52	0.0036
a	1	0.5161	0.5161	11.49	0.0069
b	2	0.1958	0.0979	2.18	0.1639
a*b	2	0.9781	0.4891	10.88	0.0031
Error	5	0.4494	0.0449		
TOTAL	17	4.4038			

$R^2 = 83.44\%$; Coef. Variación = 5.43%; $X = 3.91$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 71: Densidad del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.0002001	0.0001001	529.71	<.0001
TRAT	5	0.0000958	0.0000192	101.41	<.0001
a	1	0.0000109	0.0000109	57.65	<.0001
b	2	0.0000618	0.0000309	163.53	<.0001
a*b	2	0.0000231	0.0000116	61.18	<.0001
Error	5	0.0000019	0.0000002		
TOTAL	17	0.0004			

$R^2 = 99.37\%$; Coef. Variación = 0.05%; $X = 0.92$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 72: % de Impurezas del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0266	0.0133	42.25	<.0001
TRAT	5	0.0670	0.0134	42.50	<.0001
a	1	0.0005	0.0005	1.46	0.2548
b	2	0.0409	0.0204	64.79	<.0001
a*b	2	0.0257	0.0128	40.74	<.0001
Error	5	0.0032	0.0003		
TOTAL	17	0.1638			

$R^2 = 96.74\%$; Coef. Variación = 1.02%; $X = 1.75$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 73: % Ceniza del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0002	0.00008	6.02	0.0192
TRAT	5	0.0245	0.00491	364.55	<.0001
a	1	0.0044	0.00445	330.67	<.0001
b	2	0.0094	0.00469	348.47	<.0001
a*b	2	0.0107	0.00535	397.57	<.0001
Error	5	0.0001	0.00001		
TOTAL	17	0.0493			

$R^2 = 99.46\%$; Coef. Variación = 1.68%; $X = 0.22$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 74: Viscosidad del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.9268	0.9634	0.49	0.6262
TRAT	5	71.5109	14.3022	7.29	0.004
a	1	0.1598	0.1598	0.08	0.7812
b	2	21.8343	10.9172	5.56	0.0238
a*b	2	49.5168	24.7584	12.61	0.0018
Error	5	19.6319	1.9632		
TOTAL	17	164.5804			

$R^2 = 78.91\%$; Coef. Variación = 3.29%; $X = 42.59$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 75: % Humedad del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.00186	0.00093	1.89	0.201
TRAT	5	0.00268	0.00054	1.09	0.4237
a	1	0.00003	0.00003	0.05	0.8199
b	2	0.00090	0.00045	0.91	0.4319
a*b	2	0.00175	0.00087	1.78	0.2186
Error	5	0.00492	0.00049		
TOTAL	17	0.0121			

$R^2 = 47.97\%$; Coef. Variación = 5.56%; $X = 0.40$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 76: Punto de humo del aceite de Piñón Blanco en estado Sobremaduro

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	4.9029	2.4515	0.38	0.6925
TRAT	5	501.7992	100.3598	15.61	0.0002
a	1	97.9953	97.9953	15.24	0.0029
b	2	192.0002	96.0001	14.93	0.001
a*b	2	211.8036	105.9018	16.47	0.0007
Error	5	64.2855	6.4285		
TOTAL	17	1072.7868			

$R^2 = 88.74\%$; Coef. Variación = 0.81%; $X = 311.59$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 77: Acidez del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0031	0.0015	4.88	0.0332
TRAT	5	0.3346	0.0669	210.73	< .0001
a	1	0.1101	0.1101	346.86	< .0001
b	2	0.0721	0.0360	113.50	< .0001
a*b	2	0.1523	0.0762	239.89	< .0001
Error	5	0.0032	0.0003		
TOTAL	17	0.6754			

$R^2 = 99.07\%$; Coef. Variación = 1.21%; $X = 1.47$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 78: Índice de lodo del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	2.0667	1.0334	1.65	0.2400
TRAT	5	108.8422	21.7684	34.79	< . 0001
a	1	62.9255	62.9255	100.57	< . 0001
b	2	13.1602	6.5801	10.52	0.0035
a*b	2	32.7564	16.3782	26.18	0.0001
Error	5	6.2570	0.6257		
TOTAL	17	226.0080			

