

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA SEMILLA Y EL ACEITE DE PAPAYA (*Carica papaya linn*) Y SU INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE



ANA KARINA PATERNINA ZAPA

AMELIA ANDREA ESPITIA ARRIETA, M.Sc.

DIRECTORA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE QUÍMICA**

MONTERÍA – CÓRDOBA

2020

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA SEMILLA Y EL ACEITE DE PAPAYA (*Carica papaya linn*) Y SU INCIDENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE

Trabajo de grado en modalidad monografía como requisito para optar al título de químico

ANA KARINA PATERNINA ZAPA

AMELIA ANDREA ESPITIA ARRIETA, M.Sc.

DIRECTORA

**UNIVERSIDAD DE CÓRDODA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE QUÍMICA**

MONTERÍA – CÓRDOBA

2020

Nota de aceptación

Amelia Espitia Arrieta

Director del trabajo de grado.

AMELIA ANDREA ESPITIA ARRIETA, M.Sc

Luis Carlos Durango

Jurado.

LUIS CARLOS DURANGO, M.Sc

Javier Martínez

Jurado.

JAVIER MARTINEZ GUZMAN, M.Sc

DEDICATORIA

A Dios, por premiarme con la vida y brindarme esta gran oportunidad de culminar una etapa más como profesional agarrada de su mano, porque su tiempo fue mi reloj y su voluntad mi camino. Te Amo papito Dios!

A mis padres Luz Amalia Zapa Flores y Carlos Alberto Paternina Betin por su comprensión, esfuerzo y motivación para forjarme una mujer de bien. Ellos son mi mayor prioridad, mi motivo más grande por lo cual he sacado las fuerzas necesarias para cumplir cada uno de mis sueños y convertirme en su orgullo más grande. Los Amo papitos!

A mi hermano, Carlos Alberto Paternina Zapa por estar presente en cada paso que he dado, porque a través de su silencio he comprendido y he sentido todo su apoyo, ese tan incondicional. Porque le pido a Dios siempre ser tu ejemplo a seguir, recuerda que eres la luz de mis ojos. Te Amo nito!

A mi mejor amiga Leidys Begambre Vergara, por estar presente en la mayoría de mis malos y buenos momentos, por ser mi compañera de secundaria, de universidad y hoy en día mi colega, hemos sido inseparables. Por tu paciencia, motivación y por darme la oportunidad de emprender juntas esta carrera. Le doy gracias a Dios por tu vida e incondicional amistad “Cuando estés lista, nos levantamos juntas.” Te Amo mejor amiga!

Al príncipe Abraham José Zamora, por llegar a iluminar el camino en los ojos de quienes te amamos y a su padre José José Zamora Paternina, por tus tantos años a mi lado a pesar de los obstáculos de la vida y seguir en pie, le doy gracias a Dios y a la vida por ser ese milagro del cielo, por tu amor y apoyo incondicional. Nunca me faltes. Te Amo!

A mi abuelo, Alfonso Arroyo Soto por el gran amor que me brindaste aquí en la tierra y por cuidarme hoy en día desde el cielo, por ser mi ángel de la guarda, mi dulce compañía y no desampararme ni de noche ni de día. Te extraño! Te Amo!

A mi primo, Jairo Luis Grandeth Zapa por abrirme las puertas de tu hogar para tener la oportunidad de emprender mi vida profesional, por tus consejos y apoyo incondicional. Por ser tan bueno, tan comprensivo, porque tu corazón era tan noble y tu alma tan transparente, que Dios te llamo a su diestra porque solo el cielo merecía a un ángel tan perfecto como tú. Tus recuerdos vivirán en cada una de las personas que te amamos, la voluntad de Dios es nuestro único consuelo. Te Amo!

A toda mi familia por su incondicional apoyo y su amor.

Con Amor, Fe y mucha entrega se puede hacer realidad un sueño...

AGRACECIMIENTOS

Primeramente, darle las gracias a Dios, por regalarme fuerza de voluntad, el conocimiento suficiente y por su ayuda a cumplir este lindo sueño. Gracias.

A Margarita Paternina, gracias por ser para mí una segunda madre por su apoyo desde un principio, palabras de aliento y comprensión le agradezco cada uno de sus gesto para conmigo. La quiero mucho!

A mi amiga de infancia Andrea Paola Durango Salcedo, gracias por estar en mi vida sin condición alguna, por sus buenos deseos y palabras llenas de sabiduría y motivación. Me siento agradecida con Dios y la vida por tenerte y por haber sabido conservar nuestra amistad a lo largo de estos años. Te Amo!

A mi amiga Aurora Humánez Rangel, gracias por pertenecer en mi vida y por todo el apoyo, enseñanzas tan extraordinarias que me brindaste durante este sueño, doy gracias a Dios por ti porque conservar a una amiga es una virtud y ser tu amiga para mí es un gran honor. Te Amo!

A mi amiga Nadia Sibaja Sibaja, gracias por tu comprensión, colaboración y apoyo incondicional, por tu amistad tan linda y por tus motivaciones para este sueño, doy gracias a Dios por ti y por pertenecer a mi vida, los amigos son las personas que se eligen en vida, y tú eres una amiga de la que estoy orgullosa. Te Amo!

A mi amiga Gisel Salgado, por ser tan paciente gracias por tus palabras de aliento, consejos, enseñanzas por ser comprensiva y hacer parte de mi vida, eres una excelente amiga le doy gracias a la vida por hacerte parte de la mía. Te Amo!

A mi amiga Gabriela Marchena, gracias por ser un apoyo para mí en cada momento que lo he necesitado, por ser parte de mi vida sabes lo mucho que te aprecio por el tiempo compartido, enseñanzas, comprensión y palabras de aliento. Te Quiero mucho!

A la profesora Andrea Espitia (M.Sc.) darle las gracias por su apoyo, paciencia, enseñanzas, comprensión, por su profesionalismo, orientación, sabiduría y conocimiento que me inculco en cada paso a dar para culminar este lindo sueño. ¡Gracias!

Gracias al grupo de investigación de fisicoquímica orgánica, a los profesores Luis Carlos Durango y a la profesora Jennifer Lafont por cada conocimiento brindado que me fueron de gran ayuda para concluir con este sueño. ¡Gracias!

A mis amigos y compañeros, Farleidys Nisperuza, Adriana Ramos, Katia Gallego, Miriam torres, Joahn Jiménez, Yineth Páez (Q.D.E.P.) y Jesus David Padilla (Q.D.E.P.), por su apoyo, amistad, palabras de aliento, colaboración, amor y comprensión. ¡Gracias!

A la Universidad de Córdoba por acogerme y formarme como profesional, a todos los el grupo de docentes que hicieron parte de mi formación en esta linda carrera, los cuales hicieron parte en mi proceso para culminar este lindo sueño. ¡Gracias!

RESUMEN

En la siguiente monografía se realizó una minuciosa revisión bibliográfica sobre las propiedades químicas de la semilla y el aceite de papaya (*Carica papaya linn*) y su incidencia en el medio ambiente, así mismo se expone la composición química y nutricional del aceite extraído de las semillas de *Carica papaya*, para la obtención de este aceite se describen los métodos de extracción normalmente utilizados.

Los resultados expresados en estudios de algunos autores sobre la caracterización fisicoquímica del aceite de *Carica papaya* como lo son el índice de saponificación 179,67, índice de yodo 70,94, índice de peróxido 2,70, índice de acidez 7,73, índice de refracción 1,46, densidad 0,9251 y la materia insaponificable 0,9925.

Los resultados del análisis próximo de *Carica papaya* de varios autores (Malacrida et al) en el que analizan la composición básica determinada por ensayos químicos tales como la humedad $64,3 \pm 0,12$, proteína $25,63 \pm 0,29$, lípidos $29,16 \pm 0,88$, carbohidratos $30,51 \pm 10,69$, fibra cruda $30,51 \pm 21,4$ y cenizas $8,27 \pm 0,01$, respectivamente. Reducen el contenido de humedad de la semilla a menos del 10% antes de realizar el análisis, por lo que resaltan que la humedad no es la de una semilla recién obtenida del fruto, que tiene una humedad superior al 70% (base húmeda).

El análisis de la composición de ácidos grasos (%) del aceite de semilla de *Carica papaya* extraído por diferentes métodos (Puangsri et al y Samaram et al) los cuales citaron que la composición de ácidos grasos del aceite se encuentra en el rango similar a pesar de los diferentes métodos de extracción citados en el estudio por los autores (solvente, soxhlet y prensado). El ácido oleico es el principal ácido graso en el aceite de semilla de *Carica papaya*, los métodos de extracción con solventes tienen el ácido oleico más alto (76,8%) entre los métodos de extracción.

Palabras claves: Papaya, ácidos grasos, aceite, análisis próximo, medioambiente.

SUMMARY

In the following monograph, a thorough bibliographic review was carried out on the chemical properties of the seed and papaya oil (*Carica papaya* linn) and its impact on the environment, as well as the chemical and nutritional composition of the oil extracted from the seeds of *Carica papaya*, to obtain this oil, the extraction methods normally used are described.

Averaging the results expressed in studies by some authors on the physicochemical characterization of *Carica papaya* oil such as the saponification index 179.67, iodine index 70.94, peroxide index 2.70, acidity index 7.73, refractive index 1.46, density 0.9251 and unsaponifiable matter 0.9925.

The results of the close analysis of *Carica papaya* by several authors (Malacrida et al) in which they analyze the basic composition determined by chemical tests such as humidity 64.3 ± 0.12 , protein 25.63 ± 0.29 , lipids $29,16 \pm 0.88$, carbohydrates 30.51 ± 10.69 , crude fiber 30.51 ± 21.4 and ashes 8.27 ± 0.01 , respectively. They reduce the moisture content of the seed to less than 10% before carrying out the analysis, thus highlighting that the humidity is not that of a seed just obtained from the fruit, which has a humidity higher than 70% (wet basis).

The analysis of the fatty acid composition (%) of the *Carica papaya* seed oil extracted by different methods (Puangsri et al and Samaram et al) which cited that the fatty acid composition of the oil is within the similar range despite the different extraction methods (solvent, soxhlet and pressing). Oleic acid is the main fatty acid in *Carica papaya* seed oil, solvent extraction methods have the highest oleic acid (76.8%) among extraction methods.

Keywords: Papaya, fatty acids, oil, proximate analysis, environment.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	20
1. OBJETIVOS	22
1.1. OBJETIVO GENERAL	22
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
2. CAPÍTULO I. ESTUDIOS QUÍMICOS REPORTADOS SOBRE LA SAMILLA DE <i>Carica papaya linn</i>	23
2.1. GENERALIDADES DE <i>Carica papaya linn</i>	23
2.1.1. Origen y distribución geográfica.....	23
2.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Carica papaya linn</i>	24
2.2.1. Planta	25
2.2.2. Hojas.....	26
2.2.3. Tallo.....	26
2.2.4. Raíz.....	26
2.2.5. Frutos	27
2.2.6. Semillas	27
2.3. CLASIFICACIÓN TAXONOMÍA DE <i>Carica papaya linn</i>	27
2.4. TIPOS DE PLANTA DE <i>Carica papaya linn</i>	28
2.5. CARACTERÍSTICAS FLORALES DE <i>Carica papaya linn</i>	31

2.6.	MULTIPLICACIÓN DEL CULTIVO DE <i>Carica papaya linn</i>	35
2.7.	VARIETADES DE <i>Carica papaya linn</i>	36
2.8.	ENFERMEDADES DE <i>Carica papaya linn</i>	37
2.8.1.	Mancha anular.....	38
2.8.2.	Pudrición de la raíz.....	39
2.8.3.	Antracnosis	41
2.8.4.	Mancha o peca negra	44
2.10.	ESTUDIOS REPORTADOS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA SEMILLA DE <i>Carica papaya linn</i>	45
3.	CAPÍTULO II. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE <i>Carica papaya linn</i> , COMO RESIDUO ORGÁNICO	49
3.1.	RESIDUO ORGÁNICO: DEFINICIÓN	49
3.1.1.	Clasificación de residuos orgánicos.....	49
3.1.2.	Aprovechamiento de las semillas de <i>Carica papaya linn</i> como residuo orgánico.....	50
3.2.	SEMILLA DE <i>Carica papaya linn</i> : DEFINICIÓN	52
3.2.1.	Morfología de la semilla de <i>Carica papaya linn</i>	53
3.3.	CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA.....	54
3.3.1.	Características externas de la semilla	54
3.3.2.	Características internas de la semilla.....	58

3.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS DE <i>Carica papaya linn.</i>	60
3.4.1. Antioxidantes	60
3.4.2. Compuestos fenólicos.....	61
3.4.3. Minerales.....	62
3.5. PROPIEDADES FUNCIONALES Y QUÍMICAS DE LA SEMILLA DE <i>Carica papaya linn</i>	63
3.6. PRE – TRATAMIENTO DE LAS SEMILLAS.....	64
3.6.1. Limpieza.....	64
3.6.2. Secado de las semillas	64
3.6.3. Trituración de las semillas.....	65
3.7. PROCESO DE SECADO DE LAS SEMILLAS.....	65
3.7.1. Tipos de secadores	66
3.8. ANÁLISIS PROXIMAL: DEFINICIÓN.....	70
3.8.1. Análisis de Humedad	71
3.8.2. Análisis de proteína cruda.....	73
3.8.3. Análisis de extracto etéreo o grasa cruda.....	77
3.8.4. Análisis de ceniza	80
3.8.5. Análisis de fibra cruda.....	82
3.8.6. Carbohidratos	83

3.9. ESTUDIOS REPORTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE <i>Carica papaya linn</i>	84
4. CAPÍTULO III: UTILIDADES Y BENEFICIOS DE LA SEMILLA DE <i>Carica papaya linn</i> EN FAVOR DEL MEDIO AMBIENTE	96
4.1. MEDIO AMBIENTE: DEFINICIÓN	96
4.1.1. Constituyentes del medio ambiente.....	96
4.1.2. Problemas medioambientales	101
4.1.2.1. Acidificación.....	103
4.1.2.2. Destrucción de ozono	104
4.1.2.3. Hidrocarburos clorados.....	104
4.1.2.4. Radiación	105
4.1.2.5. Pérdida de tierras vírgenes.....	105
4.1.2.6. Erosión de agua y aire	106
4.2. UTILIDADES Y BENEFICIOS DE LAS SEMILLAS DE <i>Carica papaya linn</i>	106
4.2.1. Composición de la <i>Carica papaya linn</i>	108
4.2.1.1. Contenido vitamínico.....	110
4.2.2. Utilidades y beneficios medicinales	110
4.2.3. Utilidades y beneficios culinarios	114
4.2.4. Industria farmacéutica	115

4.2.5.	Industria cosmética.....	116
4.2.6.	Industria de Biocombustibles	116
4.2.7.	Beneficios y utilidades de otras partes de la planta de papaya (<i>Carica papaya linn</i>)	119
5.	CAPÍTULO IV: MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE <i>Carica papaya linn</i>	125
5.1.	ACEITES VEGETALES: DEFINICIÓN	125
5.1.1.	Perfil aroma	125
5.1.2.	Estabilidad oxidativa	125
5.2.	COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES	126
5.2.1.	Triglicéridos	126
5.2.2.	Colesterol (LDL y HDL).....	127
5.3.	ÁCIDOS GRASOS	128
5.3.1.	Ácidos grasos saturados.....	128
5.3.2.	Ácidos grasos insaturados	129
5.3.2.1.	Ácidos grasos monoinsaturados	129
5.3.2.2.	Ácidos grasos poliinsaturados	130
5.3.3.	Ácidos grasos isoméricos (Cis y Trans).....	131
5.3.4.	Ácidos grasos esenciales.....	131

5.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE ACEITES VEGETALES COMESTIBLES: COMPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD.....	132
5.5. USOS Y APLICACIONES DE LOS ACEITES VEGETALES.....	146
5.5.1. Elaboración de jabones.....	146
5.5.2. Elaboración de pinturas, gomas y barnices	146
5.5.3. Elaboración de margarinas y mantequillas	147
5.5.4. Elaboración de productos farmacéuticos	147
5.5.5. Elaboración de productos cosméticos	147
5.5.6. Elaboración de biodiésel	148
5.5.7. Usos cotidianos como la elaboración de las comidas	148
5.6. RASGOS SALUDABLES DEL ACEITE DE SEMILLA DE PAPAYA (<i>Carica papaya linn</i>).....	149
5.7. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS ACEITES.....	149
5.7.1. Color.....	149
5.7.2. Viscosidad Cinemática.....	150
5.7.3. Densidad.....	151
5.7.4. Punto de fusión.....	151
5.7.5. Índice de refracción	152
5.7.6. Índice de saponificación.....	152

5.7.7.	Índice de acidez.....	153
5.7.8.	Índice de yodo	153
5.7.9.	Índice de peróxido.....	154
5.8.	PROCESAMIENTO DEL ACEITE DE SEMILLA DE <i>Carica papaya</i> linn...	157
5.9.	MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES.....	161
5.9.1.	Extracción por prensado	161
5.9.1.1.	Prensado Discontinuo	161
5.9.1.2.	Prensado continuo	163
5.9.1.3.	Prensado en frio	165
5.9.1.4.	Prensado en caliente	166
5.9.2.	Extracción por solvente	167
5.9.2.1.	Método de extracción soxhlet	169
5.9.3.	Extracción asistida por enzimas	171
5.9.4.	Extracción asistida por ultrasonido	172
5.9.5.	Extracción asistida por microondas.....	174
5.9.6.	Extracción de fluidos supercríticos	175
	CONCLUSIÓN	178
	APORTES	179
	BIBLIOGRAFÍA	180

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Fruto y pulpa de <i>Carica papaya linn.</i>	24
Figura 2. Brote floral joven femenino	29
Figura 3. Brote floral masculino	30
Figura 4. Brote floral joven hermafrodita	31
Figura 5. Flores de <i>Carica papaya linn</i> , abiertas a). Flor hermafrodita b). Flor femenina c). Flor masculina	32
Figura 6. Secuencia de flores hermafroditas con varios niveles de esterilidad femenina ..	33
Figura 7. Flores de <i>Carica papaya linn</i> , cerradas.....	34
Figura 8. Frutos de <i>Carica papaya linn</i>	35
Figura 9. Pudrición en la raíz por <i>Phytophthora sp</i>	39
Figura 10. Planta de <i>Carica papaya linn</i> afectada por <i>Phytophthora sp</i>	40
Figura 11. Etapas de afectación de la antracnosis en los frutos, <i>colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i>	42
Figura 12. Frutos de <i>Carica papaya linn</i> afectados por antracnosis, <i>colletotrichum</i>	43
Figura 13. Hoja de <i>Carica papaya linn</i> con mancha o peca negra, <i>Asperisporium sp</i>	44
Figura 14. Fruto y semillas de <i>Carica papaya linn.</i>	51
Figura 15. Semilla de <i>Carica papaya linn.</i>	52
Figura 16. Semillas de <i>Carica papaya linn</i> ; fresca con exotesta y seca sin exotesta.	53
Figura 17. Semilla madura de <i>Carica papaya linn</i>	54
Figura 18. Detalle del hilo (hi) en la semilla <i>Carica papaya linn.</i>	54
Figura 19. Micrópilo (mi) en la semilla de <i>Carica papaya linn</i>	55
Figura 20. a) Semillas inmaduras adheridas al funículo (fu) en la cavidad del fruto; b) semilla madura con el funículo (fu) adherido	55
Figura 21. Rafe (r) en semilla de <i>Carica papaya linn</i>	56
Figura 22. a) Semilla de <i>Carica papaya linn</i> con la sarcotesta adherida; b) mesotesta de la semilla de <i>Carica papaya linn</i>	57

Figura 23. Estructura interna de la semilla de <i>Carica papaya linn.</i>	58
Figura 24. Embrión de <i>Carica papaya linn</i> : r, radícula; co, cotiledón.	59
Figura 25. Secuencia de 6 etapas de la germinación de la semilla de <i>Carica papaya linn</i>	60
Figura 26. Secador de bandeja o de armario	67
Figura 27. Secador rotatorio horizontal	68
Figura 28. Secador de túnel	68
Figura 29. Secador de tambor	69
Figura 30. Secadores de lecho fluidizado	70
Figura 31. Digestor Buchi	75
Figura 32. Destilador Buchi	76
Figura 33. Unidad extractora con solventes	80
Figura 34. Humedad de <i>Carica papaya linn</i> tratada con <i>C.guilliermondii</i> durante el proceso de deshidratación	85
Figura 35. Cenizas obtenidas durante el proceso de deshidratación <i>Carica papaya linn</i> con <i>Cándida guilliermondii</i>	86
Figura 36. Extracto etéreo o grasa de <i>Carica papaya linn</i> obtenida durante el proceso de deshidratación con <i>Cándida guilliermondii</i>	87
Figura 37. Proteína total durante la deshidratación de <i>Carica papaya linn</i> tratada con <i>C.</i> <i>guilliermondii</i>	88
Figura 38. Fibra obtenida durante el proceso de deshidratación de <i>Carica papaya linn</i> con <i>cándida guilliermondii</i>	89
Figura 39. Variación del porcentaje de Carbohidratos durante la deshidratación de <i>Carica</i> <i>papaya linn</i> con <i>C. guilliermondii</i>	90
Figura 40. Pasos del ciclo de vida para la producción de biodiesel a partir de aceite de semilla de <i>Carica papaya linn</i>	119
Figura 41. Ácido graso saturado.....	129
Figura 42. Ácidos grasos Omega - 3 y Omega - 6.....	131
Figura 43. Aceite de Palma (<i>Elaeis guineensis Jacq</i>).....	133
Figura 44. Aceite de Soya (<i>Glycine max</i>)	135
Figura 45. Aceite de Canola (<i>Brassica napus</i>)	136
Figura 46. Aceite de Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)	138

Figura 47. Aceite de Maíz (<i>Zea mays</i>).....	139
Figura 48. Aceite de oliva (<i>Olea europea</i>).....	140
Figura 49. Aceite de Linaza (<i>Linum usitatissimum</i>).....	141
Figura 50. Aceite de avellana (<i>Corylus avellana L</i>).....	142
Figura 51. Aceite de la semilla de Ajonjolí (<i>Sesamum Indicum L.</i>).....	143
Figura 52. Aceite de Chía (<i>Salvia hispánica, L.</i>).....	144
Figura 53. Aceite de uva (<i>Vitis tiliifolia</i>)	145
Figura 54. Viscosímetro de Ostwald.....	150
Figura 55. Rendimiento de recuperación (%) de aceite de semilla de <i>Carica papaya linn</i> obtenido por diferentes métodos de extracción.....	158
Figura 56. Es de una prensa hidráulica artesanal.....	146
Figura 57. Esquema de dispositivos de cajetines para el empleo en prensas de tipo abierto.....	147
Figura 58. Prensa de jaula tipo cerrado.....	148
Figura 59. Esquema de la prensa filtro utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles.....	149
Figura 60. Esquema de la prensa cilindro con agujeros utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles.....	150
Figura 61. Esquema del prensado en frio para la extracción de aceites comestibles.....	151
Figura 62. Prensa hidráulica (marca CARVER).....	151
Figura 63. Prensa de tornillo helicoidal.....	152
Figura 64. Esquema del equipo de extracción por solvente (Soxhlet).....	156
Figura 65. Esquema general de la extracción enzimática.....	157
Figura 66. Esquema general del sistema de extracción asistido por ultrasonido.....	158
Figura 67. Mecanismo de la extracción asistido por ultrasonido.....	158
Figura 68. Esquema del equipo de extracción asistida por microondas.....	158
Figura 69. Mecanismo de la extracción asistida por microondas.....	159
Figura 70. Diagrama básico equipo de fluidos supercríticos.....	161

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Clasificación Taxonómica de <i>Carica papaya linn</i>	28
Tabla 2. Análisis próximo de <i>Carica papaya linn</i>	91
Tabla 3. Composición en base seca del endosperma y sarcotesta de la semilla de <i>Carica papaya linn</i>	92
Tabla 4. Composiciones próximas y parámetros texturales de ASP.....	94
Tabla 5. Composición próxima: Pulpa madura	95
Tabla 6. Composición nutricional de los frutos de <i>Carica papaya linn</i>	109
Tabla 7. Estudios reportados sobre la caracterización físicoquímica del aceite de papaya (<i>Carica papaya linn</i>).....	155
Tabla 8. Propiedades químicas del aceite de semilla de <i>Carica papaya linn</i> obtenido de diferentes métodos de extracción.....	159
Tabla 9. Composición de ácidos grasos (%) del aceite de semilla de <i>Carica papaya linn</i> extraído por diferentes métodos	160
Tabla 10. Ventajas y desventajas del método de extracción por prensado.....	152
Tabla 11. Ventajas y desventajas del método de extracción Soxhlet.....	155
Tabla 12. Ventajas y desventajas del método de extracción por fluidos supercríticos.....	161
Tabla 13. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción.....	162

ABREVIATURA

ROS: Especies reactivas de oxígeno

mi: Micrópilo

fu: funículo

f: Rafe

r: radícula

Co: Cotiledón

Ms: Materia seca

%GBH: %Grasa base húmeda

%GBS: %Grasa base seca

BS: Base seca

BH: Base húmeda

MO: Materia orgánica

HTA: Hipertensión arterial

CT: Colesterol total

LDL: Lipoproteína de baja densidad

HDL: Lipoproteína de alta densidad

AGS: Ácidos grasos saturados

AP: Ácido palmítico

AE: Ácido esteárico

MMP: Potencial de membrana mitocondrial

AGM: Ácidos grasos monoinsaturados

AGP: Ácidos grasos poliinsaturados

ALA: Ácidos alfa linoleico

AG's: Ácidos grasos

TG: Triglicéridos

AL: ácidos linoléico

INTRODUCCIÓN

Las condiciones climatológicas y geográficas de la región tropical contienen una amplia diversidad de flora que es necesaria para el desarrollo de la industria de forma sostenible, sin embargo, se han realizado estudios científicos que demuestran el mal uso de los residuos orgánicos como foco de contaminación y transformación de los ecosistemas. Esta industria responde a la demanda creciente de los mercados para la producción de artículos de consumo humano, este proceso de producción origina una gran cantidad de residuos que pueden ser aprovechados, evitando contaminación ambiental y generando beneficios económicos para las regiones.

En Colombia, la industria carece de métodos y planes de control de los residuos orgánicos debido al alto costo que genera el procesamiento de estos, a causa de esta problemática se creó la llamada política para la Gestión Integral de los residuos sólidos en el país (Leyes 99 de 1993 y 142 de 1994). Las cuales, buscan establecer los criterios ambientales sujetos a la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo y uso de los recursos naturales, para su reincorporación al ciclo productivo, por lo cual, les solicitan a las empresas el manejo de los residuos y la exploración de nuevas alternativas para su aprovechamiento y de esta forma direccionar los resultados hacia un ambiente más sano.

La pérdida y desechos de alimentos en el mundo se han tornado una situación alarmante. Según la organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) las pérdidas estimadas en el mundo para cultivos de frutas, verduras, raíces y tubérculos son del 45%, seguida por el pescado y los productos marinos (35%), y los productos lácteos, la carne, legumbres y productos oleaginosos (20%).

Colombia es uno de los productores agrícolas y exportadores de frutas del mundo, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE), en 2016 del área total destinada a la agricultura, una cuarta parte se destinó al sector frutícola (DANE, 2017), contribuyendo significativamente a la economía del país. Entre los cultivos frutícolas transitorios, la *Carica papaya* tuvo una mayor superficie de producción en Colombia. Es una de las frutas tropicales más apetecidas, de hecho es la tercera más consumida del mundo (Valencia Sandoval et al., 2017), y se caracteriza por ser una fruta de excelente contenido vitamínico, minerales y antioxidantes saludables tales como la papaína, una enzima que es un compuesto único, presente en gran cantidad en la *Carica papaya* que tiene usos muy extendidos en la industria médica y farmacéutica (Singh y Sudhakar Rao, 2011). En 2018, Colombia produjo 115,896 toneladas de *Carica papaya* (Colombia, 2019), sin embargo, tiene alrededor de un 25% a 40% de pérdidas poscosecha debido a problemas fitosanitarios (Quiroga Ramos, 2016).

El cultivo de *Carica papaya* está expuesto a varias enfermedades, principalmente durante los períodos de lluvia. Algunas de las más recurrentes son la mancha anular, la pudrición del

pie, la mancha negra y la antracnosis. La última es la principal enfermedad poscosecha de la *Carica papaya* que provoca las mayores pérdidas económicas. La enfermedad de la antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, es un problema mundial y de especial importancia en el cultivo de papaya en Colombia debido al severo daño económico en frutas para consumo local y para exportación (DANE, 2016), *C. gloeosporioides* infecta la fruta en desarrollo en el campo y también durante la etapa de poscosecha.

La papaya (*Carica papaya linn*) que es miembro de la familia caricaceae se encuentra entre las frutas tropicales más importantes que se cultivan hoy en día a nivel mundial, es originaria de México y de centro américa, los principales productores de carica son Brasil, México, China y Colombia. Los residuos que genera esta fruta son la cascara y las semillas que contienen antioxidantes y ácidos grasos respectivamente (Dhekney et al., 2016).

En focandonos en las semillas de *Carica papaya* como residuo organico, estas constituyen entre el 12-22% del producto de desecho del fruto. Las semillas, en estado seco, están cubiertas de una corteza externa y una cubierta espinosa. Contienen una excelente cantidad de vitamina C que aparece en el aceite de la semilla,

Los aceites de origen vegetal se utilizan con fines muy diversos, que van desde su empleo como combustible hasta la alimentación, se obtienen a partir de frutos, semillas u otras partes de las plantas. La materia prima está compuesta por ácidos grasos y sus características se encargan de establecer las propiedades necesarias a los distintos aceites vegetales. Los medios productivos empleados actualmente para obtener aceites a partir de residuos orgánicos implican fuertes agresiones al medio ambiente, teniendo en cuenta que la extracción de estos es fundamental para conocer la composición, beneficios y propiedades que pueda atribuir la semilla de papaya, la que se estima que constituyen alrededor del 20% de peso de la fruta (Samaram et al., 2014).

La composición de los ácidos grasos evidencia que los más abundantes son el oleico, palmítico, linoleico y esteárico, mientras que los restantes están presentes en cantidades traza (Parni y Verma, 2014). El perfil de los ácidos grasos y el índice de yodo de este aceite son semejantes a los valores reportados para los aceites de olivo, pistache, nuez y almendra. Todos ellos exhiben también una alta concentración de ácido oleico.

Para la realización de esta investigación, se priorizará el uso de residuos orgánicos, específicamente de la semilla de *Carica papaya linn*, obteniendo un producto de alto valor y potencial para su posterior comercialización, de tal manera que emplee un aprovechamiento de la diversidad natural de forma integral y ayude a mitigar el impacto ambiental que este tipo de residuo pueda provocar.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Identificar las propiedades químicas de la semilla y el aceite de *Carica papaya linn* reportados en diversas investigaciones científicas, mediante información obtenida en la literatura, con el propósito de darle un mejor enfoque a este residuo orgánico en beneficio del medio ambiente.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar los estudios reportados en la literatura sobre las propiedades químicas de la semilla de *Carica papaya linn*.
- Identificar los resultados de análisis proximales en el procesamiento de las semillas y de la torta de *Carica papaya linn*.
- Describir las utilidades y beneficios de la semilla de *Carica papaya linn* destacando la importancia del aprovechamiento de estos residuos orgánicos en favor del medio ambiente.
- Identificar a través de la revisión bibliográfica, los diferentes métodos empleados para la extracción del aceite de *Carica papaya linn*.

2. CAPÍTULO I. ESTUDIOS QUÍMICOS REPORTADOS SOBRE LA SAMILLA DE *Carica papaya linn*

2.1. GENERALIDADES DE *Carica papaya linn*

2.1.1. Origen y distribución geográfica

La papaya (*Carica papaya linn*) es una fruta tropical, que tiene su origen en América Central, de donde se ha extendido por todos los países tropicales, perteneciente a la familia *Caricaceae*; fue descrita por primera vez en el año 1526 en la “Historia Natural y General de las Indias” por el historiador Fernández de Oviedo, donde describe esta planta en una carta de 1535 al rey español, Carlos I, así a través del comercio, la *Carica papaya* se expandió por la zona tropical y subtropical del mundo. La *Carica papaya* no es considerada como un árbol sino como una planta (arbustiva) gigante, por lo que no se encuentra con un tronco duro, debido a que es hueco su tallo, esta planta mide aproximadamente 10 m y unos 30 cm en diámetro lo que hace que su cosecha de frutos al ser recogida sea un poco complicada, esta planta es el tercer cultivo tropical más popular del mundo. Aunque se originó en América Central, hoy en día se cultiva principalmente en Brasil, India y México (Chávez et al., 2017).

La familia *Caricaceae* se divide en ambos lados del océano atlántico, con 2 especies en África tropical y 33 especies en América Central y el Sur. Esta familia actualmente se distribuye en 6 géneros, una de las cuales es *Carica*, con una única especie *Carica papaya*, es un cultivo considerablemente importante con una producción de más de 10 millones de toneladas por año (Carvalho, 2013 y Renner, 2012). La importancia económica de la familia se basa no solo en el cultivo de *Carica papaya* sino también en la producción de papaína, cisteína proteasa ampliamente usada en las industrias alimenticia y farmacéutica (Carvalho, 2013).

El cultivo se encuentra expandido en Hawái, Brasil, África, India, Ceylan, Archipiélago Malayo, Australia, siendo India el mayor productor de *Carica papaya* en el mundo y contribuye con el 42% de la producción mundial, es decir, casi 3 millones de toneladas de *Carica papaya* producidas anualmente (Sharma et al., 2016). Las investigaciones recientes señalan la cantidad de especies de esta planta arbustiva en la región de los Andes, entre Brasil, Bolivia, Colombia y Venezuela, por lo que esta zona quizás sea su verdadero origen, donde existe gran coincidencia biológica para presentarse un cruce natural, a lo que los cultivos se encuentran en zonas por todas las regiones tropicales y subtropicales.

Según (Narsaiah et al., 2015), la vida útil de la *Carica papaya* tiende a ser limitada debido a su patrón de maduración climatérico. Como fruta climatérica, libera altas dosis de etileno para estimar el proceso de maduración cuando no se almacena adecuadamente debido a su alta tasa de respiración. Además, las infecciones por enfermedades como la antracnosis pueden deteriorar significativamente la calidad de las *Caricas papayas* frescas.



Figura 1. Fruto y pulpa de *Carica papaya linn.*

Foto: Elaboración propia (Ana Karina Paternina Zapa, 2020)

2.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Carica papaya linn*

La papaya (*Carica papaya linn*) es una fruta muy solicitada para consumo y esto es debido a su sabor, textura y alto contenido de nutrientes, sus características medicinales principalmente en el tratamiento de enfermedades gástricas sobresalen debido a la presencia de vitaminas, minerales y proteínas presentes en la fruta. Los beneficios se reflejan debido a vitaminas (A, B y C) y a principales enzimas (proteolíticas y quimopapaína), estas enzimas tienen en su estructura propiedades antivirales, antifúngicas y antibacterianas (Nwofia et al., 2012; Elgadir et al., 2014). Su valor nutricional es alto: 100 gramos de pulpa, requerimientos mínimos diarios de vitamina C, la mitad de la vitamina A y vitaminas del complejo B (B1, B6 y B12) consumir esta fruta diariamente ayuda a la estabilidad de la presión arterial y el relajamiento muscular.

Esta planta, de vida corta llega a crecer aproximadamente 10 m, su tronco es considerado herbáceo, hueco y en ocasiones sin rama. Partes de esta planta (hojas, tallos y frutos) contienen alcaloide y la enzima papaína, las cuales son esenciales en la medicina, sus hojas dependen de los pecíolos encargados de su soporte y cuando dichas hojas están muy viejas se desprenden conforme a lo que crece el árbol, estas plantas poseen alrededor de 30 hojas funcionales a lo que una hoja abarca entre 3 y 4 del área foliar, la carpaina se localiza especialmente en las hojas con 0,4% en concentración y es utilizada para tratar la tuberculosis y la disentería.

Sus flores surgen de las cavidades que crean los pecíolos y tallo, las flores tienen pétalos de color amarillo-anaranjado y blanco-crema de 1 a 2,5 cm de largo también poseen propiedades febrífugas y pectorales, cuando se consumen en infusiones. (Maisarah et ál., 2013) informaron las propiedades antioxidantes de varios componentes de *Carica papaya* excepción de la raíz.

En el caso de la papaína, es encontrada en los tejidos verdes de la planta y en especial en los frutos verdes, es utilizada en medicina en el control de enfermedades gástricas ya que tiene la condición de asimilar los albuminoides, asimismo es la representante en el procesamiento de la asimilación de tejidos podridos, las lesiones gangrenosas y estudios citológicos en determinar el cáncer estomacal. La *Carica papaya* se logra manipular para numerosos procedimientos en padecimientos como eczema, cutáneos, tubérculos, dispepsia, amenorrea, úlceras, cáncer, de aquí que la *Carica papaya* pueda ser considerada como una fruta con propiedades funcionales o nutracéutica (Aravind et al., 2013).

2.2.1. Planta

Es considerada una planta o hierba arbustiva con una tasa rápida de crecimiento, de 2-10 m de altura, de corta vida, tallo sencillo en ocasiones muy ramificado, tronco recto, cilíndrico, suave, hueco, de color gris o café grisáceo con 10-30 cm de diámetro. La papaya (*Carica papaya linn*) es un género troica, ya que las plantas adultas muestran tres posibles tipos sexuales: femeninas, masculinas y hermafroditas (Jiménez et al., 2014), a lo que las plantas hermafroditas son las preferidas por los productores y esto es debido al buen uso comercial que se le puede dar, razones como la forma alargada del fruto, la cavidad localizada de sus semillas, le atribuye un menor daño durante la poscosecha. Esta planta ha demostrado ser una muy buena fuente para el desarrollo terapéutico. Las investigaciones genéticas sobre las plantas de *Carica papaya*, han reportado que las de origen silvestre, es decir, las que no han sido cultivadas por la acción del hombre (VanBuren et al., 2015), son dioica y por tanto su reproducción es de tipo biparental, siendo esta una condición común de las plantas arcaicas. Es necesario recalcar que la *Carica papaya* silvestre es diferente a la *Carica papaya* criolla,

ya que esta última es cultivada y por lo tanto, sometida al proceso de domesticación (Bogantes, 2016).

2.2.2. Hojas

Las hojas de papaya (*Carica papaya linn*) son de tipo palmeadas, grandes, lisas, lobuladas y pueden tener de 7 a 11 lóbulos, siendo 9 el número constante, aglomeradas en el ápice del tronco y ramas, de pecíolo largo y pueden medir de 25-75 cm de diámetro, las hojas jóvenes se conservan en la parte superior del tallo y las viejas se desprenden por sí solas, las hojas aparecen en forma alterna a lo largo del tallo; una cada cuatro días para un total de 100 hojas por año, las hojas suelen ser ricas esencialmente en ácido fenólicos, glicósidos cianogénicos, flavonoides y alcaloides como la carpaina y pseudocarpina, estos compuestos han ayudado mucho para la prevención de enfermedades virales reportando beneficios de la hoja de *Carica papaya*, como ha sido el caso en los tratamientos en pacientes infectados por dengue. Los autores (Gadhwal et al., 2016), estudiaron el efecto de hoja seca de *Carica papaya* sobre el recuento de plaquetas en pacientes con dengue con trombocitopenia, llegaron a la conclusión de que el extracto de hojas aumentó el recuento en el tratamiento de estos pacientes con dengue sin presentar ningún efecto secundario.

2.2.3. Tallo

La papaya (*Carica papaya linn*) tiene un tallo erecto, por lo general no ramifica pero cuando esto sucede, suele emitir pocas ramas, el tallo es hueco excepto en los nudos, la altura de este va a depender del cultivar, la edad de la planta y las condiciones ambientales. Los tallos se presentan en un eje, aunque en cada nudo está una yema que se vuelve rama. Cuando el retoño o yema terminal es afectado por causas desconocidas se da la ramificación del tallo (Santamaría, 2012).

2.3.Raíz

Las características de la técnica fundamental de esta planta es afín con el ambiente del suelo en el cual es cultivada. El suelo debe ser tratado, debido a que es necesaria una buena preparación para la siembra, un buen drenaje, humedad adecuada y el control en sanidad del mismo. Con el manejo adecuado de lo anterior las condiciones del sistema radical se extenderían en mejor forma, una raíz principal pivotante alcanzaría hasta 1.5m de profundidad, dependiendo de las limitaciones físicas o químicas del suelo donde se siembra. Las raíces secundarias de color blanco-crema se desarrollarían en un radio de 80 cm y la mayoría de raíces absorbentes se presentarían en los primeros 30 cm del suelo, a lo que las raíces finas se encuentran entre los 80 y 90 cm de distancia del tallo.

2.3.1. Frutos

Los frutos conservan una estructura suave y de forma oblonga, cilíndrica, carnosa, jugosa, grande, presentan un color verde amarillo y al madurar amarillo anaranjado, por dentro el fruto se caracteriza en su color anaranjado o rojo y por una considerable cantidad de semillas parietales, el fruto presenta medidas que van de los 10-25 cm de largo y con un diámetro de 7-15 cm, en ocasiones esta medidas suelen ser un poco más amplias y por lo general pesan incluso los 9 kg, la talla del fruto disminuye en función de la edad de la planta. Los frutos también son catalogados de acuerdo con los tipos de flor, flores femeninas, flores hermafroditas y flores masculinas, el color de la pulpa del fruto varía de amarillo hasta rojo salmón, también dispone de muchos beneficios medicinales. (Juárez, 2013) reportó propiedades terapéuticas derivadas del consumo de este fruto en el alivio de los síntomas de la diabetes, además de su uso como laxante, antibiótico y antibacteriano; esto ha permitido que el fruto sea atractivo en su producción.

2.3.2. Semillas

Son de color negro, de forma redondeadas u ovoides, se concentran en el saco seminal y cada una está rodeada en un tejido mucilaginoso llamado sarcotesta. Las semillas alcanzan su madurez al tiempo que el fruto madura siendo el resultado de óvulos fecundados, donde las angiospermas se establecen en el ovario, siendo el resultado de la reproducción sexual es definida por el tipo de ovulo que se produce en su posición dentro del fruto. Las semillas que se dan del cruce de una planta femenina por una hermafrodita originan descendientes con una analogía hermafroditas a femeninas del 50% de cada ejemplar sexual (Hueso et al., 2015).

2.4. CLASIFICACIÓN TAXONOMÍA DE *Carica papaya* linn

En Colombia la especie de *Carica papaya* más abundante entre las silvestres es la destacada como papayuelo, se distinguen la *Carica pentágona* y la *Carica cauliflora* y esto es a causa del color que se presenta en la cáscara del fruto. Este fruto es perteneciente a una familia de 71 especies de plantas, de los cuales 21 especies hacen parte específicamente al género *Carica*. En la tabla 2 se puede observar su clasificación taxonómica.

Tabla 1. Clasificación Taxonómica de *Carica papaya linn* (Muñoz, 2014)

División	Espermatopbyta
Subdivisión	Magnoliopbytina
Clase	Magnoliatae
Orden	Violales
Familia	Caricaceae
Género	Carica
Especie	Papaya

2.5. TIPOS DE PLANTA DE *Carica papaya linn*

La papaya (*Carica papaya linn*) presenta tres tipos de plantas que son determinadas según su sexo, factor influenciado por las condiciones ambientales de temperatura y humedad del suelo que pueden causar muchas formas florales de transición, expresando esterilidad femenina. Estas plantas son clasificadas en: Femeninas, masculinas y hermafroditas.

Las plantas femeninas siempre producen flores femeninas, si no hay cerca plantas masculinas o hermafroditas para proporcionarles polen, normalmente no conducen frutos al no ser polinizadas y sus flores llegan a producir frutas partenocárpicas sin semillas, de esta manera para obtener la polinización el polen es llevado por el viento o insectos, debido a esto los polinizadores han logrado una mayor investigación. Estudios han demostrado que la diversidad de rasgos de los visitantes aumenta la producción de frutos (Garibaldi et al., 2015), lo que podría estar relacionado en diferentes observaciones en las que las hormigas podrían incluso polinizar las flores de *Carica papaya*.

Las plantas masculinas se diferencian por los racimos de sus flores y además por no originar frutos, sin embargo, se puede presentar casos en los que puede haber flores masculinas que dan frutos. Las plantas con flores hermafroditas son las que producen frutos

con las mejores características comerciales, pueden tener flores macho, flores hermafroditas o ambas, ya esto dependerá de las condiciones ambientales y la época del año, a lo que el clima cálido y seco puede llegar a ocasionar supresión del ovario y consecuentemente producción de flores hembras estériles, o sea, flores masculinas, las flores hermafroditas y femeninas originan 1/3 y 2/3 respectivamente, en el caso de las plantas masculinas se expresan casualmente.

- **Plantas con flores de sexo femenino**

Se encargan de producir solo flores femeninas, por lo que necesitan presencia del polen de otras plantas para alcanzar su fecundación y formación de semillas, se hallan en inflorescencia situadas en las axilas que forman los pecíolos de las hojas y el tallo, la formación de su fruto se da sin importar que no haya polinización y esto es debido a que representa el fenómeno de partenocarpia, comúnmente produce frutos de una forma redonda u oblonga.



Figura 1. Brote floral joven femenino de 4 mm de longitud. Con este tamaño de flor, es posible lograr distinguir las plantas femeninas (Mora, 2006).

- **Plantas con flores de sexo masculino**

Son las encargadas de producir flores masculinas, las cuales cuelgan de grandes pedúnculos alargados, presentan un ovario rudimentario que puede ser funcional y formar frutos pequeños, también pueden producir frutos por la presencia de flores hermafroditas. Los frutos que da esta planta no son de valor comercial por ser muy pequeños.



Figura 3. Brote floral masculino (Hueso et al., 2015).

- **Plantas con flores de sexo hermafrodita**

Debido a que este tipo de planta puede llegar a tener hasta cuatro tipos de flores, por la circunstancia se pueden dar frutos de forma alargada, oblonga, predominando los frutos alargados. Debido a la formación de algunas plantas de flores con esterilidad femenina, estas llegan a ser improductivas según la época, se presentan con pedúnculo de tamaño intermedio apareciendo las flores en inflorescencia axilares de cinco o más flores. Estas plantas hermafroditas pueden dar una producción de hermafroditas a hembras de 2:1 (Bogantes et al., 2011).



Figura 2. Brote floral joven hermafrodita de 4 mm de longitud (Mora, 2006).

2.6. CARACTERÍSTICAS FLORALES DE *Carica papaya linn*

El tipo de flor es determinado según la presencia o ausencia de estambres funcionales (partes masculinas), también en estigma y ovario (partes femeninas).

- **Flores femeninas:** Son de forma globosa, redonda en la base y grande, despliegan un cáliz desarrollado por cinco sépalos totalmente libres, fácil de diferenciar y no hay presencia de estambres. En la parte superior del cáliz se encuentra la ubicación del ovario oculto por los cinco sépalos de la flor, el estigma de la flor es grande y redondo sus sépalos son de color blanco-amarillo parecida a un abanico, los frutos que producen este tipo de flor son de forma redonda, presentan una cavidad interna mayor que los de las flores hermafroditas, por lo cual tienen menor aceptación comercial (Bogantes et al, 2011). En ausencia de estambre necesita de las flores masculinas o hermafroditas para fecundarse y recibir polen para producir frutos.
- **Flores masculinas:** Las flores masculinas son pequeñas, delgadas, tubulares, con cinco pequeños pétalos, con estructura perfecta (contienen órganos femeninos y

masculinos); con ovario pequeño e incompleto y sin función alguna, estas flores masculinas crecen en grandes pedúnculos largos de más de medio metro de longitud, en sus extremos se encuentran racimos formados de 15-20 florecillas y consta de 10 estambres, que son situados en dos alternativas de a cinco cada una. Estas flores no dan frutos, pero si lo hacen son de forma alargada y de insuficiente calidad, las plantas de este tipo de flores son muy fructuosas con dependencia a su tamaño ya que constantemente tienen flores y frutos al mismo tiempo. En el proceso de los fruto se presenta la caída de las hojas inferiores, debido a esto quedan continuamente al descubierto por debajo de las hojas.

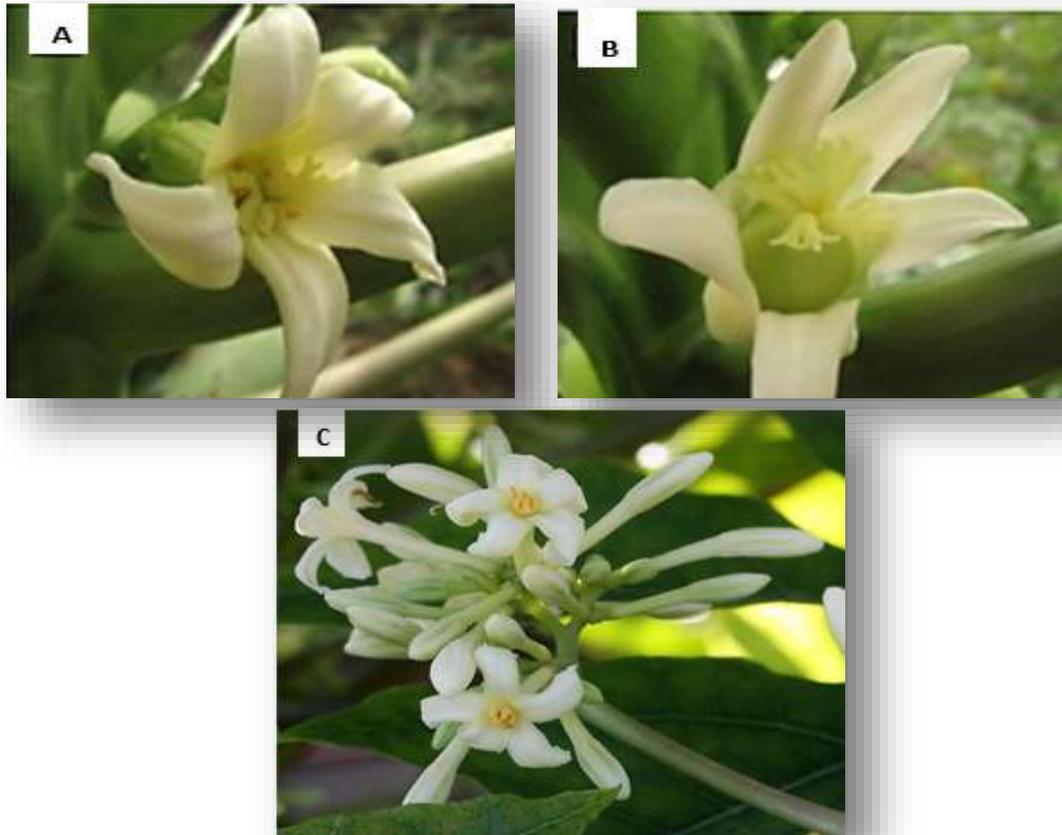


Figura 5. Flores de *Carica papaya linn*, abiertas a). Flor hermafrodita b). Flor femenina c). Flor masculina (Bogantes et al., 2011)

- **Flores hermafroditas:** Este tipo de flores son especialmente bisexuales, varían en el número de carpelos, estambres, rayos estigmáticos y estructuras morfológicas. El tipo hermafrodita de *Carica papaya* ha sido ente de investigaciones debido a su alteración en el sexo, las diversidades sexuales de esta planta son influenciadas debido a las discrepancias en cultivares, así como a la humedad del suelo y la temperatura La planta que las posee consta a su vez de otras diferentes clases de flores:



Figura 3. Secuencia de flores hermafroditas con varios niveles de esterilidad femenina, producto de la disminución en el número de carpelos desde los 5 normales (extremo izquierdo) hasta 0 (extremo derecho) (Mora, 2006)

- **Hermafrodita pentandria:** Es similar a la flor femenina, tiene cinco pétalos y al ser separados los pétalos se aprecian cinco estambres y su ovario es redondo surcado en la base.