$R^2 = 94.66\%$; Coef. Variación = 0.71%; $X = 111.72$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 79: Índice de Peróxido del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	1.0937	0.5469	4.04	0.0519
TRAT	5	23.3303	4.6660	34.43	< . 0001
a	1	20.7475	20.7475	153.11	< . 0001
b	2	1.4541	0.7271	5.37	0.0261
a*b	2	1.1286	0.5643	4.16	0.0483
Error	5	1.3551	0.1355		
TOTAL	17	49.1093			

$R^2 = 94.74\%$; Coef. Variación = 7.10%; $X = 5.18$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 80: Densidad del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.0002	0.0001	21.85	0.0002
TRAT	5	0.0005	0.0001	18.44	< . 0001
a	1	0.0000	0.0000	0.91	0.3636
b	2	0.0004	0.0002	40.17	< . 0001
a*b	2	0.0001	0.0000	5.47	0.0248
Error	5	0.0000	0.0000		
TOTAL	17	0.0011			

$R^2 = 93.14\%$; Coef. Variación = 0.24%; $X = 0.92$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 81: % de Impurezas del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.0056	0.0028	2.66	0.1182
TRAT	5	0.1250	0.0250	23.99	<.0001
a	1	0.0356	0.0356	34.13	0.0002
b	2	0.0676	0.0338	32.43	<.0001
a*b	2	0.0218	0.0109	10.48	0.0035
Error	5	0.01041833	0.00104183		
TOTAL	17	0.2659			

$R^2 = 92.61\%$; Coef. Variación = 2.15%; $X = 1.49$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 82: % Ceniza del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.0103	0.0052	4.74	0.0356
TRAT	5	0.0163	0.0033	3.00	0.0656
a	1	0.0006	0.0006	0.52	0.4870
b	2	0.0074	0.0037	3.39	0.0752
a*b	2	0.0084	0.0042	3.85	0.0576
Error	5	0.0109	0.0011		
TOTAL	17	0.0539			

$R^2 = 71.00\%$; Coef. Variación = 14.60%; $X = 0.23$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 83: Viscosidad del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

<i>Fuente Variación</i>	<i>G. L.</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>Valor de F</i>	<i>P > F</i>
BLOQUE	2	0.0000	0.0000	0.00	1.0000
TRAT	5	78.1800	15.6360	2.00E+16	<.0001
a	1	13.3283	13.3283	0.00	<.0001
b	2	43.2772	21.6386	0.00	<.0001
a*b	2	21.5745	10.7873	0.00	<.0001
Error	5	0.0000	0.0000		
TOTAL	17	156.3600			

$R^2 = 1.00\%$; Coef. Variación = 4.89E-8%; $X = 54.46$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 84: % Humedad del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	18.5115	9.2558	0.40	0.6835
TRAT	5	246.1283	49.2257	2.10	0.1485
a	1	71.6644	71.6644	3.06	0.1107
b	2	145.4806	72.7403	3.11	0.0892
a*b	2	28.9833	14.4916	0.62	0.5579
Error	5	234.1100	23.4106		
TOTAL	17	744.8781			

$R^2 = 53.06\%$; Coef. Variación = 21.36%; $X = 22.66$

Fuente: Elaboración propia, 2009

Cuadro N° 85: Punto de humo del aceite de Piñón Blanco en estado Seco

Fuente Variación	G. L.	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	Valor de F	P > F
BLOQUE	2	0.6050	0.3025	0.84	0.4614
TRAT	5	63.5112	12.7022	35.13	<.0001
a	1	4.4990	4.4990	12.44	0.0055
b	2	0.9011	0.4505	1.25	0.3288
a*b	2	58.1111	29.0556	80.35	.0001
Error	5	3.6161	0.3616		
TOTAL	17	131.2435			

$R^2 = 94.66\%$; Coef. Variación = 0.19%; $X = 308.43$

Fuente: Elaboración propia, 2009