- **Hermafrodita elongata:** Tiene ovario funcional alargado, diez estambres, su flor es alargada y de forma cilíndrica, al igual que el ovario, dando de esta manera frutos alargados, cilíndricos y sus pétalos están unidos alrededor de 1/3 de la corola.

- **Hermafrodita intermedia:** Posee un ovario funcional, un número anormal de estambre de los cuales algunos tienen pegados sus filamentos carnosos al ovario,

de lo que se originan frutos deformes de insuficiente costo comercial, conocidos como caras de gato.

- **Hermafrodita estéril de verano:** Este tipo de flores es parecida a la elongata, su diferencia es que el órgano femenino está poco desarrollado y no es funcional produciendo frutos monocarpelares, la aparición de esta flor se beneficia en condiciones ambientales de sequía y altas temperaturas.



Figura 4. Flores de *Carica papaya linn*, cerradas a). Flor hermafrodita b). Flor femenina c). Flor masculina (Bogantes et al., 2011)



Figura 5. Frutos de *Carica papaya linn*

a). Planta hermafrodita b). Planta femenina c). Planta masculina
(Bogantes et al., 2011)

2.7. MULTIPLICACIÓN DEL CULTIVO DE *Carica papaya linn*

- **Propagación vegetativa:** La propagación vegetativa es normalmente realizada a través de gajos derivados de manera artificial de la planta, debido a que la *Carica papaya* no se ramifica sino hasta los 3 o 4 años. Los gajos serán los brotes de 25-30 cm que se cortan y se cauterizan con agua caliente a unos 50°C. los gajos después de plantados son resguardados con el fin de evitar los rayos del sol y con suficiente humedad hasta que tengan raíces. Este tipo de método es muy costoso y tardío.

- **Propagación por semilla:** Este tipo de propagación es la manera más fácil y económica de dar a conocer la *Carica papaya*. Según la naturaleza de las semillas, si son de plantas femeninas, masculinas o hermafroditas, la siembra puede ser directa ya sea sobre un semillero o terreno, en el semillero su tierra tiene que permanecer húmeda, debe emplearse macetas de turba y plástico de color negro de unos 10 cm de diámetro y 15 cm en profundidad. Cuando las plantas obtengan de 10-15 cm de altura serán trasplantadas al terreno de cultivo.

2.8. VARIEDADES DE *Carica papaya* linn

Carica papaya es un fruto tropical y subtropical y en las áreas cultivadas las variaciones encontradas son amplias que se ajustan a características requeridas por los mercados. En Colombia y en países para los productores de *Carica papaya* es de gran importancia que se establezca la forma y tamaño del fruto, de la misma manera en que lo hacen en Hawái, esto es debido a que el consumidor exige determinados tipos, formas y colores, por lo que, para el mercado internacional, la calidad de los frutos es de mucha importancia. En el esquema de polinización se encuentra una extensa gama de variedades de esta planta, la polinización libre se podría desempeñar en las áreas donde se cultiva una sola variedad o tipo.

Para conservar una sola variedad determinada, la solución es producir semillas individuales para cada variedad, mediante endogamia con una polinización en control, esto sería más fácil realizarlo en las hermafroditas. Entre las variedades están presente la Maradol, Solo o Sunrise, Satira I, Cotove, Sriflora, Zapote, Melona, Red lady, los híbridos Tainung 1, Tainung 2 y otras variedades no tan comerciales como la Jibara, Azteca e Intenza, procedentes en cultivos regionales de Centro América (Mirafuentes et al., 2011; Gómez 2013 y Semillas del Caribe, 2016).

En el departamento de Córdoba, las variedades de *Carica papaya* producidas son la *Carica papaya Hawaiiana* y en la actualidad el híbrido *Carica papaya Tainung F1*, con una cosecha que escaló a 1.050 hectáreas durante el 2013 en los municipios de Valencia, Tierralta, Montería y Cereté (ASOHOFrucol, 2013).

En el mercado internacional la *Carica papaya*, es una fruta muy exigida en los Estados Unidos, Europa, Japón y Canadá. En Colombia, concretamente en el departamento de Córdoba, la Asociación Agroecológica de Productores de *Carica papaya* del Alto Sinú (APPALSI) y los productores de *Carica papaya* de Tierralta, en colaboración con ASOHOFrucol en el marco del Plan Nacional de Fomento Agrícola y el Plan de Transformación Productiva, han anticipado un eje muy significativo del comercio de *Carica papaya* (ASOHOFrucol, 2015).

De acuerdo a las exigencias de los mercados es necesario la caracterización de los frutos para detallar la calidad a ofertar y la calidad determinada por las normas internacionales. Según el Plan Hortofrutícola Nacional se pronostica un incremento de los cultivos entre el 2016-2020 (MADR, 2016).

Las variedades y tipos más importantes de *Carica papaya* son:

- **Regional o Zapote:** Este tipo de fruto se forman con semillas resultantes de cruzamientos naturales, ya sea por el viento o por los insectos, sin tener un balance en los principios básicos de selección. La planta es de porte alto, su floración inicia a los cuatro meses posteriormente del trasplante, los frutos se encuentran en una altura entre los 60 y 150 cm, sus frutos son grandes y llegan a pesar de uno hasta los siete kilos, su pulpa es de color roja, su producción ha alcanzado 160 toneladas en nueve meses de cosecha y el rendimiento comercial es de 20 a 40 toneladas por año.

- **Melona o amarilla:** Este tipo de *Carica papaya* se localizan dominando las zonas de Santander, Huila y Tolima, debido a su alto consumo y uso medicinal. Para el caso en la Costa Atlántica este tipo de fruto es poco cultivado para su consumo fresco, a lo que prefieren la variedad Zapote.

- **Sunrise:** Este tipo de variedad es natural de Hawái, por ser comercialmente para la exportación fue traída a la Costa, se forma floración a los cuatro meses posteriormente del trasplante y a una altura de 1 a 1.50 m. la forma de este fruto es en pera y globosos, dependiendo del sexo, estos frutos llegan a pesar entre 250 y 400 gramos.

2.9. ENFERMEDADES DE *Carica papaya* linn

Debido a que la *Carica papaya* es una fruta climatérica, sufre unos problemas, como la maduración rápida y la susceptibilidad al estrés biótico y abiótico (Zhu et al., 2013). Por lo que sus cultivos presentan diversas enfermedades sobre todo en los periodos de lluvia, entre las enfermedades más comunes se encuentran: la mancha anular de *Carica papaya*, la antracnosis, la pudrición de la raíz y la mancha o peca negra.

2.9.1. Mancha anular

Esta enfermedad es originaria del virus *Carica Papaya ring spot potyvirus* (PRSV), considerada una de las enfermedades más restringida en la obtención de este fruto, los resultados se dan en la reducción del tiempo productor de siembra de 3 a 6 meses, causando así el desplome en los rendimientos de 28 a 15 toneladas por hectárea. Las plantas de *Carica papaya* pueden ser atacadas en cualquier tiempo o edad presentando síntomas desarrollados por insectos vectores tales como los áfidos, entre los reconocidos como el *Myzus persicae*, entre otros. El *M. persicae* es el vector más eficaz en la infección del virus a la siembra de *Carica papaya*; las plantas infectadas prematuramente no producen, pero rara vez mueren. Los primeros indicios de la enfermedad que ayudan a su reconocimiento son la clorosis, es decir, el amarillamiento y las manchas presentes en las hojas, también se presentan vejigas en las hojas, por lo que las hojas cambian su forma y disminuyen su tamaño, se muestran manchas de color verde oscuro y aspecto aceitoso, en forma de tiras anormales sobre el tallo, peciolo y pedúnculos. Las manchas se manifiestan a forma de anillos, causando que el fruto pierda su aroma y exponga la menor cantidad de sólidos solubles (Páez, 2003).

El control de la enfermedad mejora mediante la ejecución de prácticas culturales durante las épocas de siembra, como:

- Resguardar las plántulas en el cultivo, con redes antiáfidos.
- Adquirir semillas de frutos sanos y sembrar las plántulas libres del virus (PRSV).
- Impedir que los cultivos de *Carica papaya* de edades y siembras diferentes se encuentren en la misma área.
- Efectuar rotación de lotes.
- Eliminar del cultivo las plantas con síntomas del virus (PRSV)
- No manipular las plantas sanas con herramientas que se encuentren contaminadas con el virus.
- Realizar semanal el deshoje de las plantas
- Impedir en el cultivo el crecimiento de las plantas que hacen parte de las familias gramíneas, solanáceas, cucurbitáceas y leguminosas silvestres (Páez, 2003 y Reyes et al., 2009).
- Tener un adecuado plan de fertilización para alcanzar una mayor firmeza del cultivo a enfermedades; el plan de fertilización debe formularse según los análisis de suelo y las solicitudes nutricionales del cultivo.
- Avanzar de modo permanente la inspección de malezas de hoja ancha, anfitrionas de áfidos, como: diente de león, batatilla, entre otras. (Arango et al., 2016).
- Situar los viveros para la producción del material de siembra, retirados de los cultivos adultos de *Carica papaya*.

- Mantener aislados los lotes de cultivos para impedir el ingreso de áfidos.
- En caso de que se refleje la enfermedad de forma general, es recomendable extender la fertilización con cloruro de potasio (KCl) y así mejorar el sabor del fruto.
- El control de áfidos se puede dar mediante la instalación de 10 a 12 trampas por hectárea y se pueden colocar en las orillas del cultivo.

2.9.2. Pudrición de la raíz

Esta enfermedad es producida por los hongos *Phytophthora* sp y *Pythium*, con alto episodio durante el tiempo de lluvia, en el fruto aparecen lesiones de color gris en forma de manchas, estos cultivos de *Carica papaya* presentan plántulas que envejecen y mueren (Arango et al., 2016).

Después del trasplante de las plantas a los dos meses en ocasiones se presentan síntomas de esta enfermedad las cuales afecta de entrada a las raíces principales y secundarias de la planta, lucen un color pardo oscuro y seguidamente se pudren las raíces lo que causa el color amarillamiento y a su vez la caída de las hojas, esto lleva en ocasiones hasta la muerte de la planta. Si se presenta la pudrición de la raíz en la etapa de siembra, tiende a producirse un volcamiento, por el peso de los frutos o por el viento, lo que causa sobresaturaciones de humedad en el suelo, debido a que el exceso de humedad se expande en todo el tallo hasta afectar los frutos, produciendo contusiones de color café oscuro en los péndulos hasta originar la pudrición total en el fruto (Acosta y León, 2003).



Figura 6. Pudrición en la raíz por *Phytophthora* sp (Semillas del Caribe, 2016)

Para prevenir la enfermedad se recomienda:

- Elegir los lotes que no muestren encharcamiento o cuyo drenaje logre ser reformado por medio de zanjas de drenaje.
- Para el establecimiento del cultivo, se debe desinfectar el suelo o sustrato para el llenado de las bolsas en el caso de viveros, utilizando productos como el Dazomet en dosis de 50 a 60 gramos por metro cuadrado de suelo o mediante el método de solarización, el cual consistente en exponer el suelo húmedo y cubierto con un plástico de color negro para evitar los rayos del sol.
- Usar *Trichoderma harzianum* en la semilla antes de la siembra y en el suelo en el instante del trasplante al sitio decisivo.
- Aplicar bacterias promotoras del crecimiento para proteger las raíces, evitando así la ocurrencia de la enfermedad.
- Sembrar en época seca, mientras se cuente con su sistema de riego.
- Eliminar plantas que presenten síntomas como marchitez en el vivero o daños en el tallo después del trasplante.
- Conservar un control de malezas durante el ciclo del cultivo.
- Avanzar con un control químico suplementario a las medidas preventivas, aplicando fungicidas sistemáticos directos a la base de las plantas vecinas a la enfermedad, en lo que se presentan los primeros síntomas (Acosta y León, 2003).



Figura 10. Planta de *Carica papaya linn* afectada por *Phytophthora* sp

(Semillas del Caribe, 2016)

2.9.3. Antracnosis

El ablandamiento afín con la maduración ocasiona que este fruto sea sensible a una escala de enfermedades en poscosecha, incluso la antracnosis (Ong et al., 2013). Los síntomas de esta enfermedad en la *Carica papaya* se caracterizan por lesiones en forma redonda de color marrón y otras áreas de color salmón hechas por las aglomeraciones conidiales que se encargan de cubrir las lesiones (Gomes et al., 2013), la incidencia de antracnosis es provechosa por temperaturas de aproximadamente 25-28°C. Aunque los síntomas pueden aparecer a temperaturas inferiores a 12°C, si los períodos de humedad son lo adecuadamente largos (Ferrari et al., 2015). Esta enfermedad se encarga de limitar los cultivos de *Carica papaya*, es causada por el hongo *colletotrichum gloeosporioides*, ataca directo al fruto en su última etapa, donde se estiman pérdidas de poscosecha del 25-40% por inconvenientes fitosanitarios, resaltando el episodio de la antracnosis (Quiroga, 2016).

El hongo patógeno aparte de afligir al fruto agrede otras partes de la planta como son la raíz, las flores y los tallos, logrando alcanzar pérdidas del 80% del cultivo (Acosta y León, 2003). El hongo contamina la planta con sus esporas o conidios, estableciendo en un primer período las células vivas de la planta y también las células muertas. En las hojas ya sean amarillas o secas se hallan los conidios, hasta dispersarse por la labor del viento y del agua, hasta alojarse en el fruto, para originarse en la piel durante las 24 horas sucesivas, los síntomas se empiezan a notar los primeros 8 días y se pueden observar en las hojas viejas y después en la estructura reproductivas del hongo a los 15 días, los síntomas se representan en un exudado gomoso, esto origina lesiones las que con el tiempo se difunden por todo el follaje y frutos. En el caso de las flores se estigma manchas de color café, invadiéndolas, secándolas y causando su caída y de sus frutillos recién formados (Quiroga, 2016 y Acosta y León, 2003). Ya estando el hongo en el fruto se presenta lesiones de color gris a café, en lo que el fruto madura su cascara se ablanda lo que provoca que el hongo forme lesiones de 3 cm o más.



Figura 7. Etapas de afectación de la antracnosis en los frutos, *colletotrichum gloeosporioides* (Quiroga, 2016)

Para evitar este tipo de enfermedad se adelantan acciones como:

- Construir dentro del lote, zanjas de drenaje que permita
- sacar el agua sobrante y así reducir la humedad relativa o del ambiental en el cultivo.
- Eliminar las hojas viejas o secas y recoger los frutos con lesiones
- Evitar golpear los frutos o dejarlos caer.
- Envolver en papel fruto por fruto para evitar roces entre ellos.
- Colocar los frutos en canastillas desinfectadas y alejadas del suelo. Avanzar con una apropiada fertilización del cultivo, teniendo en cuenta el suministro adecuado de calcio (Ca) y boro (B).
- Aplicación de fungicidas con diferentes modos de acción y agente activo (Quiroga, 2016).
- Aplicaciones de hongos antagonistas como el *Trichoderma harzianum* y extractos de clavo y canela al 7% ayudan al control de la enfermedad.
- En zonas muy húmedas y lluviosas, evitar establecer los cultivos con altas densidades de siembra; se recomienda utilizar distancias de siembra de 3 metros entre calles y 2,5 entre las plantas, que viene siendo un total de 1333 plantas por hectárea (Acosta y León, 2003 y Estrada et al., 2014).
- Recolectar los frutos con síntomas o enfermos de forma separada de los frutos sano;
- Tomar frutos sanos y colocarlos en canastillas limpias y desinfectadas con hipoclorito de sodio, límpido. Adicionalmente, para evitar la contaminación, la recolección la

debe realizar otro trabajador o cambiarse la ropa e igualmente no utilizar los periódicos de la recogida anterior (Reyes et al., 2009).

Y en la poscosecha para el control de la antracnosis es conveniente emplear:

- Cuando son cosechados los frutos y conservados en sus canastillas, estos se dejan a la sombra; sin ser expuestos a los rayos del sol (Reyes et al., 2009).
- Se debe sumergir los frutos durante 10 minutos en agua caliente a una temperatura de 49°C o en choques térmicos, que se basan en sumergir la Carica papaya en agua fría a unos 4°C durante 5 minutos y seguidamente en agua caliente.
- Otra manera de manejar el control de esta enfermedad es en lavar los frutos en una solución de agua y fungicida con ingrediente activo como Tiabendazol o Procloraz, Es conveniente seguir las recomendaciones del técnico de campo.
- Después de la desinfección, se dejan secar las frutas al aire libre y a la sombra, luego se protegen con espuma o malla y se empacan en cajas de cartón dejando una sola capa, para evitar golpes y el deterioro de la fruta.
- Después de empacada, la fruta se debe dejar en cadena de frío con temperatura de 12 a 14 °C, manteniéndola constante para evitar la condensación de agua en su respectivo empaque; de este modo se disminuye la ocurrencia de la antracnosis (Quiroga, 2016).



Figura 12. Frutos de *Carica papaya linn* afectados por antracnosis, *colletotrichum gloeosporioides*

(Semillas del Caribe, 2016)

2.9.4. Mancha o peca negra

Esta enfermedad es producida por el hongo *Asperisporium* sp, se evidencia debido a lesiones en las hojas y los frutos, sus principales síntomas son notables en lesiones redondas de 3 a 4 cm, de color negro oscuro y orillas amarillas, observándose por el envés de las hojas bajas y en frutos de la parte inferior de la planta.

El control de esta enfermedad en colocar en práctica algunas medidas:

- Realizar deshoje frecuente para permitir una mejor aireación y entrada de luz en el cultivo.
- Recoger las hojas y los frutos enfermos retirarlos del cultivo y enterrarlos, esto se hace semanalmente
- En caso de afectación severa, se deberán realizar aplicaciones de fungicidas sistémicos como Propiconazol, Clorotalonil o Carbendazim. (Acosta y León, 2003 y Estrada et al., 2014).



Figura 8. Hoja de *Carica papaya linn* con mancha o peca negra, *Asperisporium* sp

(Semillas del Caribe, 2016)

2.10. ESTUDIOS REPORTADOS DE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA SEMILLA DE *Carica papaya linn*

- (Ávila et al., 2020), en su estudio “La semilla de *Carica papaya linn* mejora los fitoquímicos y las propiedades funcionales en las papillas de harina de maíz”. Analizaron los principales componentes químicos de las semillas de *Carica papaya* los cuales están presentes en forma de: Proteínas (28% y 44%), fibra cruda (22% y 32%) para las muestras desengrasadas y lípidos (28%). Los análisis realizados en las diferentes variedades de *Carica papaya* con respecto a las propiedades nutricionales y funcionales muestran la presencia de niveles significativos de compuestos fitoquímicos con actividad antioxidantes.

Los compuestos identificados incluyen flavonoides, fenoles, saponinas, taninos, esteroides y terpenoides (Gadzama et al., 2016 y Salla et al., 2016). El extracto de semilla de *Carica papaya* también puede usarse etnofarmacológicamente debido a su hipolipidemia (Nwangwa y Ekhoeye, 2013) antihelmíntico (Ameen et al., 2018 y Aravind et al., 2013), anti-amebiano, propiedades antiparasitarias y antibacterianas (Aravind et al., 2013).

La harina de maíz, consumida en forma de gachas de avena, es uno de los alimentos básicos más importantes para las poblaciones vulnerables de África, y una opción popular para los programas nacionales de enriquecimiento de alimentos (Kaur, et al., 2019). Existe la posibilidad de mejorar los fitoquímicos en los cereales que usan *Carica papaya* considerando varias propiedades funcionales y efectos beneficiosos para la salud asociados con sus semillas. El objetivo del estudio fue evaluar el contenido fenólico y la actividad antioxidante de las semillas de *Carica papaya* de tres fuentes y evaluar los efectos de diferentes tratamientos para mejorar su palatabilidad. Además, investigaron el potencial de las semillas de *Carica papaya* para valorizar las gachas de harina de maíz en términos de sus propiedades fitoquímicas, térmicas y reológicas.

Para lo que realizaron ensayos en la extracción y caracterización de fitoquímicos, extracción de compuestos fenólicos libres y unidos, se determinaron contenidos fenólicos total (TPC) y la capacidad antioxidante usando los ensayos de barrido DPPH Y ABTS, realizaron análisis por HPLC, las condiciones de separación por HPLC fueron a una temperatura de columna de 35 °C, un caudal de 0,5 ml / min y un volumen de inyección de 10 µL, y determinaron las propiedades térmicas por calorimetría diferencial de barrido.

- El estudio realizado por (Ghaffarilaleh et al., 2019) “El extracto de semilla de *carica papaya* ralentiza el esperma humano” en los cuales reportan que los curanderos tradicionales usan las semillas de *Carica papaya* como remedio para enfermedades y como anticonceptivo para hombres y aborto en mujeres. Las muestras de semen de 35 hombres sanos se dejaron licuar y posteriormente se incubaron durante 60 minutos en medio de fluido tubular humano que contenía albúmina de suero bovino al 1% con solución acuosa. El extracto de la semilla de *Carica papaya* se establecieron a varias concentraciones, posteriormente se lavaron los espermatozoides y se utilizaron para evaluar la capacidad y la reacción del acrosoma, la fragmentación del ADN, la vitalidad, la motilidad, las especies reactivas de oxígeno (ROS) y el potencial de membrana mitocondrial (MMP).

El extracto no mostró efectos sobre la velocidad en línea recta, linealidad, rectitud, frecuencia de latido cruzado y el porcentaje de espermatozoides capacitados y reaccionados por acrosoma. Por el contrario, la vitalidad, la motilidad total, la motilidad progresiva, la velocidad curvilínea, la velocidad media de la trayectoria y los porcentajes de espermatozoides hiperactivos, ROS positivos e intactos MMP disminuyen significativamente, mientras que el porcentaje de espermatozoides fragmentados con ADN aumentado. Los datos revelan extracto de semilla de *Carica papaya* afectan uno modo significativo y negativo en los parámetros de motilidad espermática decisivos para la fertilidad; por tanto, se hace pasar por un candidato probable para la anticoncepción masculina.

- (Agada et al., 2020) presentaron su estudio sobre los “Efectos inhibitorios in vitro e in vivo de la semilla de *Carica papaya* sobre las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa” en cual exhibe a esta planta, como una de las especies más cultivadas de la familia *Caricaceae*, si bien es considerada un árbol económico debido a sus frutos, que es común en África tropical. Las semillas se encuentran en las frutas que son muy ofensivas, picantes y, como tales, desagradables al comer como alimento. Sus hojas, frutos, semillas, flores y partes de raíces se han documentado en diferentes partes del mundo con fines alimenticios y medicinales (Anitha et al., 2018).

Se han realizado investigaciones científicas sobre las semillas de *Carica papaya* por su propiedad antidiabética. (Venkateshwarlu et al., 2015) in vivo, su estudio atribuye propiedades hipoglucemiantes sustanciales al extracto de semilla de la planta, pero aún falta el respaldo científico para confirmar su efectividad y su posible modo de acción. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo documentar los efectos inhibitorios in vitro e in vivo de la semilla de *Carica papaya* sobre las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa.

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos inhibitorios in vitro e in vivo de las semillas de *Carica papaya* sobre las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa, ya que se sabe que es un mecanismo antidiabético en el que determinaron fenoles totales por el método espectrofotométrico, los análisis de los extractos de semillas para fitoquímicos revelaron la presencia de una cantidad significativa de saponinas, alcaloides, flavonoides, fenoles, terpenoides y esteroide. Para un manejo efectivo de la diabetes mellitus, la aplicación de antioxidantes podría ser una de las formas de combatir la diabetes mellitus. Esta es la razón por la cual los inhibidores naturales se obtienen de las plantas, ya que son más baratos, menos tóxicos y están disponibles a diferencia de su acarbosa, miglitol y voglibosa (Sabiú y Ashafa, 2016). Se concluyó que las semillas de *Carica papaya* mostraron una notable actividad inhibitoria contra las enzimas y el estrés oxidativo relacionado con la diabetes, que podrían ser los posibles mecanismos por los cuales reducen los niveles de azúcar en la sangre para controlar la diabetes mellitus tipo 2. Estas características pueden deberse a diferentes compuestos bioactivos, los cuales pueden ser responsables de los efectos obtenidos por los extractos de las semillas de *Carica papaya*.

- (Navarro et al., 2016), en su estudio “Propiedades funcionales de semillas de papaya (*Carica papaya* linn)”. Consideran que esta planta contiene una gran cantidad de vitamina C presente en el aceite de sus semillas, el cual, cuando se libera al molerlas para convertirlas en polvo, expulsa un aroma semejante al del chocolate tostado. Muestran que la composición próxima de esta semilla en base seca se identifica por un contenido promedio de aceite de 33% y un 29% de proteína (Parni y Verma, 2014). El aceite, que presentó una coloración levemente verdosa, lo obtuvieron mediante extracción con éter, y posterior caracterización, encontrándose que es relativamente bajo en ácidos grasos y que en mayor proporción contiene ácido oleico, palmítico, linoleico y esteárico, mientras que el resto están presentes en cantidades traza (Parni y Verma, 2014). El perfil de los ácidos grasos y el índice de yodo de este aceite son parecidos a los valores reportados para los aceites de olivo, pistache, nuez y almendra (Sancho et al., 2015). Los cuales también presentan una alta concentración de ácido oleico.

De lo expresado anteriormente por (Navarro et al., 2016) concuerda con la observación de Hilditch y Williams en 1966 en el sentido de que los ácidos oleico y palmítico principalmente, tienen la predisposición de estar presentes en plantas de regiones tropicales y subtropicales. Adicionalmente, cuando la harina obtenida de la semilla de *Carica papaya* es desengrasada el contenido de proteína se eleva considerablemente a un 40% al igual que el de la fibra cruda con un 49.9%. Sus principales minerales son Ca, P y Mg (Sancho et al., 2015). Llegaron a la conclusión en que los valores presentes en su estudio resultan favorables, si se piensa en el diseño

de alimentos en polvo, como sería el caso de harina de frijol, harinas para pastel o harinas a base de maíz. La integración de la harina de semilla de *Carica papaya* a productos alimenticios adecuados a las propiedades funcionales obtenidas fue aceptable en cuanto a sus características sensoriales.

De los anteriores estudios que abarcan esta materia prima, podemos evidenciar la importancia y el alcance que tienen las diversas partes de esta planta tanto a nivel alimenticio como medicinal.

3. CAPÍTULO II. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE *Carica papaya linn*, COMO RESIDUO ORGÁNICO

3.1. RESIDUO ORGÁNICO: DEFINICIÓN

Un residuo orgánico se puede entender como aquella materia procedente de las labores de una producción y consumo que no tienen un valor económico. El estatus español según la ley 42/75 y la junta directiva de la CEE 75/442 lo puntualizan como “cualquier sustancia u objeto del cual se desprende su poseedor o tiene obligación de desprenderse”. Cada año se generan millones de toneladas de residuos orgánicos vegetales (frijol, maíz, tomate, lechuga, etc.) y frutas (manzanas, papaya, naranja, etc.). Estos residuos, procedentes de la industria de alimentos asimismo del sector agroindustrial y doméstico, pueden aprovecharse a través de la tecnología de la digestión anaerobia (Hosseini et al., 2014). En los países desarrollados existen altos índices de consumo por ende los de mayor producción de residuos. Estos pueden encaminar dificultades significativas, sobre todo para el medio ambiente. A esta realidad le sumamos la escasez de los recursos naturales no renovables, lo que logra acarrear a una insuficiencia de muchos de ellos a medio o corto plazo. Por lo que es conveniente estudiar, analizar y transformar en lo que sean posible los residuos orgánicos para una mejor vida y con esto ocasionar menos daño sobre el medio ambiente.

3.1.1. Clasificación de residuos orgánicos

La clasificación de los residuos orgánicos se presenta en función del sector productivo que los genera, lo que reconoce fundar dos grandes grupos:

- Los procedentes del sector primario: formado por actividades forestales, ganadera, agrícola y extractivas (canteras y minas).
- Los derivados del sector secundario y terciario: son los formados por residuos industriales y urbanos.

Estos grupos encierran una multitud de residuos de muchas características, tales como inorgánicos, orgánicos y mezcla de ellos, tóxicos o inertes, líquidos o sólidos, etc. En los grupos de residuos se muestran algunas de sus características más significativas:

Residuos agrícolas

- Residuos agrícolas: vienen siendo los más abundantes y dispersos, se dan por los restos de cosechas y derivados.

Residuos de actividades ganaderas

- Residuos de actividades ganaderas: Aquí podemos encontrar el excremento, al igual que los anteriores presentan un gran esparcimiento.
- Residuos de mataderos (industrias cárnicas): (huesos, sangre, pellejos, etc.) que pueden ser más fácil de controlar que los anteriores debido a la localización minuciosa de la industria agroalimentaria.

Residuos forestales

- Residuos forestales: Residuos industriales de diversas labores de repoblación forestal, residuos de poda de extensa propagación.

Residuos industriales

- Residuos industriales inertes: Generados por industrias no peligrosas (vidrios, chatarras, cenizas, escorias, arenas, polvos de metales, abrasivos, etc.) presente en los países más industrializados.
- Residuos tóxicos y peligrosos: Restos (radiactivos, ácidos, etc.) que contienen sustancias que ponen en peligro la salud humana.

Residuos de actividades extractivas

- Residuos mineros y de cantería: como escombros de minas y metalurgia.

Residuos urbanos y asimilados

- Residuos domésticos: Principalmente basuras (papel, cartón, plástico, textiles, maderas, gomas, etc.) frecuentemente utensilios caseros metálicos.

3.1.2. Aprovechamiento de las semillas de *Carica papaya linn* como residuo orgánico

En el país, en los procesos de alimentos, además del producto deseado se generan subproductos, residuos y productos que son poco utilizados, siendo en la aplicación de los suelos el uso más extendido. En ocasiones los subproductos se han utilizado como alimento

para ganado, pero en el ganado bovino, puede producir timpanismo (acumulación de gases en el rumen), por lo que se desaconseja su uso (Bogantes, 2016).

En cuanto a la extracción de la semilla para obtener aceite, el uso de la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, permite la obtención de aceites vegetales ajustados a unas descripciones muy específicas o una fracción con fijos componentes de utilidad para fines precisos. Dentro de algunas fronteras recientemente se han realizado avances por parte de estudiantes en el caso de los emprendedores del Tecnológico de Costa Rica (TEC), quienes lo obtuvieron por la extrusión de la semilla, como muestran en las redes sociales a dicho emprendimiento, con usos generales para el cuidado de la piel (Tecnológico de Costa Rica, 2016). Por otra parte, en las actividades del comercio internacional se asumen varios ejemplos de las empresas que distribuyen el aceite de la semilla de *Carica papaya* de una forma pura, asimismo con un uso cosmético. Ejemplos de dichas empresas son Aromatic en el Reino Unido, Katyani Exports en India, HBNO y Lotus Garden Botanicals en Estados Unidos, Cosmark Aromatics en Australia, Dupert y Co. Ltd. en Chile, entre otras, donde la mayoría de las empresas muestran que el aceite que comercian ha sido extraído por prensado en frío, con una calidad virgen y sin refinar (Future Market Insights, 2018).

Existen muchas páginas de tipo personal (blogs) que informan como extraer el aceite en casa y describen los beneficios tanto de la semilla como de su aceite. Abandonando a un lado credibilidad de dichas páginas, es evidente la cantidad de noticias sobre el aprovechamiento, consumo de la semilla de *Carica papaya* y del uso de su aceite, por lo cual las personas están más al tanto de los usos y de los beneficios que producen en la salud.

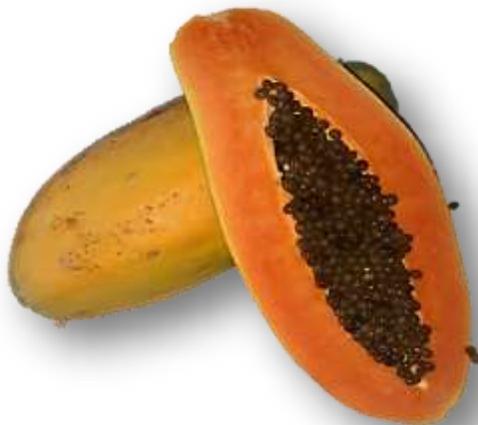


Figura 9. Fruto y semillas de *Carica papaya* linn.

Foto: Elaboración propia (Ana Karina Paternina Zapa, 2020).

3.2. SEMILLA DE *Carica papaya linn*: DEFINICIÓN

Las semillas de la papaya (*Carica papaya linn*) es el producto del óvulo fecundado, que en las angiospermas se forma dentro del ovario, y como consecuencia se da la reproducción sexual. La forma de las semillas es definida por el tipo de óvulo del que es originado y su posición dentro del fruto. El tamaño está determinado por la posición que guardan las semillas dentro del fruto y por la cantidad de nutrimentos que reciban durante su ontogenia, la semilla es de color negro, consta de un embrión pequeño, aplanada lateralmente, rodeada por endospermo, con una cobertura formada por una endotesta dura y una sarcotesta reflejada que tiene un fluido delgado mucilaginoso. De acuerdo con (Zhang y Chen, 2017) el extracto de semilla de papaya se ha utilizado con éxito como alternativa debido a su actividad antifúngica y específicamente debido a su capacidad para desencadenar la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y disminuir la actividad de la membrana mitocondrial.

El número de semillas por frutos puede variar de 0 a 800, en frutos femeninos, se han encontrado hasta 1 000 – 1 400 semillas por *Carica papaya*. Las semillas de las angiospermas consiguen dividirse exactamente en tres partes, de un modo genéticamente diferente: El endospermo, la cubierta seminal y el embrión. La cubierta seminal es la estructura que envuelve y preserva a las partes internas de la semilla de daños físicos y bióticos originarios del exterior. El endospermo es el tejido de almacenamiento que es producido a partir de la unión de uno de los núcleos espermáticos del conducto polínico con dos o más núcleos polares de saco embrionario, proporcionando como resultado un tejido triploide o poliploide, el embrión de las angiospermas se constituyen de un breve eje que lleva uno o dos cotiledones u hojas embrionales. Las semillas de *Carica papaya* tienen algunas propiedades beneficiosas atribuidas principalmente a su contenido en compuestos de alto valor agregado, en consecuencia, varios estudios han informado el uso de semillas de *Carica papaya* en medicina (Aravind et al., 2013).



Figura 10. Semilla de *Carica papaya linn*.

Foto: Elaboración propia (Ana Karina Paternina Zapa, 2020)

3.2.1. Morfología de la semilla de *Carica papaya linn*

En la **figura 16**, se muestran las semillas de papaya (*Carica papaya linn*), para entender un poco la morfología, ya que corresponde a la semilla de una planta angiosperma, se observan, la sección transversal de una semilla de *Carica papaya* con y sin sarcotesta. Las semillas de plantas angiospermas pueden dividirse en tres partes: embrión, endospermo y cubierta seminal. En algunos casos (semillas bitegmentadas) la cubierta seminal se divide a su vez en dos estructuras, la testa y el tegmen (Gil y Miranda, 2008).

Contienen una cantidad considerable de vitamina C que surge en el aceite de la semilla, el cual, se libera al ser molidas para convertirlas en polvo, expulsan un aroma similar al del chocolate tostado, la composición aproximada de esta semilla seca es determinada por una cantidad promedio de aceite de 33% y 29 % en proteína (Parni y Verma, 2014). Hay que resaltar que la materia vegetal se determina mediante ensayos químicos en los que se analiza, entre otros, la humedad, proteínas, lípidos y carbohidratos, lo que es llamado análisis proximal (Speight, 2015), donde se perciben los carbohidratos por diferencia.

En la semilla de *Carica papaya*, la testa es formada por la exotesta jugosa (llamada también sarcotesta), la mesotesta (formada por mesotesta externa e interna) y la endotesta. Por otra parte, la estructura del tegmen se compone por el exotegmen, mesotegmen, y endotegmen, al que sigue la cutícula y finalmente el endospermo. A su vez, las semillas se hallan unidas a los funículos (tejidos placentarios) que se enlazan con paredes internas de las cavidades en la pulpa.



Figura 11. Semillas de *Carica papaya linn*; fresca con exotesta y seca sin exotesta (se muestra la mesotesta).

Fotos: Elaboración propia (Ana Karina Paternina Zapa, 2020)

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA

3.3.1. Características externas de la semilla

Forma y tamaño: Es de forma ovoide, pequeñas y de color negro o marrón oscuro en la madurez. Está cubierta por una capa mucilaginosa llamada sarcotesta o cubierta, es un fruto bien polinizado llega a producir de 300 -700 semillas, su tamaño fluctúa entre 4 y 6 mm

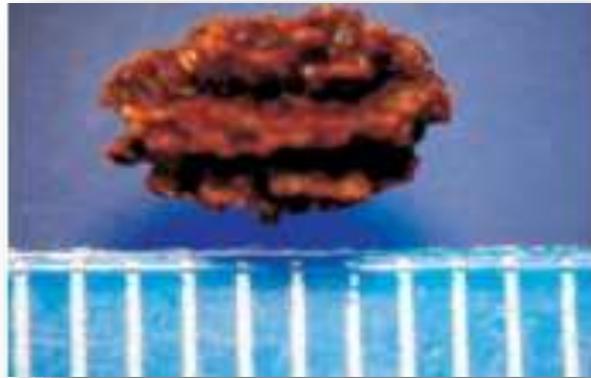


Figura 12. Semilla madura de *Carica papaya linn.* (Gil y Miranda, 2005).

Hilo y micrópilo: En la semilla, el hilo es bastante conspicuo, de forma redondeada y color amarillo claro (**figura 18**). El micrópilo se encuentra muy próximo al hilo, porque procede de óvulos *anátropos* (**figura 19**).



Figura 13. Detalle del hilo (hi) en la semilla *Carica papaya linn.* (Gil y Miranda, 2005).



Figura 14. Micrópilo (mi) en la semilla de *Carica papaya linn.* (Gil y Miranda, 2005).

Funículo: Es el filamento encargado de unir el rudimento seminal con la placenta, desarrollado primordialmente por tejido vascular y que sirve de puente para el paso de agua y nutrientes en la planta madre hacia la semilla durante su proceso. Las semillas se encuentran unidas al funículo en posición parietal, este es evidente, destacado y grueso, conserva una longitud de 0.5 y 1.0 cm. Su color varía desde blanquecino, en semillas inmaduras (**figura 20a**), hasta amarillo, en las semillas maduras (**figura 20b**).

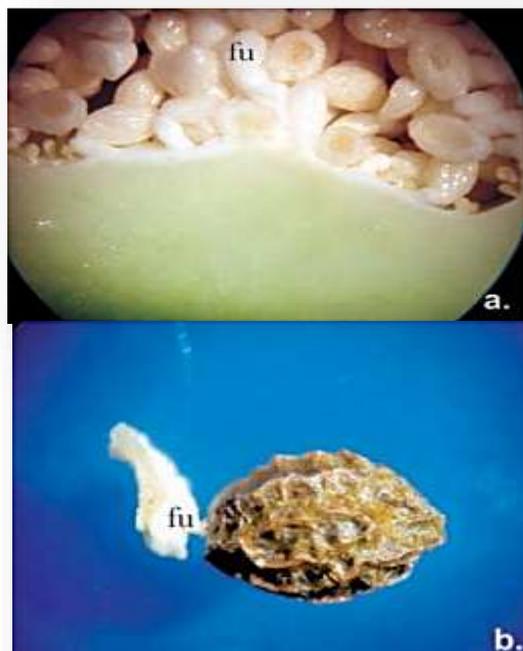


Figura 15. a) Semillas inmaduras adheridas al funículo (fu) en la cavidad del fruto; **b)** semilla madura con el funículo (fu) adherido (Gil y Miranda, 2005).

Rafe: Es la costura alargada de la semilla desarrollada en la parte donde el funículo es unido al rudimiento seminal. La semilla de *Carica papaya* procede del óvulo anátropo y debido a eso es posible apreciar esta región, que se destaca como una cicatriz (**figura 21**).



Figura 16. Rafe (r) en semilla de *Carica papaya* linn. (Gil y Miranda, 2005).

Cubierta seminal: Es la estructura que abriga las partes internas de la semilla de perjuicios tanto físicos como bióticos causados por el exterior (Gil y Miranda, 2005). Las semillas de *Carica papaya* presentan el rudimento y de dos tegumentos los cuales forman la cubierta seminal. Los tejidos procedentes del tegumento externo producen exotesta y mesotesta. La mesotesta es oscura, rugosa y dura, mientras que la exotesta es de color anaranjado de consistencia carnosa y reconocida como sarcotesta (**figura 22a**). La mesotesta es oscura, rugosa y dura (**figura 22b**).



Figura 17. a) Semilla de *Carica papaya linn* con la sarcotesta adherida (nótese el brillo en la superficie); b) mesotesta de la semilla de *Carica papaya linn*. (Gil y Miranda, 2005).

3.3.2. Características internas de la semilla

3.3.3.

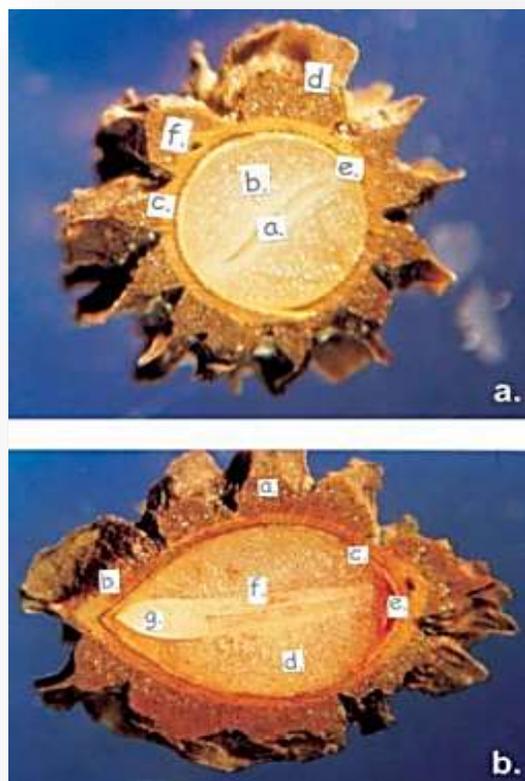


Figura 18. Estructura interna de la semilla de *Carica papaya linn.* **a)** a, embrión; b, endospermo; c, endotesta; d, mesotesta; e, tegmen; f, rafe; **b)** a, mesotesta; b, endotesta; c, tegmen; d, endospermo; e, calaza; f, cotiledón; g, radícula (Gil y Miranda, 2005).

Cubierta seminal: La semilla de *Carica papaya* presente en la (**figura 23**) es bitegumentada, esto es debido a que el primordio seminal conserva dos tegumentos, los tejidos procedentes del tegumento externo son los encargados de establecer la testa y los procedentes del tegumento interno encargados de formar el tegmen.

Endospermo: Con el estudio de los cortes realizados a la semilla de *Carica papaya* se concluyó que el tipo de endospermo es entero debido a que la superficie es lisa, suave y de consistencia carnosa. De acuerdo a su posición, está catalogado como externo, debido a que rodea por completo al embrión.

Embrión: De acuerdo con lo observado, se dedujo que el embrión de papaya presenta división axial, porque se ubica en el eje central de la semilla, y subdivisión folial, porque

muestra cotiledones expandidos. La representación del embrión es espatulada, ya que los cotiledones son de forma recta y la radícula no se halla cubierta por ellos, como se ve en la **figura 24**.

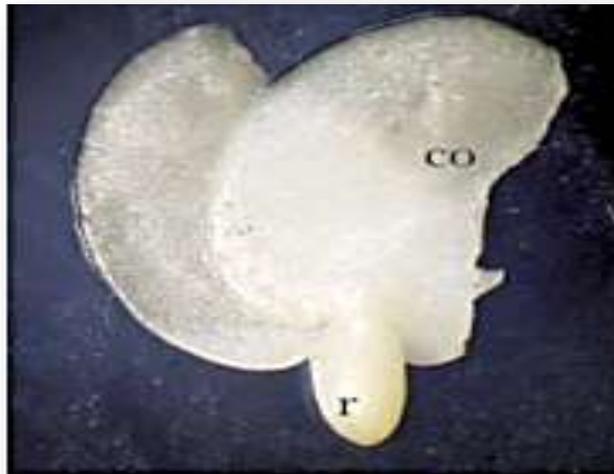


Figura 19. Embrión de *Carica papaya* linn: r, radícula; co, cotiledón. (Gil y Miranda, 2005).

Cotiledones: Al evaluar los cotiledones de la semilla de *Carica papaya*, se ultimó que son planos y delgados. En cuanto a su forma, son ovados y de igual tamaño, uno con relación al otro. El margen de los cotiledones es completo, con ápice redondeado. La base es mitigada porque el ángulo que forma la punta de la radícula con el margen de los cotiledones es menor de 45°C. (**Figura 24**). Según la postura que presentan los cotiledones dentro de la semilla, su forma recta es debido a una postura paralela al eje del embrión.



Figura 20. Secuencia de 6 etapas de la germinación de la semilla de *Carica papaya linn* (Mora, 2006).

3.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS DE *Carica papaya linn*

3.4.1. Antioxidantes

Un antioxidante es aquella molécula capaz de retardar o prevenir el daño oxidativo de los lípidos, las proteínas y los ácidos nucleicos por especies reactivas del oxígeno, generadas por las causas ambientales o ya sea por la ingesta de contaminantes. Entre esas moléculas encargadas de remover los radicales libres y que se encuentran naturalmente en los alimentos están la Vitamina C, los compuestos fenólicos y carotenoides. (He et al., 2015) señalan que debido a sus propiedades biológicas pueden prevenir el cáncer, enfermedades cardiovasculares, diabetes, alzhéimer y otro tipo de trastornos producidos por el estrés oxidativo. Los alimentos ricos en antioxidantes y suplementos dietéticos son generosamente promovidos por la industria y por algunos profesionales en la salud, como portadores de propiedades nutricionales beneficiosas, logran proteger el envejecimiento prematuro y algunas enfermedades (Dilis y Trichopoulou, 2010).

Los antioxidantes previenen la oxidación de algunas moléculas insaturadas tal como los ácidos grasos, las vitaminas contenidas en los aceites y los carotenoides entre otros (Badui, 2012). Es fundamental la presencia de los antioxidantes en los alimentos, las características

organolépticas y la calidad nutricional de estos son puntualizadas gracias a la ayuda de este tipo de compuestos, además, al ser ingeridos, conservan de manera considerable la salud de las personas que los consumen. Para una dieta saludable es bueno conocer donde se encuentran y bioquímicamente cómo nos benefician.

Los antioxidantes que se hallan naturalmente en el organismo y en algunos alimentos; previenen el daño procedente del estrés oxidativo formado por diferentes sustancias que ingresan al cuerpo liberando radicales libres que afligen el comportamiento celular. Son sustancias que poseen la capacidad de inhibir la oxidación producida por los radicales libres, procediendo algunos a nivel intracelular y otros en la membrana de las células, constantemente en conjunto para preservar a los distintos órganos y sistemas. En los últimos años el interés hacia los antioxidantes naturales ha aumentado, debido a la baja seguridad que brinda la utilización de los de origen sintético, la creencia de que los compuestos naturales son innatamente más seguros que los compuestos sintéticos los ha vuelto comercialmente más aceptados (Gómez, 2017). Dentro de este tipo de compuestos antioxidantes se hallan los compuestos fenólicos que son compuestos agrupados al color, a las características sensoriales (sabor, astringencia, dureza), características nutritivas de los alimentos de origen vegetal. La característica antioxidante de los fenoles es debido a la reactividad del grupo fenol (Coavoy, 2015).

En particular, los antioxidantes naturales (hidrosolubles y liposolubles) pueden funcionar como compuestos reductores, interrumpen la formación de radicales libres, inhiben la formación de oxígenos libres e inactivan los metales prooxidativos. Los radicales libres se establecen en el organismo mediante la respiración aeróbica y están en diferentes formas como: anión superóxido, hidroxilos, peróxidos, y alcóxilos (Villanueva, 2015).

3.4.2. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos o polifenoles establecen un extenso grupo de sustancias químicas, considerados metabolitos secundarios de las plantas con diferentes estructuras, propiedades químicas y actividad biológica diferente, englobando más de 8.000 compuestos distintos, tienen su origen en el mundo vegetal y su presencia en el reino animal se debe a la ingestión de éstas (Oropeza, 2012).

Los compuestos fenólicos son semejantes con la característica sensorial de los alimentos de origen vegetal, ya sean frescos o procesados. Este grupo de compuestos son moléculas conformadas con uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático, en conjunto con las vitaminas, los compuestos fenólicos son estimados con gran importancia como antioxidantes en la dieta, se encuentran presentes en hortalizas, raíces, cereales y frutas. Miles de compuestos fenólicos se hallan en las plantas, y son catalogados en varios grupos

funcionales. Los compuestos fenólicos juegan un orden de funciones metabólicas en las plantas, en su crecimiento y reproducción, y en la protección hacia patógenos externos y el estrés, como la radiación UV y los depredadores. Ellos son responsables del color y de sus características sensoriales de las plantas y alimentos, en la naturaleza, aparte de su actividad antioxidante, se les han atribuido una variedad de formas terapéuticas, a modo de actividades antiinflamatorias, antimicrobial, entre otros. Químicamente, este tipo de compuestos son sustancias que tienen un anillo aromático, ya sea con uno o más grupos hidroxilo (Oropeza, 2012 y Martínez, 2013).

Los compuestos fenólicos o polifenoles son sustancias orgánicas que compone una de las primeras clases de metabolitos secundarios de las plantas, en el que desempeñan varias funciones fisiológicas. Tienen un anillo benceno hidroxilado, los cuales agrupan un extenso intervalo de sustancias que difieren en el número de átomos de carbono, que se establecen en conjunto con el esqueleto fenólico básico, asimismo del número y posición de los sustituyentes hidróxido (Martínez, 2013 y Villanueva, 2015).

La mayoría de los polifenoles presentes en alimentos se encuentran en sus formas conjugadas, los fenoles libres se hallan solamente en tejidos muertos. Los flavonoides que tienen a las flavanonas, flavonoles y taninos condensados, se forman como quelates de metales, lo que atrapan radicales libres, inhiben la xantina-oxidasa colectiva a la formación de especies reactivas del oxígeno y la proliferación de células cancerígenas en pulmones, colon, estómago, también, evitan enfermedades coronarias. Los flavonoles se tratan en sus formas sin fusionar lo que les da un significado metabólico (Villanueva, 2015).

3.4.3. Minerales

Los minerales son los elementos químicos indispensables para el funcionamiento metabólico, catalogados como sustancias inorgánicas. Están presentes en los alimentos, tanto vegetales como animales. Poseen una composición química definida, surgen de la unión de elementos químicos simples, hacen parte de la vida y complemento del ser humano.

Los minerales se pueden dividir en:

- **Macrominerales:** Son indispensables y presentes en cantidades mayores, tales como: Fósforo, Azufre, Calcio, Potasio, Magnesio y Sodio. Las funciones de cada macromineral son amplias por lo que algunas aún se desconocen. Por lo tanto, son necesarios para que las funciones del organismo se desarrollen con normalidad, la mejor manera de obtenerlos es mediante la dieta. Este tipo de nutrientes tiene que ser

extraído durante el proceso de la digestión, de otra forma, sería expulsado si más por el organismo. Están presentes esencialmente en los lácteos y los derivados de lácteos, en semilla, hortalizas de hojas verdes, etc.

- **Microminerales:** Son fundamentales en pequeñas cantidades. Los microminerales deben ser proporcionados en óptimas concentraciones para el normal funcionamiento de los procesos bioquímicos en el cuerpo. Los más significativos son: Cobre, Yodo, Hierro, Manganeso, Cromo, Cobalto, Cinc y Selenio, minerales que son clave para el sistema enzimático que se encarga de eliminar los radicales libres del organismo (Cabrera et al., 2010).

Los macros y microminerales no deben ser administrados sin motivos que los justifiquen, debido a que muchos de ellos son tóxicos excediendo algunas cantidades. El sometimiento de una dieta nutritiva equilibrada contribuye a las cantidades requerida de estos minerales. La participación extra de minerales se debe justificar por orden médica.

3.5. PROPIEDADES FUNCIONALES Y QUÍMICAS DE LA SEMILLA DE *Carica papaya linn*

La *Carica papaya* contiene grandes cantidades de compuestos bioactivos y de valor nutracéutico, lo que proporciona beneficios potenciales para la salud (Nwofia et al., 2012). Al igual que otras frutas la *Carica papaya* es rica fuente de antioxidantes, los cuales tienen el efecto neutralizante de los radicales libres (Addai et al., 2016 y Ashgar et al., 2016).

Este fruto no es solamente delicioso, también se conoce que todas las partes de la planta, frutas, raíces, corteza, cáscara, semillas y pulpa, muestran excelentes efectos sobre la salud. Sus múltiples beneficios se deben a su alto contenido de vitaminas A, B Y C, y a enzimas proteolíticas que poseen propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales (Nwofia et al., 2012; Elgadir et al., 2014).

La *Carica papaya* puede ser utilizada para el tratamiento de muchas enfermedades tales como el estreñimiento, amenorrea, cáncer, prevención de úlceras, entre otros, de por lo que es estimada como una fruta con propiedades funcionales (Krishna et al., 2008; Ayoola y Adeyeye, 2010 y Aravind et al., 2013).

Las semillas de *Carica papaya* en diversas ocasiones es un sustituto de la pimienta por su sabor condimentado y picante, desde hace mucho tiempo se han utilizado las semillas como

un agente ablandador de carnes. Algunos nativos la han utilizado como antihelmíntico, principalmente para las ascariasis, tanto en humanos como en animales. En la india ha sido utilizada como anticonceptivo (Pradesh y Pradesh, 2013). El polvo de la semilla es considerado emenagogo y carminativo. Del mismo modo es un excelente auxiliar en la digestión. También utilizado como polvo dental y agente limpiador, exhibe un efecto curativo en contusiones abrasivas (Singh y Ali, 2011; Nayak et al., 2012).

Ettlinger y Hodgking en 1955 fueron los primeros que atribuyeron el sabor característico de las semillas de *Carica papaya* a la presencia de bencil isotiocianato, lo que consecutivamente fue demostrado por muchos investigadores más (Williams et al., 2013).

A pesar de los diferentes estudios realizados sobre las semillas de *Carica papaya*, resta aun por analizar con mayor profundidad sus propiedades funcionales para así designar un destino más adecuado a la semilla, como sería el complemento en la preparación de algunos alimentos para aumentar su calidad nutritiva y suministrar características sensoriales que los hagan un poco más gustosos al consumidor.

3.6. PRE – TRATAMIENTO DE LAS SEMILLAS

Consiste en realizar un tratamiento previo a las semillas y después ser sometidas a diferentes métodos de extracción con el propósito de mejorar el rendimiento en la obtención de aceite (Pantoja y Maldonado, 2012)

3.6.1. Limpieza

El primer paso a realizar antes de una extracción al aceite es la limpieza de las semillas, se manipulan en tambores rotatorios, con el objetivo de descartar residuos de tallos, hojas y otros desechos, al igual que la tierra y la suciedad. Cuando hay partículas de hierro se utilizan imanes electromagnéticos, situados en cintas transportadoras (Bailey, 2001).

3.6.2. Secado de las semillas

Para secar la materia prima, por lo general las semillas se ponen a exposición solar, este procedimiento es ejecutado con tres finalidades: facilitar a las semillas la plasticidad que necesitan para un eficiente prensado, para una insolubilizar los fosfatos y la eliminación de bacterias y mohos (Bailey, 2001).

3.6.3. Trituración de las semillas

La trituración proporciona facilidad en la extracción del aceite por prensado o ya sea por acción de disolventes. Pruebas experimentales han confirmado que las semillas trituradas muy finas facilitan la extracción por medio de disolventes, por lo que existe un pequeño recorrido entre el aceite y el disolvente dentro y fuera de la semilla (Bailey, 2001). El factor que normaliza la velocidad de extracción del aceite es la resistencia interna de las partículas a la difusión molecular del aceite y el disolvente. Para la trituración de las semillas se manipulan los molinos de martillos (en el caso de semillas oleaginosas), pero cuando se trata con semillas duras como las copras y babassú se utilizan los molinos de rodillos o molinos de fricción por discos, por ser económicos (Bailey, 2001).

3.7. PROCESO DE SECADO DE LAS SEMILLAS

El proceso de secado consiste en que el agua se elimina para contener el desarrollo de microorganismos dañinos, así como de algunas reacciones químicas. La eliminación del agua en los alimentos se logra mayoritariamente en la manipulación de aire caliente que se encarga de eliminar el agua de la superficie del producto y la transporta hacia la parte de afuera. El proceso de secado de alimentos aparte de afectar el contenido en agua, perturba otras características físicas y químicas. El secado artificial se desarrolla en secadores continuos de aire caliente, y se cataloga en secado mecánico a bajas temperaturas con aire natural levemente calentado; aunque puede secar a altas temperaturas en el cual se trabaja el lecho de fijos cruzados. Asimismo, el secado artificial se utiliza en combinación que manipula tanto bajas como altas temperaturas y el secado artificial es aireación (Martinello, 2015).

Hace años se ha examinado que los alimentos con gran contenido de humedad son los más precarios, de tal forma que el manejo de contenido en agua es una herramienta para su preservación. También se ha observado que algunos alimentos con el mismo nivel de humedad consiguen ser muy distintos en su permanencia por lo que se tiene en cuenta las interacciones del agua con distintos componentes del alimento.

En este sentido, al aumentar la estabilidad se relaciona con una depresión de la actividad del agua. De modo que este parámetro logra ser estimado como una medida indirecta de la disponibilidad del agua presente en el alimento para participar en las reacciones de deterioro o ya sea en el crecimiento microbiano. La separación de agua a manera de vapor desde la superficie del sólido obedece a condiciones externas de temperatura, flujo, área de la superficie del material exhibida, humedad del aire y presión mientras que el movimiento del

agua a través del sólido obedece de su composición física, temperatura y su porcentaje de humedad.

Son muchos los factores que deterioran el rendimiento de un secadero, asimismo la calidad del producto durante el proceso de secado. Los cambios físicos y químicos del alimento durante un proceso de secado logran desarrollar algunas características deseadas de los productos, aunque así mismo consigue reducir la cantidad de nutrientes y cambiar las propiedades organolépticas. Aunque, con un apropiado manejo, estas reacciones y cambios físicos pueden asegurar un alimento con un alto nivel de nutrientes y ampliar significativamente su vida comercial.

3.7.1. Tipos de secadores

Pueden clasificarse en secadores en donde los sólidos se hallan claramente expuestos a un gas caliente (generalmente aire), y secadores en los que el calor trasferido al sólido desde un medio externo (intercambiador de calor). Algunos de los secadores que se manejan en la industria son:

- **Secador de bandejas o armario**

Desarrollado por una cámara metálica rectangular que tiene algunos soportes móviles sobre los que apoyan los bastidores, cada uno con un número de bandejas poco profundas (10 – 100 mm de profundidad) en el que asignara el material a secar. El aire caliente circula y entra en las bandejas a través de ventiladores, estando anticipadamente calentado por medio de intercambio de calor, regularmente con tuberías por las que circula vapor de agua. Cuando las características de diseño lo permitan, las bandejas logran ser porosas con el fin de aumentar el área de contacto entre el sólido y el aire reduciendo así la permanencia del secado (Moran y Baca, 2018).

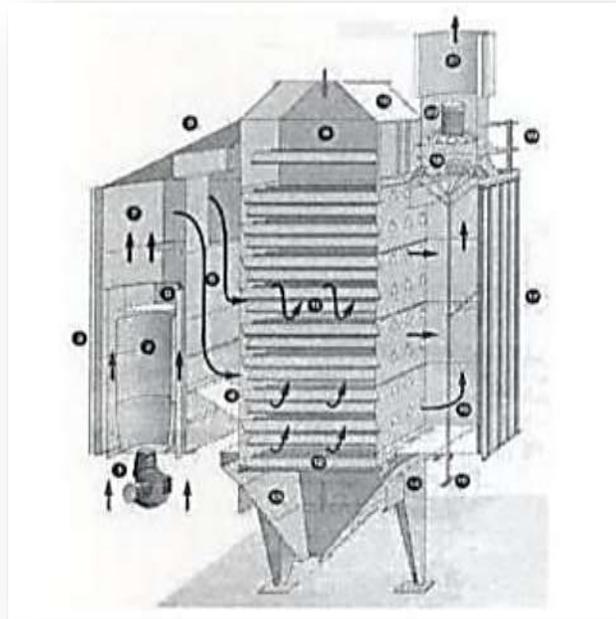


Figura 21. Secador de bandeja o de armario (Moran y Baca, 2018)

- **Secador rotatorio**

Secador de flujo continuo, tiene una cáscara cilíndrica que se mueve sobre sus soportes y trabaja con una leve inclinación relación a la horizontal. Su tamaño está en proporción con su diámetro variando entre 4 y 10 veces. El material que se adhiere avanza por gravedad en virtud de la rotación e inclinación, surgiendo secos por el extremo opuesto. Cuando avanzan los gases en sentido de la descarga, éstos ayudan al material a mejorar; pero asimismo logran ir en sentido contrario (Moran y Baca, 2018).

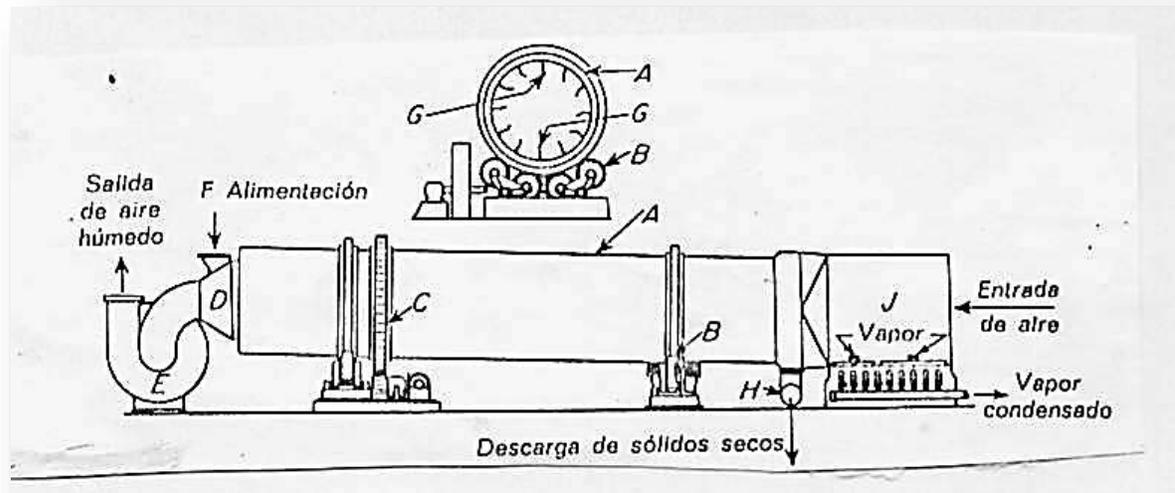


Figura 22. Secador rotatorio horizontal (Moran y Baca, 2018)

- **Secador de túnel**

Se parecen a los secadores de bandeja, pero tienen una funcionalidad semi – continua. Aquí las bandejas se cargan sobre carretillas que se transportan a lo largo del túnel de secado, con gases calientes que van sobre la superficie de cada bandeja con un flujo que alcanzaría ser a contracorriente, en combinación de ambos (Moran y Baca, 2018).

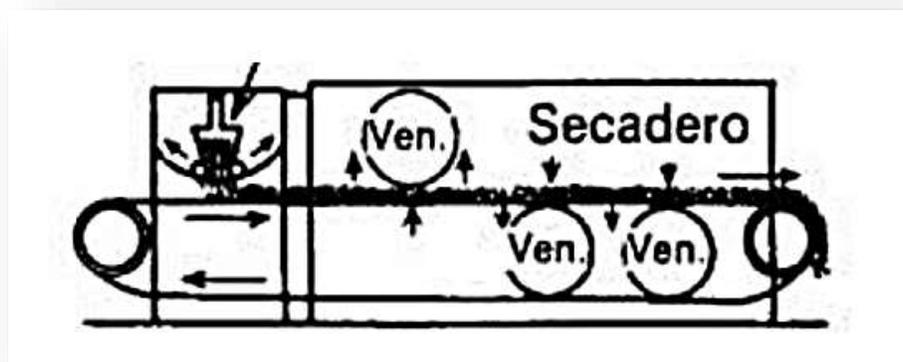


Figura 23. Secador de túnel (Moran y Baca, 2018).

- **Secador de tambor**

Los secadores de tambor son precisos con disoluciones diluidas y disoluciones concentradas de materiales muy solubles y partículas finas. No son convenientes en disoluciones de sales de solubilidad baja o suspensiones de sólidos abrasivos que precipitan y forman una presión enorme entre los tambores (Moran y Baca, 2018).

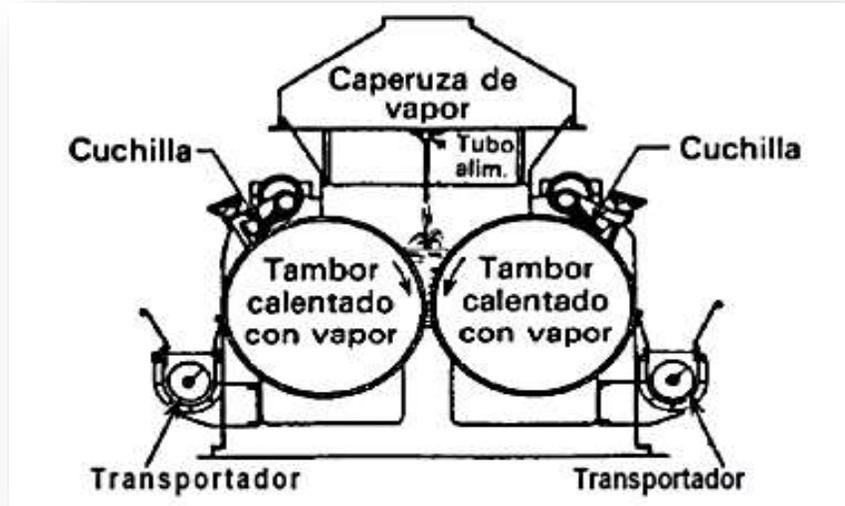


Figura 24. Secador de tambor (Moran y Baca, 2018).

- **Secadores de lecho fluidizado**

Los sólidos se presentan fluidizados por el gas de secado y en diferentes problemas de secado. Las partículas son fluidizadas con aire o gas, la transmisión de calor es muy rápido. La alimentación húmeda se implanta por la parte superior del lecho, el producto seco se descarta cerca del fondo. Los secadores de lecho presentan fluidizados separados y pasan en secuencia los sólidos. Reciben el nombre de secadores de flujo pistón y su tiempo de residencia es casi parecido para todas las partículas se pueden variar sus condiciones de una conducta a otra, y por lo general la última conducta esta fluidizada con gas frío, con el propósito de enfriar los sólidos antes de la descarga (Moran y Baca, 2018).

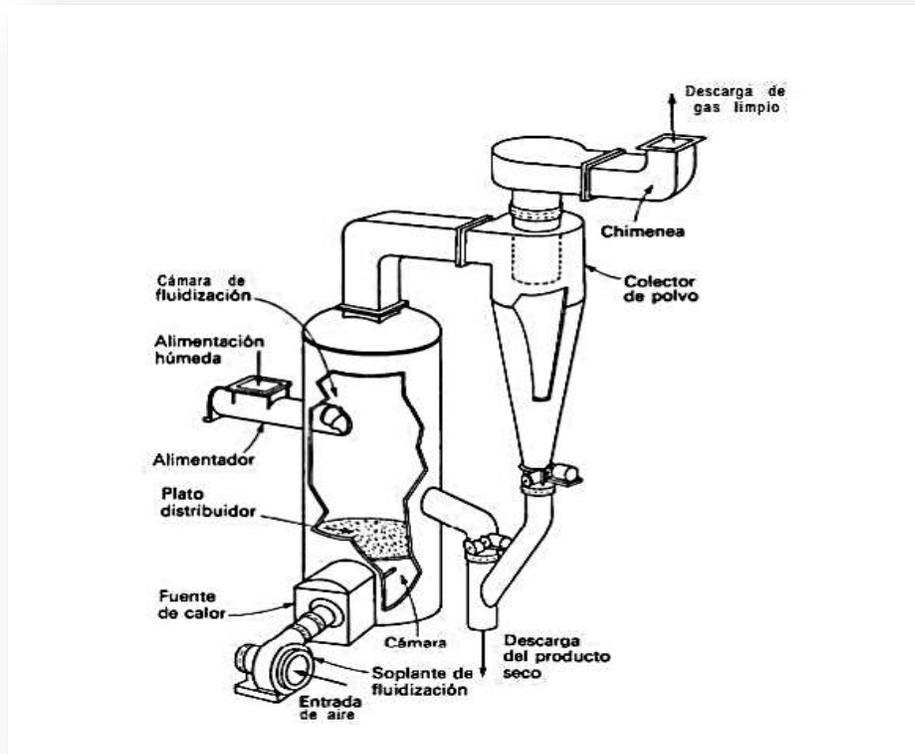


Figura 25. Secadores de lecho fluidizado (Jaramillo y Narváez, 2012)

3.8. ANÁLISIS PROXIMAL: DEFINICIÓN

El análisis proximal es una disciplina encargada del uso y estudio de los procedimientos analíticos con el fin de reconocer las características de los alimentos y de sus componentes, son factores que establecen las propiedades de los alimentos, asimismo, la capacidad para producir alimentos que sean lo suficientemente consistentemente seguros, nutritivos y anhelados para el consumidor (Fon et al., 2019).

Este es un análisis que también es conocido como el de Weende, se realiza en la materia prima y en el producto final como obligación para cuantificar los porcentajes de humedad, cenizas, extracto etéreo (grasa cruda), proteína total, fibra dietética y carbohidratos, los cuales son rentables para formar el valor nutricional que tiene cada alimento para de esta forma usar la manufactura según las descripciones que deben cumplir los alimentos procesados (Lucero, 2013).

Este análisis fue desarrollado en 1860 y con la mejora de la ciencia se ha definido la mayoría de los métodos manejados hace años, no es recomendable para el proceso de bases de datos nutricionales, es esencial al tomar en cuenta los conceptos aprovechados debido a que en la actualidad son los que predominan en el transcurso sobre la organización de alimentos y análisis. Con el análisis proximal no se asemejan compuestos químicos concretos, sino que consiste en aislar un orden de divisiones que exhiben algunas características frecuentes de solubilidad o insolubilidad en otros reactivos. Actualmente la demanda creciente de la producción de alimentos requiere de técnicas adecuadas para control y análisis, con el propósito de que estos procesamientos sean lo suficientemente precisos al momento de aplicarlos en los alimentos (Guevara y Hernández, 2015).

3.8.1. Análisis de Humedad

El análisis de humedad es la cantidad de agua que conserva un alimento, es uno de los métodos de gran uso en el procesamiento, control y preservación de alimentos, por lo que algunos productos conservan cierto contenido de agua. El contenido de humedad de un alimento es normalmente un índice de duración de los productos, por lo que consta de dependencia, entre el contenido de agua de los alimentos y la capacidad de deterioro. Es inevitable no diferenciar el contenido de agua que es un parámetro de calidad determinado en niveles superiores al 8% compensan el desarrollo de microorganismos. El secado en estufa de aire caliente para lo cual se pesa el alimento y se evapora la humedad total, posteriormente se pesa de nuevo y se consigue el efecto por diferencias, hay que resaltar que este es el método más usual. (Análisis de alimentos. Fundamentos y técnicas, 2013).

El proceso de deshidratación y concentración son ubicados primeramente con la intención que el contenido de agua en un alimento crezca simultáneamente la concentración de solutos y reducir de esta manera su alterabilidad, debido a que los altos contenidos de humedad apresuran procesos de degradación hidrolítica de los componentes de los alimentos. A lo que contribuye que el tiempo de almacenamiento del producto, de su proceso, del medio de empaque y de su preservación sean intervenidas por el contenido de humedad del producto. Su control de humedad viene siendo un factor determinante en varios procesos industriales como es el caso del molinado de cereales, la mezcla de productos solidos finos, la producción de pan, etc. En la valoración de muchos procesos industriales es de gran relevancia conocer el contenido de agua de los productos o materias primas para formular el producto y evaluar las pérdidas durante el procesamiento. Concretamente a manera de industria agrícola y de alimentos este tipo de parámetro de manera excesiva quizás logre generar productos maltratados (Austin et al., 2013).

- **Materiales y procedimiento**

Principio: La humedad se destituye por medio de aire caliente en circulación. La temperatura se regulariza para consumir un último secado y una pequeña pérdida de sustancias volátiles. Este procedimiento es indirecto para determinar humedad. (Ramírez, 2008).

Materiales y equipos

- Estufa con un sistema para el movimiento de aire caliente.
- Cápsulas de porcelana limpias, secas y taradas.
- Balanza de precisión con cuatro cifras decimales.

Procedimiento:

- Homogeneizar adecuadamente la muestra, posteriormente de reducir su tamaño solo es necesario.
- Pesar con exactitud entre 2 y 5 g en una cápsula adecuada, y ubicarla en la estufa a una temperatura entre 100 y 110°C.
- Secar durante 2 h.
- Retirar la cápsula, utilizando una pinza adecuada.
- Enfriar en desecador y pesar.
- Ubicar de nuevo la cápsula con su contenido, en el mismo sitio de la estufa que ocupó primeramente y secar por 30 min.
- Retirar, enfriar y pesar.
- Seguir el secado hasta peso constante. (La diferencia entre dos pesadas continuas nunca será mayor de 2 a 5 mg por cada 5 g de muestra) (Ramírez, 2008).

Cálculos de humedad

$$\%humedad = \frac{(peso\ total\ de\ humedad - peso\ de\ muestra\ seca)}{peso\ de\ muestra\ total} * 100 \quad (1)$$

$$100 - \%humedad = \% materia\ seca (MS) \quad (2)$$

3.8.2. Análisis de proteína cruda

Este es el nutriente más notable en la dieta, si se realiza de manera apropiada la evaluación de este parámetro nos permite controlar la calidad del alimento. Su determinación se ejecuta mediante el método de Kjeldahl que ajusta el aumento de nitrógeno total en la muestra para esto se realiza una digestión con H_2SO_4 para luego agregar NaOH o KOH y de esta manera proceder a una destilación con ácido bórico. Posteriormente a la destilación se consigue el resultado del aumento de nitrógeno orgánico e inorgánico y para saber el primer valor que necesitamos porque nos indica el valor correspondiente al de aminoácidos se debe multiplicar por un factor. (Análisis de alimentos. Fundamentos y técnicas, 2013).

La proteína cruda incluye solo la proteína o el núcleo proteico. Los componentes nitrogenados de un alimento incluyen proteínas, sales de amonio, y nitritos que se encuentran principalmente en la raíz y algunos cereales verdes (Ramírez, 2008).

- **Método de Kjeldhal**

Desde la industria del sistema proximal de análisis, los valores de las “proteínas crudas” se han calculado multiplicando el nitrógeno total (N) por un factor determinado. Este factor era en inicio 6.25, teniendo como base la hipótesis de que las proteínas mantenían un 16% de N_2 (FAO.org, 2015). Existen varios métodos para determinar la proteína tales como el método de Dumas, método Kjeldahl, método NIR, método Hach, el método más empleado es el método de Kjeldahl.

En 1883 el investigador danés Johann Kjeldahl desarrolló el método más usado para los estudios en proteínas (método Kjeldahl) a través de la determinación del nitrógeno orgánico. Esta muestra se adiciona en ácido sulfúrico y se calienta con el fin de que la materia carbonosa se libere en forma de CO_2 , los minerales se sulfaten y el nitrógeno se convierta en sulfato de amonio. Como catalizador se utiliza $CuSO_4$, pueden usarse sales de Hg, Zr, Se, aunque estos dos últimos poseen un elevado precio y el Hg es tóxico. El K_2SO_4 se usa como elevador de la temperatura de ebullición (no es catalizador), debido a que, por cada $10^\circ C$, la ligereza de la reacción se tiende a duplicar. Kjeldahl obtuvo algunas transformaciones, se utilizó permanganato de potasio para terminar el proceso de oxidación (digestión), aunque, no fueron los mejores resultados, por lo que este reactivo se eliminó. En 1885 Wilforth utilizando ácido sulfúrico y un catalizador logró acelerar el proceso de digestión. Gunning en 1889 decidió adicionar sulfato de potasio que eleva el punto de ebullición del ácido sulfúrico utilizado en la digestión para disminuir el tiempo de reacción. En la actualidad se

utiliza primordialmente sulfato de cobre penta-hidratado $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ como catalizador (Santiago, 2014).

- **Materiales y procedimiento**

Principio: Arranque del producto por ácido sulfúrico 96%, como catalizador cobre II sulfato y selenio, se forma el nitrógeno orgánico en iones amonio, que, en medio básico, admite la destilación de amoniaco, que es retirado sobre ácido bórico. La evaluación con ácido clorhídrico se fundamenta en calcular el aumento vigente de nitrógeno en la muestra (Ramírez, 2008).

Materiales y equipos

- Digestor y destilador Büchi
- Bureta con divisiones de 0,1
- Balanza analítica
- Manta calefactora
- Probetas de 50 ml
- Matraces de Kjeldhal
- Embudos de tallo largo
- Erlemneyer de 200 ml.

Procedimientos

1. Digestión o mineralización

- Pesar con exactitud 0.1 mg entre 100 – 300 mg de muestra y adicionarlos al matraz Kjeldahl y agregar unos granos de piedra pómez
- Añadir 4 g de catalizador (sulfato de potasio, oxido de selenio, 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre) y agitar de manera moderada
- Ubicar el matraz en el digestor e iniciar el proceso
- Programar las rampas de temperatura y tiempo (4), se verán cambios inmediatos
- El aparato tiene una trampa para el desprendimiento de gases que se crean en el proceso de la digestión y tienen que ser controlados para mejor facilidad de desecho
- Agitar en momentos el balón para obtener una mezcla uniforme
- El color de la muestra cada vez es más claro (es un proceso lento en los equipos automáticos debido al control de temperatura)

- La digestión es considerada terminada cuando la solución presenta un color claro (verde o amarillo)
- Apagar el digestor y la trompa de vacío y se deja enfriar la muestra hasta su temperatura ambiente, se adiciona con moderación 100 ml de agua destilada para su evaluación, disolviendo en movimientos moderados el potasio sulfato cristalizado (Ramírez, 2008).

En esta etapa la reacción que sucede es la siguiente:



Figura 26. Digestor Buchi (Gerhart, 2015).

2. Destilación

- Colocar el tubo con la muestra asimilada en el soporte del destilador
- Añadir de 30-40 ml de NaOH al 40%
- En un Erlenmeyer de 250 ml, adicionar 75 ml de ácido bórico al 4% y agregar 3 gotas del indicador mixto.
- Encajar en el Erlenmeyer, la alargadera del equipo de destilación y comenzar la destilación hasta obtener unos 100 ml de destilado.

- Lavar con agua destilada, la salida del condensador, quitar el Erlenmeyer de la plataforma con la solución a estudiar, para que no se succione (Ramírez, 2008).

En esta etapa la reacción es:



Figura 27. Destilador Buchi (Gerhardt, 2015).

3. Titulación:

Evaluar el borato de amonio con HCl 0,1 N, hasta cambiar a una coloración violeta. Verificar una prueba blanco, en la que se utilizan 5 ml de agua destilada para evaluar en vez de la muestra teniendo en cuenta el mismo procedimiento.

En esta etapa la reacción es:

Indicador mixto



Indicador mixto



Violeta

Cálculos de proteína cruda

$$\text{Nitrogeno (mg)} = 14 * \text{Volumen HCl (ml)} * \text{Normalidad HCl} \quad (3)$$

$$\%P = \frac{N(\text{mg})}{\text{Peso muestra (mg)}} * 100 * \text{factor proteico} \quad (4)$$

3.8.3. Análisis de extracto etéreo o grasa cruda

Las grasas son insolubles en agua, aunque solubles en alcohol (en éter de petróleo, hexano y solubilizan vitaminas, liposolubles, ceras, residuos, pigmentos solubles en grasas como clorofila etc.), análisis que se le denomina “Grasa cruda” y se recuenta al conjunto de ácidos grasos como lo son lecitinas, glicerol, lecitina, ácidos grasos libres, carotenoides, fosfolípidos, esteroides.

Solventes: La extracción se realiza con éter etílico anhidro (Punto de ebullición 34.6°C), éter de petróleo (Punto de ebullición 35 - 45°C) siendo este último el más selectivo con relación a lípidos, posee la forma de no ser afectado por trazas de humedad en la sustancia analizada y no se hidrata en el transcurso de la extracción, lo más notable a evaluar es el punto de ebullición en caso de que no deje residuos al evaporarse. El éter etílico es el disolvente más efectivo y también disuelve lípidos oxidados, el alcohol está en el proceso de extracción ya que la humedad y los alcoholes serían los encargados de diluir azúcares, independiente de que sean inflamables. La humedad es evidente debido a las manchas que quedan en el papel filtro al evaporarse (Ramírez, 2008).

Muestra: El éter adhiere rápidamente en los tejidos celulares estando ya secos pero lentamente cuando están húmedos, cuando la muestra contiene mucha humedad, el éter la

absorbe y se almacena en la tapa etérea de la cual no puede eliminarse sino por calentamiento lo que representa la descomposición del extracto, al no secar habrá resultados muy altos la muestra seca se pasa a un dedal bien dividida, en el caso de no ser posible es debido mezclar de 2 – 3 veces con arena. En algunos alimentos como lo son productos de panadería, huevos y alimentos que contienen levaduras no es posible extraer con éter la grasa que contienen, porque este no penetra o porque la grasa se ha combinado con otros constituyentes como proteínas o carbohidratos. El alimento se somete al calor con HCl para retirar la grasa con la intención de hidrolizar los almidones y proteínas. Para el caso de las levaduras debe calentarse aproximadamente dos horas con HCl a reflujo, seguidamente se filtra y se lava para retirar azúcares, se deja secar a temperatura ambiente y se realiza la extracción con éter (Ramírez, 2008).

- **Materiales y procedimientos**

Principio: La extracción de la grasa en la muestra anticipadamente secada, por intermedio de hexano o éter de petróleo. Dispersión de disolvente por evaporación, secado del residuo y seguidamente enfriamiento (Ramírez, 2008).

Materiales y equipos

- Extractor Soxhlet
- Dedales o papel de filtro
- Estufa eléctrica
- Desecador provisto de un desecante eficaz
- Balanza analítica
- Placa calefactora
- Rota evaporador
- Balón de 500ml

Procedimientos

1. Procedimiento usando un soxhlet:

- Pesar entre 3-5 g de muestra seca previamente homogeneizada.
- Colocar la muestra en un cartucho de papel de filtro y cubrir el extremo del cartucho con algodón.
- situar el cartucho con su contenido en la cámara central del aparato de soxhlet
- El balón del aparato Soxhlet, lavar, secar y enfriar en desecador
- Adicionar 70 ml de éter de petróleo en el balón y ajustar en el aparato Soxhlet.

- Extraer a reflujo durante 4-5 horas.
- Colocar el conjunto (balón y muestra) en una estufa a 100 -105 °C, con el propósito de evaporar los restos de solvente.
- Enfriar el balón y su contenido en desecador después pesarlo.
- Repetir el calentamiento y pesar hasta que la diferencia sea menor de 5 mg (Ramírez, 2008).

2. Procedimiento usando una unidad extractora con solventes:

- Después de pesada la muestra ubicarla en el dedal de la unidad.
- Añadir 70 ml de éter de petróleo en el vaso de la unidad extractora y ubicarlo en el plato de y encender la unidad.
- Disponer la unidad con el botón SET
- Iniciar la extracción con el botón START
- Colocar las llaves de forma vertical
- Al cabo de cada tiempo sonará el sistema
- La llave debe estar de forma horizontal cuando se presente el último tiempo
- Al finalizar abrir el sistema con la palanca
- Quitar los vasos de la placa de calentamiento (Ramírez, 2008).

Cálculos de extracto etéreo o grasa cruda

Cálculos Expresar el resultado en porcentaje de peso de grasa bruta en base seca y en base húmeda

$$\% \text{ Grasa Base Seca } (\%GBS) = \frac{P(b+g)-Pb}{Pm} * 100 \quad (5)$$

$$\% \text{ Grasa Base Húmeda } (\%GBH) = \% GBS * \frac{100-\%H}{100} * 100 \quad (6)$$

Donde:

- **P (b+g)** = Peso en g del balón más grasa
- **Pb** = Peso en g del balón.
- **Pm** = Peso en g de la muestra.
- **% H** = Porcentaje de humedad



Figura 28. Unidad extractora con solventes (Ramírez, 2008)

3.8.4. Análisis de ceniza

Se le llama ceniza total a toda la materia inorgánica que hace parte de la composición de los alimentos que incluyen a las sales minerales, están presentes como residuos después de la calcinación de los compuestos orgánicos de los alimentos. La temperatura tiene una función muy importante, ya que debe ser significativamente alta para que sea eliminada en su totalidad toda la materia orgánica, teniendo en cuenta que si la temperatura se excede los compuestos inorgánicos pueden sufrir variaciones o volatilizaciones. Todo alimento en su forma estructural contiene la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos incluyendo minerales, pero no es posible disponer como se presentan en los mismos debido a que al ser incinerados y eliminar toda la materia orgánica su origen natural puede cambiar (Banderas, 2012).

- **Materiales y procedimientos**

Principio: incineración de la muestra, en una temperatura que cede la calcinación de la materia orgánica, sin que suceda una pérdida de elementos minerales volátiles, hasta la obtención de cenizas libres de carbón (Ramírez, 2008).

Materiales y equipos

- Mufla
- Desecador
- Balanza analítica
- Crisol vycor
- El óxido de calcio (CaO) como agente deshidratante.

Procedimiento

- Homogeneizar adecuadamente la muestra, pesar con exactitud de 2 - 5 g, en una cápsula adecuada, anteriormente tarada.
- Ubicar la muestra en la puerta de la mufla (calentada anticipadamente) hasta que no se desprendan humos.
- Encajar la muestra al interior de la mufla e incinerarla entre 500° - 550°C hasta conseguir cenizas libres de carbón. En lo contrario, humedecer con agua e incinerar nuevamente.
- Retirar la cápsula, cubrir para evitar hidratación, enfriar en desecador y pesar (Ramírez, 2008).

Cálculos de ceniza

$$\% \text{Cenizas BH} = \frac{(\text{Peso cenizas+crisol}) - \text{Peso crisol} \times 100}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \quad (7)$$

$$\% \text{Cenizas BS} = \frac{\% \text{Cenizas BH}}{(100 - \%H)} * 100 \quad (8)$$

Donde:

- **BH:** Base húmeda
- **BS:** Base seca

3.8.5. Análisis de fibra cruda

La fibra se le conoce a toda sustancia que es de origen vegetal que no es consumible debido a que sobre ellas no actúan enzimas digestivas. Aunque en ciertos reportes no es considerada un nutriente, tiene una gran influencia en la salud por esta razón es necesaria su presencia en los alimentos. La función principal de la fibra en el organismo es disminuir significativamente el tránsito intestinal, eliminar el estreñimiento, la desventaja de la ingestión de fibra es que se pueden absorber minerales como hierro, cinc, entre otros, provocando así un desbalance en el cuerpo (Bandera, 2012).

Compone un índice de sustancias presentes en los alimentos de origen vegetal y se acomodan esencialmente por celulosa, lignina, hemicelulosa y pentosas junto con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas de las estructuras celulares de los vegetales. Se piensa que la fibra bruta se pierde en la incineración del residuo seco conseguido después de la digestión de las muestras con SO_4H_2 y NaOH 1.25% bajo condiciones concretas. El método no ha obtenido diferenciación desde su preámbulo en 1864 por los químicos agrícolas alemanes Van Soest y Wine del Agricultural Research Service los cuales han incrustado un nuevo concepto del significado de fibra bruta (Ramírez, 2008).

- **Materiales y procedimiento**

Principio: disolución de sustancias orgánicas, con excepción de celulosa, hemicelulosa y ligninas, mediante la acción de soluciones ácidas y alcalinas y sometiendo a reflujo y bajo condiciones específicas

Materiales y equipos

- Balanza analítica.
- Equipo de reflujo y filtración por succión
- Plancha con recipiente (calentamiento de las soluciones)
- Estufa, desecador, mufla.
- Filtro de vidrio con tamaño de poro adecuado.

Procedimiento:

- Pesar 1 g de la muestra seca y pasarla al filtro de vidrio del equipo, anticipadamente tarado.
- Añadir 100 ml de H_2SO_4 al 1,25%, calentar y agitar

- Llevar la muestra al equipo y digitar las condiciones adecuadas de temperatura y tiempo
- Solo si es necesario añadir un antiespumante como alcohol amílico y agitar
- Acabada la digestión ácida, activar la bomba de filtración, lavar con 100 ml de agua destilada caliente.
- Verificar el fin de la reacción ácida
- Añadir 100 ml de NaOH caliente al 1,25%
- Hervir nuevamente agitando como en el primer tratamiento
- Filtrar la solución caliente en el filtro de vidrio, primeramente, pesado
- Lavar el residuo insoluble con 150 ml de agua destilada caliente hasta que el líquido de los lavados no presente reacción alcalina evidenciada con papel indicador.
- Lavar con 25 ml de alcohol
- Secar en la estufa a 105°C
- Calcinar a 550°C y obtener cenizas claras y pesarlas (Ramírez, 2008).

Cálculos

$$\% \text{ Fibra BS} = \frac{(Pf+Pc)-Pc \times 100}{(100-\%H)} \times \frac{(100-\%G)}{100} \quad (9)$$

$$\% \text{ Fibra BH} = \% \text{ Fibra BS} \times \frac{(100-\%H)}{100} \quad (10)$$

Donde:

- **Pf + Pc** = Peso en g de la fibra + cenizas
- **Pc** = Peso en g de las cenizas
- **Pm** = Peso en g de la muestra
- **% G** = Porcentaje de grasa

3.8.6. Carbohidratos

Los carbohidratos son compuestos de carbono, hidrogeno y oxígeno su principal función es proporcionar energía al cuerpo. Los carbohidratos también proporcionan fibra, sustancia necesaria para una adecuada digestión (Moreng, 2013). Los carbohidratos han sido una de las principales fuentes energéticas de la alimentación humana por años. La cantidad mínima necesaria por el organismo para sustituir las necesidades de las células nerviosas, los glóbulos

rojos y la medula ósea es de alrededor aproximadamente 180 gramos diarios de los cuales el organismo sintetiza 130 gramos cada día, por los que el resto de 50 gramos deben ser proporcionados por la dieta. Es recomendable el 50 y el 60% de las calorías totales de la dieta que provienen de la oxidación de los carbohidratos. (Solis, 2006).

Método

Para la determinación de carbohidratos se utiliza un método indirecto, que consiste usualmente en determinar los carbohidratos por diferencia, teniendo en cuenta el contenido de proteínas y grasas. Este procedimiento se basa en el sistema llamado análisis proximal de Weende (Speight, 2015).

Cálculos de carbohidratos

$$\%CHO = 100\% - (\%proteínas + \%grasas + \%cenizas + \%agua) \quad (11)$$

3.9. ESTUDIOS REPORTADOS DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LA SEMILLA Y TORTA DE *Carica papaya* lin

- (Molina, 2011) en su estudio “Evaluación de las características nutricionales y microbiológicas de la papaya (*Carica papaya* Linn) Deshidratada con la levadura *Candida guilliermondii*” determinó los diferentes parámetros de los que consta el análisis proximal de la semilla de *Carica papaya*, en los cuales presenta los resultados obtenidos de cada parámetro: Al iniciar el proceso de aplicación de la levadura, la *Carica papaya* presento una humedad de 90,76% al tercer día la humedad bajo a 72,33%, para el día 6 la humedad estaba en un 16,75% y al finalizar la humedad de la *Carica papaya* fue de 11,96%. Algunos estudios han presentado resultados hasta de un 4% de humedad en la *Carica papaya* deshidratada mediante atomización; por tanto se presume que la pérdida de peso de la *Carica papaya* con *C. guilliermondii* ocurrió debido a que esta levadura pudo haber producido algunos metabolitos como cierto tipo de alcoholes, los cuales podrían haber alterado la fluidez en las membranas de las células de la *Carica papaya* lo que pudo haber ocasionado la alteración en la interacción de lípidos y proteínas debido a que el alcohol tiende a desplazar el agua presente provocando una deshidratación celular (Elvir, 2005).

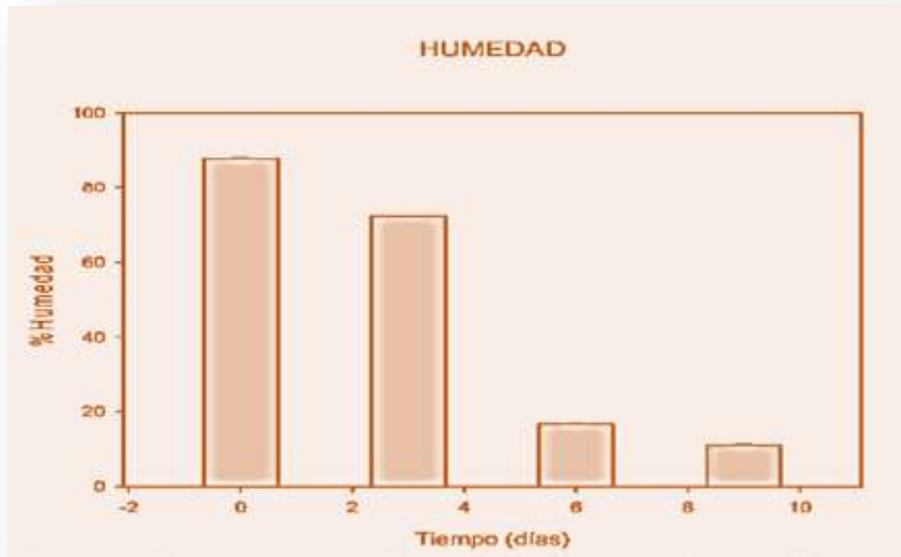


Figura 29. Humedad de *Carica papaya linn* tratada con *C. guilliermondii* durante el proceso de deshidratación (Molina, 2011)

En el contenido de cenizas al iniciar el proceso de deshidratación con *C. guilliermondii* fue de 1,06%, al tercer día de proceso 1,14% en el sexto día las cenizas estaban en 1,33% y al finalizar en 1,39%. El análisis de cenizas se caracteriza por minerales importantes para la alimentación como hierro, magnesio, potasio, fosforo y calcio, cuando se realiza la incineración de una muestra el contenido de materia orgánica se arruina suministrando un inicio a nuevos compuestos que presentan un ligero aumento en el porcentaje de ceniza (Molina, 2011).

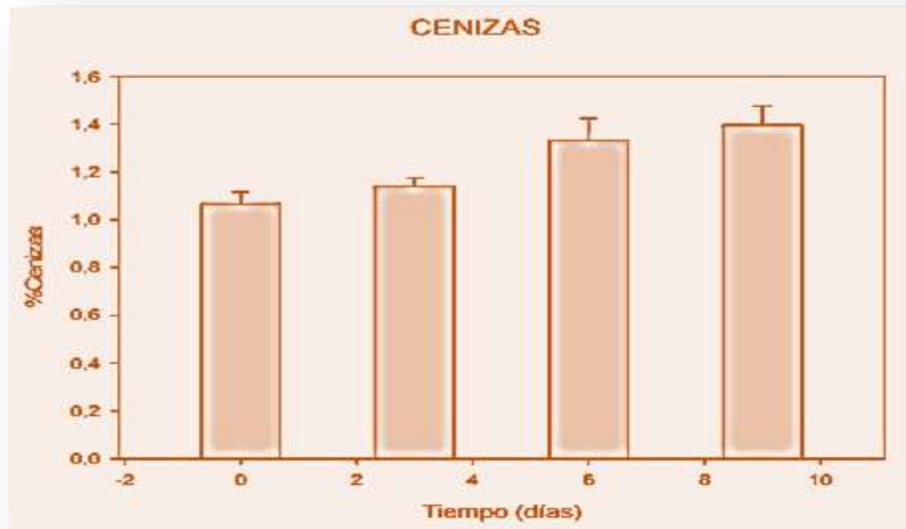


Figura 30. Cenizas obtenidas durante el proceso de deshidratación *Carica papaya linn* con *Cándida guilliermondii* (Molina, 2011).

Al iniciar el tratamiento con *C. guilliermondii* presento un porcentaje de extracto de grasa al 0,13% y tuvo el igual comportamiento mediante el proceso. El extracto de grasa contiene sustancias como fosfolípidos, glicéridos, esteroides, 21 ácidos grasos libres pigmentos carotenoides y vitaminas liposolubles. En su estudio (Valencia et al., 2002), hallaron que los valores de grasa aumentaron, debido a que el proceso de atomización aumenta la concentración de solutos, lo cual produce un aumento de nutrientes en las muestras atomizadas; aunque la concentración de grasa al finalizar la atomización fue de 0,4%. Dado que la *Carica papaya* no se sometió a ningún proceso de deshidratación exhaustiva, se podría decir que el contenido de grasa en la *Carica papaya* forma parte de los carotenos antecesores de la provitamina A (vitamina liposoluble).



Figura 31. Extracto etéreo o grasa de *Carica papaya linn* obtenida durante el proceso de deshidratación con *Cándida guilliermondii*. (Molina, 2011).

En las proteínas su porcentaje fue de 0,28%, al tercer día fue de 0,33%, al sexto día fue de 0,35% y finalizó con 0,37%. Al respecto (Valencia et al., 2002) obtuvieron al final de la atomización un porcentaje de 0,37% después de haber iniciado con un porcentaje de 0,25%. Debido a que en este proceso aumenta la concentración de solutos lo cual involucra un mayor contenido de nutrientes. El aumento del contenido de proteína total pudo fluir por el uso de *cándida guilliermondii*, ya que la pared de las levaduras, así como muchos de los organelos de esta, están formados principalmente por proteínas (Chaves, 2007).

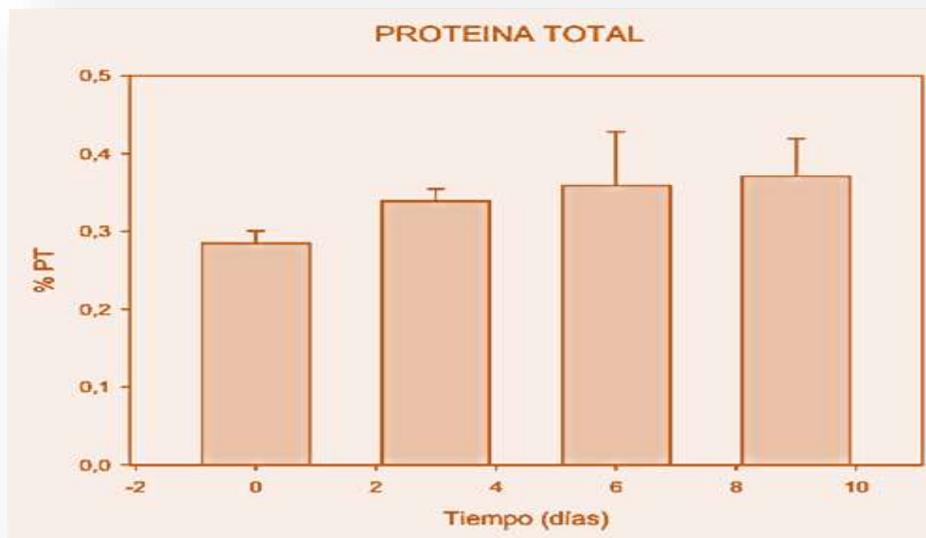


Figura 32. Proteína total durante la deshidratación de *Carica papaya linn* tratada con *C. guilliermondii*. (Molina, 2011).

Los resultados del porcentaje de fibra durante el tratamiento fueron los siguientes, el primer día el porcentaje de fibra fue de 1,14%, al tercer día fue de 1,24%, para el sexto día el resultado obtenido fue de 1,22% y al finalizar el resultado fue de 1,26%. Al respecto (Valencia et al., 2002) encontraron un aumento en los valores de fibra para la *Carica papaya* atomizada ya que este proceso aumenta la cantidad de nutrientes en un alimento. El aumento pudo deberse en parte a que la pared celular del género *Cándida* contiene manoquitina una hemicelulosa, que es un heteropolisacarido corto ramificado (Flanzy, 2003).

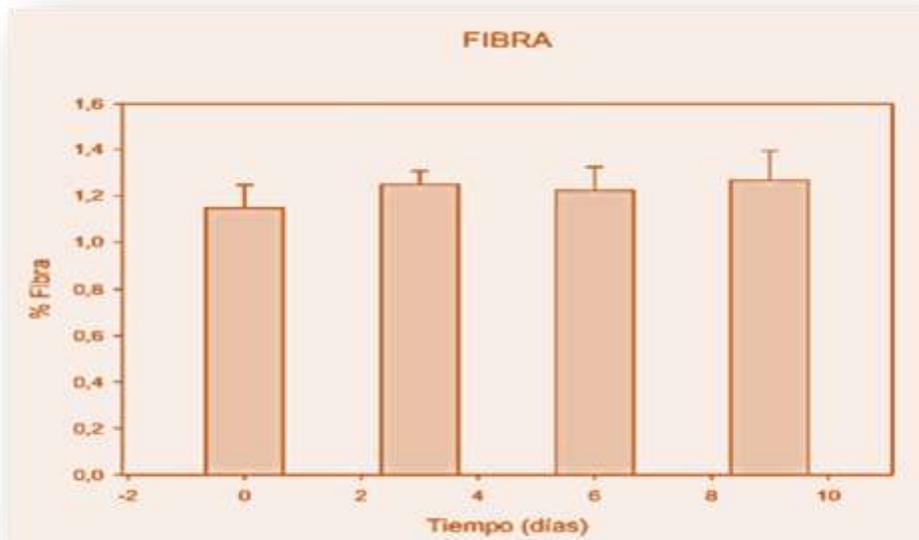


Figura 33. Fibra obtenida durante el proceso de deshidratación de *Carica papaya linn* con *cándida guilliermondii* (Molina, 2011)

En el tratamiento la cantidad de carbohidratos eran de 9,38, para el tercer día estaban en 24,79, al sexto día estaban en 80,23 y finalmente para el día 9 los carbohidratos se incrementaron al 85,7. Este conjunto incluye compuestos que se dan a partir azúcares simples mono y disacáridos (glucosa y sacarosa) inclusive los más complejos (celulosa, y almidón). Los resultados manifiestan un aumento de carbohidratos debido a que el proceso de deshidratación lo busca es eliminar gran parte del agua disponible en el alimento, (Monsalve, 2007) razón por la cual muchos de los macro nutrientes se agrupan y por eso aumentan proporcionando como resultado el sabor de la dulce fruta. Al respecto (Valencia et al., 2002) encontraron que al atomizar la *Carica papaya* los carbohidratos aumentaron de 4, 68% a 80,36% esto se debe a que los azúcares se benefician por el pH ácido de la planta el cual está entre 4,4 y 5,6. Lo que puede expresar de alguna manera el aumento de los carbohidratos.

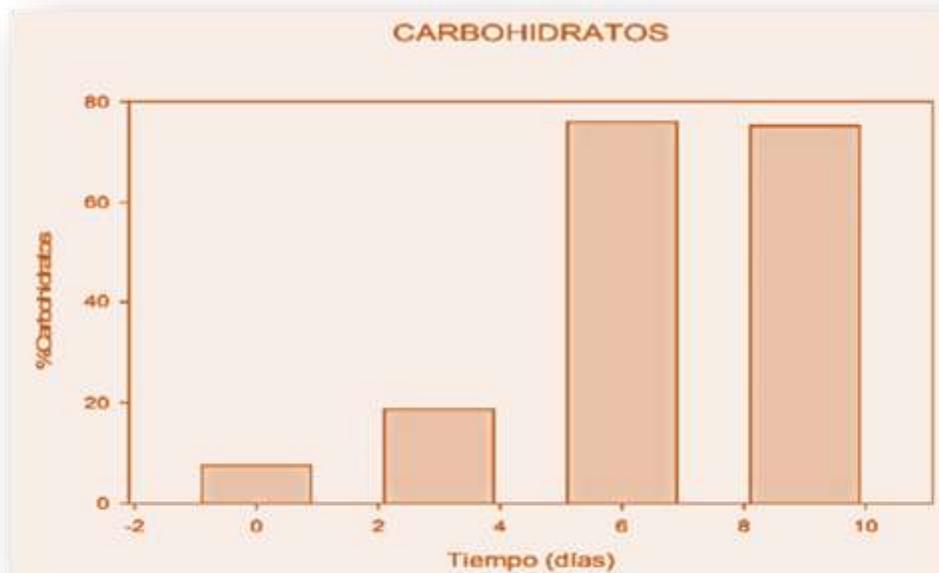


Figura 34. Variación del porcentaje de Carbohidratos durante la deshidratación de *Carica papaya linn* con *C. guilliermondii*. (Molina, 2011).

- (Alpizar, 2019) según su estudio “ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya linn*) HÍBRIDO POCOCÍ”. En el que se analiza la composición básica determinada por ensayos químicos tales como la humedad, proteína, lípidos, carbohidratos, entre otros. Lo que es llamado análisis próximo o proximal (Speight, 2015), donde comúnmente se establecen los carbohidratos por diferencia. (Alpizar, 2019) cito varias fuentes de la literatura para las semillas de *Carica papaya* donde muestran sus resultados de análisis proximal, los autores citados (Malacrida et al., 2011 y Bouanga et al., 2011) reducen el contenido de humedad de la semilla a menos del 10% antes de realizar el análisis, por lo que resaltan que la humedad no es la de una semilla recién obtenida del fruto, que tiene una humedad superior al 70% (base húmeda).

Tabla 2. Análisis próximo de *Carica papaya linn*

A. (Malacrida et al., 2011) y B. (Bouanga et al., 2011)

Componente	A	B
	Valor (g/100 g de materia)	
Humedad	6,43 ± 0,12	6,8 ± 0,1
Lípidos	29,16 ± 0,88	31,13 ± 0,24
Proteína	25,63 ± 0,29	26,78 ± 0,42
Fibra	30,51	21,4 ± 0,17
Carbohidratos	30,51	10,69
Cenizas	8,27 ± 0,01	3,2 ± 0,12

Como se logra ver existe un gran contenido de lípidos en la semilla de *Carica papaya*, resaltando en todos los argumentos conseguidos el 25% (en base seca). Este valor es relativamente alto comparado con el de otros frutos, tales como peras (14,1%), manzanas (19% a 23%), uvas (12% a 22%). También, es interesante comparar el valor con otras semillas oleaginosas de uso extendido como la soya (9,72% a 19,5%) (Ari et al., 2012) o la oliva (31% a 59%) (Aparicio y Harwood, 2013). Todos los valores mostrados se refieren a contenido de lípidos en base seca. En la semilla de *Carica papaya*, los lípidos y proteínas se encuentran mayoritariamente dentro del endospermo, almacenados en los oleosomas y los granos de aleurona, respectivamente (Gil y Miranda, 2008).

En este estudio (Alpízar, 2019) resalto que antes de efectuar la extracción del aceite de las semillas, realizó la operación de secado. El secado de las semillas de *Carica papaya* permite el almacenamiento de las semillas para su posterior extracción e impedir que la humedad incite que la materia prima se deteriore por acción biológica. Dado que la semilla se puede secar tanto con su sarcotesta como sin ella, se realizaron pruebas de secado para poder analizar el comportamiento en ambos casos, y determinar si la separación de sarcotesta sería de provecho, siempre que se logre dar con un método industrial sencillo para realizarlo.

Inicialmente se utilizó una temperatura de 50°C con esta temperatura, el equipo (balanza de secado Ohaus MB35) tardó entre seis y ocho horas en eliminar la humedad en la semilla con sarcotesta. A partir de estos resultados preliminares se realizó una revisión en la literatura y se encontró que (Chielle et al., 2016), indica que una temperatura de 70°C provoca una maximización del rendimiento de aceite extraído en la fase posterior (extracción de Soxhlet), y al mismo tiempo se obtiene un aceite de buenas características con base en el perfil de ácidos grasos. La sarcotesta podría poseer un contenido de fibra y proteína significativas, una vez acabado el proceso de extracción. Además de esto, la sarcotesta contiene compuestos fenólicos (Tokuhisa et al., 2007), los cuales se correlacionan con la estabilidad oxidativa y actividad antioxidante, que podrían tener un efecto importante en las propiedades de los extractos de la semilla de *Carica papaya* (Maisarah et al., 2013). Por otro lado, se ha observado durante las pruebas de este estudio, que no remover la sarcotesta puede atraer insectos y plagas hacia el lugar de almacenamiento si este no está bien resguardado.

Tabla 3. Composición en base seca del endosperma y sarcotesta de la semilla de *Carica papaya linn* (Alpízar, 2019).

Componente	Endospermo	Sarcotesta
	Valor (g/100 g de materia)	
Grasa	60,41 ± 0,84	---
Proteína	20,49 ± 0,79	30,54 ± 1,02
Fibra Cruda	2,30 ± 0,04	58,42 ± 1,05
Carbohidratos	12,72	---
Cenizas	4,08 ± 0,07	11,04 ± 0,18

En conclusión (Alpízar, 2019) señaló que es mejor no remover la sarcotesta, por el costo técnico y económico que implica la operación a gran escala, aunque en pequeña escala puede ser viable.

- (Fatombi et al., 2019) en su investigación sobre la “Caracterización y aplicación de polisacárido soluble en álcali de semillas de *Carica papaya* para la eliminación de tintes índigo carmín y rojo Congo de soluciones simples y binarias”. Estudiaron la adsorción de tintes rojo Congo (CR) e índigo carmín (IC) por polisacárido soluble en álcali (ASP) extraído de *Carica papaya*. Las semillas se estudiaron en mezclas simples y binarias. Las semillas de *Carica papaya*, tienen algunas propiedades beneficiosas atribuidas principalmente a su contenido en compuestos de alto valor agregado. Se informa que las semillas contienen 27,8% de proteínas, 28,3% de aceite graso, 11,67% de carbohidratos totales y 22,6% de fibra cruda.

En consecuencia, varios estudios han informado del uso de las semillas de *Carica papaya* en medicina (Aravind et al., 2013) y como adsorbentes de colorantes, metales pesados y eliminación de turbidez de las aguas residuales (Unnisal y Zainab, 2018, Weber et al., 2014 y Garba et al., 2016). Sin embargo, la mayoría de los estudios publicados se relacionaron con semillas de *Carica papaya* crudas. La aplicación de residuos agrícolas sin tratar como adsorbentes también puede traer una menor capacidad de adsorción. Por tanto, la modificación química de los residuos vegetales podría incrementar su capacidad de adsorción. Recientemente, la aplicación de adsorbentes a base de polisacáridos ha atraído un interés considerable atribuyéndose a su eficacia de adsorción, rendimiento, alta biodegradabilidad y grupos multifuncionales añadidos con facilidad en la modificación química (Zhang et al., 2018 y Wang et al., 2018).

Este estudio se centró en la evaluación de la eficacia del polisacárido soluble en álcali (ASP) extraído de las semillas de *Carica papaya* para eliminar eficazmente los tintes aniónicos CR e IC de soluciones simples y binarias.

- **Análisis próximo**

El análisis químico próximo de ASP se realizó utilizando los procedimientos estándar. El contenido de humedad se obtuvo usando un horno a 105°C hasta que se alcanzó el peso constante. Luego, el lípido se extrajo usando el método de extracción Soxhlet con ciclohexano como solvente. Las proteínas y los carbohidratos totales se determinaron mediante el método de Biuret según lo informado por Gornall en 1949 y utilizando el método de fenol-ácido sulfúrico respectivamente.

- **Composición próxima**

La Tabla 5. Resume la composición próxima de ASP. Se encontró que el nivel total de carbohidratos era del 36,72%, mientras que el contenido de proteína, lípidos y humedad era del 16,30, 25,08 y 3,29% respectivamente. Los valores obtenidos son en general menores que los reportados por (Parni y Verna, 2014) excepto el nivel total de carbohidratos. Estos autores obtuvieron 26,8%, 28,99%, 29,16% y 6,20% para el total de carbohidratos, proteínas, lípidos y humedad, respectivamente. La modificación química aplicada a las semillas de *Carica papaya* mejoró el nivel total de carbohidratos de su extracto.

Tabla 4. Composiciones próximas y parámetros texturales de ASP.

Componente	ASP (polisacárido soluble en álcali)
	Área APUESTA (m ² / g)
Humedad	36,72 ± 2,30
Proteína	3,8
Lípido	3,29 ± 0,10
Carbohidratos	16,30 ± 0,20

- (Khairul et al., 2015) en su revisión del estudio “Fitoquímicos de la *Carica papaya* y sus usos sanitarios y culinarios tradicionales: una revisión” se encargan de revisar la situación actual sobre la composición fitoquímica y la preparación de alimentos culinarios tradicionales no accidentales y los usos saludables de la *Carica papaya*. Se han usado como tratamientos sanitarios diferentes partes de plantas como frutas, hojas, semillas, raíces, corteza y flores. El interés científico reciente se ha centrado en el potencial para la salud de los fitoquímicos de los alimentos vegetales. Las plantas contienen una gran variedad de metabolitos secundarios comúnmente etiquetados como fitoquímicos. Se presume que la mayoría de los fitoquímicos naturales que se encuentran en los alimentos vegetales son seguros debido a un historial de consumo. A pesar de los usos variados de la planta de *Carica papaya*, generalmente hay poca información sobre la variación de fitoquímicos

(incluyendo vitaminas y provitaminas) o bioactividades específicas por cultivo, ubicación, parte de la planta, madurez o formas de la *Carica papaya*.

Tabla 5. Composición próxima: Pulpa madura (Tripathi et al., 2011), Hojas (Nwofia et al., 2012) y Semillas de *Carica papaya linn* (Dakare et al., 2011).

Componentes	Pulpa madura	Hojas	Semillas
	(g/100 g)	(g/100 g)	(g/100 g)
Humedad	87,1 – 87,7	81,2 – 85,2	4,93 – 6,2
Lípidos	<0,1 – 0,2	1,3 – 2,9	28,3 – 60,1
Proteína	0,7 – 0,8	5,8 – 10,8	27,8 – 30,5
Fibra	0,6	11,4 – 13,2	22,6 – 60,7
Carbohidratos	---	72,6 – 78,2	6,2 – 14,6

Se informó que la semilla de *Carica papaya* tenía 8.2-12.9, 0.2-0.3, 0.05-0.07, 0.03-0.07 y 0.03-0.04 mg / 100 g FW de AA, niacina, tiamina, riboflavina y β -caroteno, respectivamente (Nwofia et al., 2012). Aunque hay pocos datos sobre semillas para la comparación, el contenido informado de AA y niacina de la semilla de *Carica papaya* es menor en comparación con otras especias de semillas como el cilantro, la alcaravea y el apio, con valores que van de 17 a 21 y de 2,1 a 4,6 mg / 100 g FW. , respectivamente (USDA, 2014). El contenido de otras vitaminas como tiamina y riboflavina (Nwofia et al., 2012) es similar a otras especias de semillas como cilantro, mostaza y orégano (USDA, 2014).

BITC es el compuesto predominante en los extractos de semillas de *Carica papaya*, independientemente del cultivar (Williams et al., 2013). BITC en la semilla posee propiedades antihelmínticas que se han utilizado con éxito contra los parásitos intestinales. La actividad antihelmíntica de la semilla de *Carica papaya* se ha atribuido principalmente al alcaloide carpaína y carpasemina (Saran y Choudhary, 2013).

De los anteriores estudios que comprenden la composición de esta materia prima, podemos resaltar la importancia y aplicabilidad del análisis proximal debido al cual podemos conocer el valor energético y el estado general de los alimentos.

4. CAPÍTULO III: UTILIDADES Y BENEFICIOS DE LA SEMILLA DE *Carica papaya linn* EN FAVOR DEL MEDIO AMBIENTE

4.1. MEDIO AMBIENTE: DEFINICIÓN

Medio Ambiente, es un vínculo de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que completan la estrecha capa de la Tierra denominada biosfera, soporte y hogar de los seres vivos. (Flores, 2003).

Por medio ambiente se puede comprender todo lo que encierra al ser humano. En los años 70 la Comisión de la ONU para el Medio Ambiente y el Desarrollo estableció que el camino que había tomado la sociedad estropeaba el medio ambiente, a la vez que sumergía en la pobreza a una mayor parte de la misma (Romo, Guerrero y Moya, 2013).

4.1.1. Constituyentes del medio ambiente

La atmósfera, que preserva a la Tierra de la radiación ultravioleta y permite la coexistencia de vida es una mezcla de gases. Los dos gases principales de la atmósfera son el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%). El 1% restante lo conforma una serie de gases como el argón, neón, helio, xenón, ozono y los gases de efecto invernadero de los cuales los más importantes son: Dióxido de carbono (CO₂) (Molina, 2013), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), según la Agencia de Protección Ambiental (EPA). El Sol es la vital fuente de energía para los procesos en el sistema tierra, atmósfera y océano, más del 99.9 % de la energía que este sistema adsorbe proviene del Sol. La superficie de la Tierra, suelos y océanos, al igual que la atmósfera, absorben energía solar y la re-irradian en manera de calor en todos los sentidos. El agua dulce de los ríos, los lagos, las lagunas subterráneas y la humedad atmosférica y del suelo.

El suelo es el estrecho manto de materia que sostiene la vida terrestre. Es fruto de la interacción del clima y de esencia rocosa, como las morrenas glaciares, las rocas sedimentarias y la vegetación. De todos ellos dependen los organismos vivos, incluso los seres humanos. Las plantas se nutren del agua, del dióxido de carbono y de luz solar para convertir materias primas en carbohidratos a través de la fotosíntesis; la vida animal, al mismo tiempo depende de las plantas en una serie de vínculos relacionados conocidos como red trófica. Los problemas ambientales afines al suelo tienen que ver con que la sociedad los maneja de una manera tal de no tener en cuenta las funciones que cumplen en el proceso,

anteponiendo las actividades que causan ganancias en dinero por encima del sustento de la biodiversidad y labor de los ecosistemas, porque se privilegian los beneficios presentes en deterioro de los beneficios futuros y por contaminación del suelo (Legislación ambiental, 2014).

Los gases que constituyen la atmosfera:

Principales

- **Nitrógeno (78%)**

El nitrógeno (N) está presente en la atmósfera, en la hidrósfera y en la litósfera, es un nutriente esencial para los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas de las plantas y es totalmente volátil por calcinación (Salcedo, 2016).

En la naturaleza se presentan dos principales reservas de N para las plantas. La primera es la atmósfera, en la cual el 78% del aire es N. Este N se encuentra en forma molecular (N_2), la otra reserva importante de N es la materia orgánica del suelo (MOS). Del total del N que hay en el suelo, cerca del 98% se halla en forma de compuestos orgánicos, dependiendo de su contenido de materia orgánica.

El nitrógeno es el elemento con mayor probabilidad de restringir el crecimiento de las plantas, ya que intercede en la formación de aminoácidos y proteínas y estos a su vez intervienen en el crecimiento de los diversos órganos de la planta aumentando la superficie foliar y la masa protoplasmática (Salcedo, 2016).

- **Oxígeno (21%)**

El Oxígeno es un elemento químico de mucho interés por ser el elemento fundamental en los procesos de respiración de la mayor parte de las células vivas y en los procesos de combustión. Es el elemento más abundante en la corteza terrestre, conformando el 49,2 % de su masa y es uno de los componentes de los océanos de la Tierra (88,8 % de su masa) (Avecillas, 2014).

Es segundo componente gaseoso más abundante en la atmosfera terrestre y esto se debe a su presencia de un 20,8% de su volumen y el 23,1% de su masa. El oxígeno se presenta como un gas inodoro, incoloro que se condensa en un líquido azul claro. La mayor solubilidad

del O₂ se presenta a baja temperatura y posee implicaciones significativas para la vida marina, ya que los océanos polares mantienen una densidad de vida mucho mayor debido a su contenido superior de oxígeno. La cantidad de oxígeno en el agua se puede notar mínima debido a la contaminación hídrica, a la acción de la descomposición de las algas y otros biomateriales por un proceso llamado eutrofización. Los científicos evalúan este aspecto de la calidad del agua mediante la medición de su demanda biológica de oxígeno, o ya sea la cantidad de O₂ necesaria para restaurar la concentración normal (Avecillas, 2014).

- **Argón**

El argón es por mucho el más abundante de los gases nobles, es un gas monoatómico, químicamente inactivo, constituyendo casi un 1% del aire que respiramos, razón por la cual fue el primero en aislarse y es el más empleado de todos (Gasque, 2018). No tiene color, sabor, olor, no es corrosivo y no es inflamable. Es clasificado como gas inerte. No es tóxico, pero puede llegar a producir asfixia al diluir la concentración de oxígeno en el aire a niveles mínimos a los requeridos para la vida.

El Argón es obtenido por destilación fraccionada del aire líquido. En su exposición productiva, es producto de la separación del aire, donde la licuefacción y la destilación producen un grado de baja pureza, de donde el Oxígeno es movido por una composición catalítica con el Hidrógeno, produciendo agua. El argón lo utilizan como gas inerte, en procesos donde el nitrógeno reacciona en el caso de elaboración de metales que en elevadas temperaturas producen nitruros, principalmente el aluminio, magnesio y titanio. El argón por ser el más abundante y económico de los gases nobles se utiliza como aislante térmico en las ventanas de doble vidrio, ampliamente utilizadas en los países con climas extremos (Gasque, 2018).

- **Neón**

El Neón es un elemento muy insuficiente en la tierra, ya que difícilmente constituye el 0.00182% de la atmósfera. Se obtiene de la licuefacción y destilación fragmentada del aire. El neón es conocido principalmente por su uso en anuncios luminosos. El ingeniero francés Georges Claude fue el primero en causar la “luz de neón” a inicios del siglo XX, utilizando una descarga en un tubo sellado lleno de este gas. El color rojo de la luz que originaban estos tubos, los hacía escaso para la iluminación común, pero la idea de Claude, de utilizarlos en anuncios publicitarios y fue tan buena que hasta el día de hoy son muy aprovechados para este fin. Al mezclar neón con otros gases nobles y/o mercurio, y utilizando varios recubrimientos fluorescentes sobre el vidrio, en la actualidad pueden producirse “luces de neón” de hasta 150 colores distintos (Gasque, 2018).

- **Helio**

El helio es un elemento que se genera en las estrellas, siendo el segundo elemento después del hidrógeno más abundante en el Universo y compone un 7% de la materia total en él. Sin embargo, en la Tierra es tan escaso, tanto que no fue descubierto aquí y es el único elemento que se descubrió fuera de ella. Lo revelaron Pierre Janssen y Joseph Norman Lockyer observando cada uno, de forma independiente, el espectro del Sol en 1868, razón por la cual le proporcionaron ese nombre. No fue sino hasta 1895 que Sir William Ramsey manifestó que hay helio en la Tierra, al identificar en un mineral de uranio una línea espectral idéntica a la observada en el espectro solar. Más tarde se halló como un componente de la atmósfera terrestre, con una cantidad de escasamente 0.00052%. Esta escasez en la atmósfera se debe a que, a semejanza con el hidrógeno, el helio es tan ligero que la gravedad terrestre no alcanza a atraparlo (Gasque, 2018).

El helio es menos reactivo de todos, a diferencia del hidrógeno que se combina casi con todos los elementos de la tabla periódica. Es el más inerte de los gases nobles (helio, neón, argón, kriptón, xenón y radón) por lo cual no se conoce ni un solo compuesto de helio y no hay expectativa alguna en el futuro. Los átomos de helio son tan indóciles a interactuar con otros, tanto que este elemento es el único que no se puede tener en estado sólido, es decir, que sus átomos ni siquiera se asocian entre sí con suficiente intensidad como para formar un sólido. El helio líquido es manipulado como refrigerante para sistemas de enfriamiento, como en el caso de los imanes superconductores que logran funcionar los aparatos de resonancia magnética nuclear utilizados hoy por hoy como equipo de diagnóstico; por eso es que los principales consumidores de helio son los grandes hospitales y esto es debido al bajo punto de ebullición del helio (Gasque, 2018).

- **Xenón**

Debido a su escasez y alto precio, son ciertamente pocas las aplicaciones del xenón. Se emplea en la fabricación de lámparas de muy alta intensidad, como los de los aviones o las pistas de aterrizaje. Tal vez lo más interesante del xenón, es que es el menos inerte de los gases nobles (Gasque, 2018). El xenón es un elemento químico gaseoso, cuyo símbolo es Xe, no tiene color, olor, ni sabor. Es lipofílico, no irritante, no inflamable, su obtención se da debido a las bajas concentraciones del Xe en el aire, su recuperación se realiza en plantas que separan cantidades de aire a través de un proceso de destilación y separación.

El Xe tiene una variedad de aplicaciones que incluyen lámparas de alta densidad, bulbos para cámaras, láser, tubos de rayos x. Se utiliza en física e ingeniería aeroespacial (satélites). En medicina, por décadas ha sido empleado para el estudio de la distribución del gas y flujo

sanguíneo en los pulmones y, recientemente, en la imagen por resonancia magnética. Se aplica en procedimientos anestésicos en un 10%.

- **Ozono**

El ozono se origina debido a las reacciones químicas de sus precursores como los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles, este tipo de reacciones contribuyen una gran importancia en la radiación solar, debido a que las reacciones son de tipo fotoquímico y son de alta temperatura para que sean seguras. Por ello, la formación de ozono en la baja troposfera suele presentarse en días soleados y acalorados. Debido al tiempo necesario para la formación de ozono y a otros factores, los niveles altos de ozono suelen presentarse alrededor de las ciudades, en las zonas donde el viento ha trasladado los precursores expuestos desde las mismas. Produce junto con otros compuestos lo que conocemos como niebla o smog fotoquímico (Molina, 2013).

En atmósferas limpias podemos encontrar niveles de ozono de entre 30 a 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en situaciones episódicas de ozono se pueden superar los 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cuando se presenta acumulación de este gas o bien de otros oxidantes, como peróxidos, en las capas bajas de la atmósfera que causan efectos nocivos para la salud, como irritación en los ojos y membranas mucosas (Molina, 2013).

Y los gases de efecto invernadero:

- **Dióxido de carbono (CO₂)**

Es un gas incoloro, inodoro e insípido que está presente en la atmósfera de manera natural y no es tóxico. Tiene un importante papel en el ciclo del carbono en la naturaleza y gran cantidad, con una disposición de 1012 toneladas, pasan por el ciclo del carbono, en el paso de fotosíntesis (Molina, 2013).

A partir de la revolución industrial la combustión de productos orgánicos junto a la deforestación producida por la acción humana han aumentado en gran medida el nivel de concentración de CO₂ en la atmósfera. Además, el CO₂ es abundante en forma pura, no tóxico, no inflamable y no reactivo (Duba y Fiori, 2015) y es intrínsecamente no polar. Se estima que un 77% de las emisiones de CO₂ provenían de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) mientras un 23% procedían del cambio en el manejo del suelo (como la deforestación). De lo formulado solo el 45% permanece en la atmósfera, el 30% es adsorbido por los océanos y el restante 25% pasa a la biosfera terrestre (Benito, 2016).

- **Metano (CH₄)**

El metano (CH₄) es un producto final de la fermentación que sufren los alimentos en el rumen, que en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento y al cambio climático global (Bonilla y Lemus, 2012). El metano es un hidrocarburo, compuesto primordial del gas natural. El metano (CH₄) es un hidrocarburo, compuesto primordial del gas natural. Es asimismo un “gas de efecto invernadero”, lo que significa que su presencia en la atmósfera perturba la temperatura y el sistema climatológico de la Tierra. Como resultado, los esfuerzos por oprimir las emisiones de metano consiguen alcanzar beneficios ambientales, económicos y de energía. El metano como gas de efecto invernadero después del dióxido de carbono (CO₂), ocupa el segundo lugar en cuanto a gases de efecto invernadero causados por las actividades humanas. El metano tiene una vida atmosférica corta aproximadamente de 12 años. Es considerado un gas fuerte ya que es 23 veces más eficiente para atrapar el calor dentro de la atmósfera que el CO₂. Por estos motivos se están encaminando esfuerzos a reducir las emisiones y prevenir el calentamiento global, y proteger así el sistema climático natural del planeta (Bonilla y Lemus, 2012).

- **Óxido nitroso (N₂O)**

El N₂O es un gas inerte de carácter anestésico que favorece al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO₂) y sobresalta a la pérdida de la capa de ozono, aumentando la presencia del mismo en la atmósfera como resultado de las emisiones originadas de la descomposición de materia orgánica nitrogenada, logrando unos niveles en el aire de 0,50 ppm (Molina, 2013).

4.1.2. Problemas medioambientales

Los problemas medioambientales surgen cuando no logramos compensar debidamente una necesidad, como la de respirar, beber agua o cultivar el suelo; estas dificultades surgen muchas veces cuando hay conflictos entre los diferentes usos que se le pueden ofrecer a un mismo recurso; esos problemas se pueden presentar entre los mismos actores sociales en el momento o tiempos diferentes.

Decimos, entonces, que se presenta un problema en el ambiente cuando alguno de los elementos que integran el sistema ambiental, o un conjunto de esos elementos, está deteriorado con respecto a la forma en que consigue ofrecer sustento para la vida presente

y/o futura, sobre todo para la vida del ser humano y de los sistemas sociales, pero asimismo para la vida en su entorno (Legislación ambiental, 2014).

Señalamos que hay un problema en el medio ambiental, cuando:

- **El aire que respiramos está contaminado**

La contaminación atmosférica o contaminación del aire es una de las principales formas en que puede ser afectado parte del ambiente. Según su origen, puede ser catalogada por causas naturales o antropogénicas. Las naturales siempre han existido, mientras que las antropogénicas, como su nombre lo indica, son producidas por las actividades humanas (Romero et al., 2006).

Entre las principales fuentes de contaminación atmosférica o contaminación del aire están:

1. Fuentes naturales: Partículas biológicas, polen y bacterias.
2. Fuentes agrícolas: Herbicidas e insecticidas que se utilizan en la agricultura.
3. Fuentes tecnológicas: Procesos industriales de todo tipo

La revolución industrial selló un dramático y decisivo punto de cambio entre la actividad económica y el ambiente. Los requerimientos de energía de una tecnología fundada en el hierro y el acero, condujeron a la contaminación del aire más generalizada, así como a concentraciones específicas de contaminantes cerca del sitio de las fábricas.

Los estudios epidemiológicos señalan que la exposición a diferentes contaminantes ambientales, inclusive a niveles por debajo de las normas internacionales, se asocian con un aumento en la incidencia de asma, rigidez en el deterioro de la función pulmonar, así como mayor dificultad en la exhibición de las enfermedades respiratorias presentes en niños y adolescentes (Romero et al., 2006).

- **Se pierde capacidad productiva del suelo**

A lo que se entiende por una degradación del suelo, el cual es un proceso de deterioro estimulado por la utilización de prácticas de manejo inoportunas que provocan un desajuste entre la calidad y el uso de la tierra, con la constante pérdida de la capacidad productiva. La degradación biológica perturba los niveles de materia orgánica (MO) y disminuye la actividad y abundancia de microorganismos, la estructuración de los suelos y la liberación de nutrientes, provocando el agotamiento de la fertilidad (Romero, 2014).

- **El agua que tomamos está contaminada**

El agua es vital, esencial e insustituible para la vida de toda especie viva, que, junto con el aire y el sol, son indispensables e irremplazables en nuestro planeta. Es un elemento necesario que cruza todas las labores humanas, disponer y acceder a agua de buena calidad son inevitables para la vida y por conexión, para la salud (ONU, 2011).

Desde el enfoque clásico de la salud pública se busca evitar, controlar o minimizar la presencia de contaminantes químicos y biológicos para prevenir enfermedades con poco énfasis en el fomento de la salud. Sin embargo, las exposiciones ambientales, subagudas y de largo plazo que son más difíciles de descubrir y cuantificar consiguen darse vía ingesta de agua o consumo de productos obtenidos en ecosistemas acuáticos perturbados por la contaminación ambiental. Así, los esquemas de vigilancia y monitoreo presentes se han dimensionado con base en modelos de aplicación de los procesos salud-enfermedad en donde se enfatizan relaciones causales unidireccionales, agrupados en el control de algunas características físicas, químicas y microbiológicas específicas del agua que se reconoce pueden afectar nuestro ambiente y salud humana (Espinosa, 2018).

- **Se mueren los peces en un río por contaminación con efluentes industriales**

La contaminación de ríos y lagos se debe al esparcimiento de los productos de desechos en áreas urbanas y por la parte industrial. Para utilizar el agua potable con propósito alimenticio es necesario que se encuentre totalmente limpia (insípida, inodora e incolora y con una temperatura aproximadamente de 15°C), el agua no debe tener ninguna clase de gérmenes que causan enfermedades, además, el agua potable no debe exceder en cantidades de sustancias minerales mayores de los límites establecidos (Ibañez, 2012).

La contaminación de origen industrial es una de las que produce un mayor impacto, por la gran variedad de materiales y fuentes de energía que pueden aportar al agua: metales pesados, materia orgánica, temperatura e incremento de pH, etc. Entre las industrias más contaminantes se encuentran las petroquímicas, las agroalimentarias, las energéticas (térmicas, nucleares, hídricas, etc.), alimenticias, textiles y mineras (Ibañez, 2012).

4.1.2.1. Acidificación

Uno de los principales problemas presentes mediante la contaminación atmosférica es la acidificación del medio ambiente. Se logra expresar como el desgaste de la capacidad

neutralizante de agua y suelos, como resultado del regreso a la superficie de la tierra, presentes como ácidos, óxidos de azufre y nitrógeno atenuados a la atmósfera.

De una manera más teórica la acidificación de un medio es un proceso mediante el cual se reduce el pH del mismo por absorción de cationes de Hidrógeno H^+ . Este proceso se produce por acción de contaminantes como el SO_2 , HCl , y NH_3 al disolverse en agua.

Para efectos en la vegetación la corriente de aluminio y metales pesados del suelo, aplaca que la vegetación atraiga el agua y los nutrientes debidamente. Esto causa que los árboles y plantas se disminuyan. En el mundo, uno de los principales problemas radica en la manipulación de productos químicos en la agricultura y en la combustión de combustibles fósiles por los motores de explosión (Estévez, 2015).

4.1.2.2. Destrucción de ozono

La contaminación ambiental ha producido la reducción de la cantidad de la capa de ozono, al existir menos ozono en la atmósfera, los rayos ultravioletas que llegan al planeta van en aumento. Los científicos indican que un aumento de radiación cada vez más afecta a la salud del ser humano, provocando enfermedades como lo es el cáncer de piel. Lastimosamente el agotamiento de la capa de ozono es resultado de la acción del ser humano (CATEDRA UNESCO PARA LA SOSTENIBILIDAD, 2017).

Este es posiblemente el más importante de los contaminantes secundarios. Se ocasiona por las reacciones químicas de sus precursores tales como óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles. Estas reacciones tienen gran importancia para la radiación solar, ya que las reacciones son de tipo fotoquímico y precisan de altas temperaturas para que sean seguras. Por ello, la alineación de ozono en la baja troposfera suele presentarse en días soleados y calurosos. Debido al tiempo necesario para la formación de ozono y a otros factores, los niveles altos de ozono suelen presentarse alrededor de las ciudades, en las zonas donde el viento ha transportado los precursores emitidos desde las mismas (Molina, 2013).

4.1.2.3. Hidrocarburos clorados

Son compuestos volátiles solubles en tejido graso, usados como disolventes. Su impacto ambiental es resultado del uso extenso de insecticidas organoclorados o hidrocarburos clorados, son compuestos químicos sintéticos de amplio espectro, cuya propiedad más adecuada en su alta estabilidad química, muy solubles en grasas e insolubles en agua (Zaragoza, 2016). Estos insecticidas organoclorados son muy persistentes y resistentes a la

degradación biológica. Poco solubles en agua, se fijan a los tejidos de las plantas y se almacenan en los suelos, el sustrato del fondo de las corrientes de agua y la atmósfera. En el caso del suelo, los principales resultados ambientales que se observan posteriormente de un evento de contaminación por hidrocarburos son la inhibición del desarrollo de la cobertura vegetal en la zona del derrame, los cambios en la dinámica poblacional de la fauna, la biota microbiana y contaminación por infiltración de las masas de agua subterránea. Aparte del impacto ambiental negativo, los derrames de hidrocarburos crean impactos de tipo económico, social y de salud pública en las zonas aledañas a la zona afectada (Castro, 2006).

4.1.2.4. Radiación

Se entiende como radiación a la energía liberada por un núcleo inestable, que se transporta en un medio cualquiera (Corral, 2015). La radiación es el paso de transmisión de energía por ondas electromagnética a través del espacio. Todos los procesos de radiación son causados por apresuradas cargas.

La adsorción en radiación electromagnética, se presenta donde el fotón es expuesto por materia como en el caso de los electrones de un átomo, donde la energía interna de la materia se encarga de absorber la radiación, la radiación al ser absorbida, puede transformarse en otro tipo de energía, como calor o energía eléctrica (Gonçalves et al., 2014).

4.1.2.5. Pérdida de tierras vírgenes

Los seres humanos con frecuencia conservar las tierras vírgenes que perduran, incluso en zonas que están a salvo de la explotación, la ansiosa demanda de energía ha impuesto la necesidad de indagar el gas y el petróleo de las regiones árticas, poniendo en peligro el equilibrio ecológico de los ecosistemas. En 1980 se alcanzó apreciar que las masas forestales estaban siendo destruidas. Esta deforestación tropical puede llevar a la extinción de hasta 750.000 especies, lo que formaría la pérdida de toda una disposición de productos como: suministro alimentos, medicamentos, tintes, fibras, resinas y gomas. Asimismo, la expansión de las tierras de cultivo como el comercio ilegal de especies amenazadas y productos animales podría representar el fin de los grandes mamíferos. Las pérdidas se derivan principalmente de la conversión del bosque a cultivos a pequeña escala, explotación maderera, construcción de carreteras, minería y, finalmente, por la colonización (Torracchi, 2015).

4.1.2.6. Erosión de agua y aire

La erosión, es el desprendimiento de partículas por la acción del agua y el viento. En la erosión por lluvias, las gotas van destrozando las partículas del suelo desnudo hasta lograr el desprendimiento de fragmentos que son simplemente lavados por la lluvia y el viento, aparte de otros constituyentes. En el caso de los vientos, estos causan erosión removiendo las partículas y empujándolas a varios metros y kilómetros de distancia. Otro factor que se presenta es el pisoteo de los animales, destruyen la capa superficial del suelo, permaneciendo este sumiso al efecto del agua y el viento (Ortega y Mejía, 2014). La erosión del suelo, la pérdida de las tierras de cultivo y los bosques disminuyen la capacidad de preservación de la humedad de los suelos e incrementa sedimentaciones a las corrientes de agua.

4.2. UTILIDADES Y BENEFICIOS DE LAS SEMILLAS

4.3.DE *Carica papaya* linn

- **Semilla**

No existe planta en los países tropicales que, en igualdad de condiciones de suelo y cultivo, sea comparable a la *Carica papaya*, en cuanto a la diversidad de usos. Podemos mencionar que brinda abundante alimento en un corto período de tiempo, tiene la facilidad de propagación por semillas, rápido crecimiento y abundante fructificación. La apariencia atractiva del fruto y de su carne, su valor como alimento refrescante y nutritivo, además de la gran estimación como producto medicinal, son razones que han hecho que esta planta se haya establecido en todas las regiones del mundo. La *Carica papaya* es cultivada en algunas partes tropicales del mundo, como en América Central, el sur de Asia y África y se cultiva tanto para el mercado local como para exportación (Ikram et al., 2015).

La *Carica papaya* ocupa un lugar preferente, exceptuando el plátano, entre las frutas más usadas. En América hay países donde está unida estrechamente a la dieta, pues esta constituye, principalmente raciones abundantes de carne. En muchos países, entre ellos Cuba, el uso de la *Carica papaya* está confinado casi únicamente a su aplicación en refrescos, helados, dulces, etc (Jiménez, 2002).

Los usos a que se destina la *Carica papaya*, la mayor fuente de enzimas vegetales puede dividirse en: fruta fresca como alimento, industrial, medicinal y culinario. Los usos culinarios de la *Carica papaya* a veces no son más que aplicaciones de las propiedades medicinales derivadas de la papaína, enzima parecida a la pectina animal, contenida en el látex; por lo que esta fruta va despertando cada día mayor interés, por ser uno de los pocos alimentos que,

aparte de ser nutritivo, ayuda a la asimilación de otros, interviniendo como una única medicina, para países donde predominan los dispépticos (Jiménez, 2002).

Las semillas de *Carica papaya* contienen proteínas (27,8%), lípidos (28,3%), fibra cruda (22,6%), sacarosa (75%), cantidades considerable de calcio y fósforo (17340 y 10250 $\mu\text{g/g}$, respetivamente), ácido oleico como principal ácido graso (79,1%) y tienen un alto contenido de glucosinolatos. Además, las semillas de *Carica papaya* representan una fuente de compuestos bioactivos. Las semillas de *Carica papaya* representan alrededor del 6% al 8% de fruta entera.

Los países en desarrollo utilizan semillas de *Carica papaya* en el tratamiento de la hipertensión, diabetes mellitus e hipercolesterolemia, entre otros. Los componentes de las semillas de *Carica papaya* asociados a los beneficios que se obtienen de este tejido son en su mayoría alcaloides, glucosinolatos, isotiocianato, ácidos fenólicos y flavonoides.

(Gibert et al., 2011) en su estudio “Eliminación Biosorptive de Pb^{2+} y Cd^{2+} en novela biosorbente: desgrasada *Carica papaya* semillas” establecen a los metales pesados como el plomo (Pb) y cadmio (Cd) contaminantes de alta preocupación prioritaria en la comunidad científica porque aparte de ser tóxicos para los ecosistemas, no son biodegradables. Tienen la capacidad de bioacumularse en especies biológicas incluso en concentraciones muy bajas. Se ha informado que la exposición al Pb y Cd tienen efectos secundarios hacia el medio ambiente y efectos nocivos para la salud de los seres humanos, incluido el daño al hígado y riñón. El daño a nuestro medio ambiente se presenta cuando este tipo de metales llegan a las aguas superficiales y subterráneas naturales de efluentes industriales como los del petróleo y el gas, plástico, farmacéutica, fabricación de baterías de almacenamiento, papel y pulpa, minería, galvanoplastia, fundición de plomo, otros acabados metalúrgicos, industria del automóvil, escurrientías agrícolas, vertidos químicos y aguas residuales municipales. Se han informado métodos tradicionales para mitigar el impacto ambiental, empezando por la eliminación de metales pesados en las aguas residuales, incluido el uso de precipitación y coagulación, oxidación química, sedimentación, filtración, ósmosis, intercambio iónico, etc. Actualmente, la tecnología de adsorción se utiliza ampliamente para la eliminación de metales pesados de soluciones acuosas porque es una tecnología más limpia, eficiente, barata y amigable con el medio ambiente.

En el propósito de este estudio establecen que las semillas de *Carica papaya* aparte de su contenido vitamínico, el aceite extraído de esta es una fuente potencial en alto contenido de ácido oleico y todo su potencial debe aprovecharse, en este caso con la amplia gama de biosorbentes disponibles actualmente para la eliminación de iones metálicos, existe escasez de información sobre el potencial de adsorción de las semillas de *Carica papaya* a pesar de que Basha et al, han utilizado el tronco de la planta para adsorber Hg^{2+} . Recientemente, (Gibert et al., 2011). Algunas variables que afectan la capacidad de adsorción de bioabsorbente de semillas de *Carica papaya* desgrasada, como tamaño de partícula, pH, dosis

de adsorbente, concentración inicial de tinte, temperatura y tiempo fueron estudiados. Resaltando que estos métodos serían de gran contribución hacía un ambiente mas sano.

4.3.1. Composición de la *Carica papaya linn*

La *Carica papaya* y sus partes contienen un jugo lechoso o bien sea denominado látex, cual contiene la papaína, se observa con facilidad cuando se hiere superficialmente cualquier parte de esta planta. El látex es más abundante en las partes tiernas de la planta; en la cáscara de la fruta, con tocar sutilmente con la punta de un lápiz se logra estimular la salida de tenues chorros de látex. La producción comercial se limita en extraer esta sustancia de la fruta, donde su máxima actividad es productiva. Diferentes intentos se han hecho para mencionar la extracción triturando y exprimiendo el fruto, aunque en su mayor parte han fracasado. En la actualidad se permanece con el lento y costoso método de coleccionarlo a mano en vasijas de porcelana. No obstante, hay procedimientos mecánicos más favorables que los manuales para extracción de papaína. Para ello la fruta es pelada, molida y, después de quitarle las semillas, prensada hasta reducirla a una torta seca (Jiménez, 2002). Es de admitir que el látex se halla con abundancia en unas variedades más que en otras, lo que indica que unas tendrán mayor presencia de papaína, provocando que una variedad sea más importante respecto a otra. Los frutos tiernos poseen poca papaína en su jugo por ser muy acuoso (Jiménez, 2002). Para extraer látex es suficiente con crear incisiones en la fruta, a 10 mm de distancia entre cada una de ellas, manipulando una espátula no metálica, lo ideal es que sea de 3 mm. Esta acción es mejor efectuarla por horas de la mañana, después de cada segundo o tercer día y cuando haya llovido o se sienta mucho calor. Además, es conveniente que los árboles estén pequeños para una mejor manipulación en la operación. Se ha observado que las frutas de una planta varían en su composición con relación a la de otras plantas, aun internamente de la misma variedad, cuando se cultivan en entornos distintos de suelo (Jiménez, 2002).

La composición del fruto de la *Carica papaya* se puede observar en la **tabla 7**. Esta fruta ha presentado tasas de consumo creciente en países para su comercialización como México y Estados Unidos. La comercialización de la *Carica papaya* muestra un panorama con tendencias progresivas en consumo, constituyendo una buena alternativa para los mercados internos en países para la exportación desde el Caribe en el cual los cultivos han tenido mucha importancia en los últimos años (Vázquez et al. 2010).

Tabla 6. Composición nutricional de los frutos de *Carica papaya linn* (Arias, 2000)

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	90
Proteína	0,5
Grasa	0,1
Cenizas	0,5
Fibra dietaria	0,8
Carbohidratos	8,9
Calcio	25
Fosforo	12
Hierro	0,4
Vitamina A mg	700
Betacarotenos mg	595
Tiamina mg	0,03
Riboflavina mg	0,02
Niacina mg	0,3
Vitamina C mg	75

4.3.1.1. Contenido vitamínico

Las semillas de *Carica papaya* contiene carotenoides y minerales importantes como el manganeso, magnesio, sodio, zinc, fósforo, potasio, aparte de sustancias enzimáticas como la papaína que es útil para degradar proteínas rápidamente, también contiene pectinas, ciertos azúcares y aceites en baja proporción (Buelvas, 2017). El contenido en carotenoides (Vitamina A) en la *Carica papaya* es uno de los más elevados entre las frutas; también la vitamina C se encuentra en abundancia y las vitaminas del complejo B (B1 y B2) están presentes, en una menor proporción.

La vitamina B1 contenida en el fruto de la *Carica papaya*, se comprobó que ratas con dietas de esta fruta apresuraban su crecimiento y ganaban peso. En algunos experimentos realizados en Hawai se determinó que disminuían las posturas de las aves alimentadas con *Carica papaya*.

4.3.2. Utilidades y beneficios medicinales

4.3.3.

Las semillas de *Carica papaya* suelen ser descartadas después del consumo directo y/o procesamiento industrial, convirtiéndose en desechos orgánicos sin ningún valor comercial y que pueden ocasionar problemas ambientales. El uso alternativo de estos desechos en la alimentación animal, producción de abonos y biogás, extracción de aceites vegetales y esenciales, pectinas, flavonoides, entre otros, podría incrementar el valor agregado de los mismos, multiplicar la capacidad de plantas de valorización de residuos y a su vez contribuir en medidas asociadas a favor del medio ambiente (Noguera et al., 2017).

Los beneficios medicinales de la *Carica papaya* los ofrecen las partes del fruto como: el látex, las semillas, las raíces y la cáscara.

- **Efecto antibacteriano**

Consiste en la presencia de bacterias multi-resistentes y a las enfermedades que pueden producir las cuales establecen una gran amenaza para la salud, lo que piden nuevas orientaciones para combatirlos. Los estudios de sinergia de fármacos antimicrobianos convencionales y plantas medicinales con efectos antibacterianos, en el caso de la *Carica papaya* son importantes para establecer si es prudente recomendar su administración afín de obtener tratamientos exitosos (Domínguez et al., 2015).

El extracto de las semillas de *Carica papaya* es utilizado como jarabe para la tos por lo que estas semillas contienen propiedades (bactericidas y bacteriostáticas).

- **Bactericidas**

El efecto bactericida consiste en causar la muerte del microorganismo sensible. Los antimicrobianos bacterianos intervienen en la fase de desarrollo logarítmico bacteriano. Los antimicrobianos bactericidas deben administrarse constantemente en contagios graves, cuando se requiere la muerte rápida de los microorganismos para controlar la infección, y cuando no se cuenta con el sistema inmune apropiado para interrumpir la causa infecciosa. Ejemplos de enfermedades infecciosas donde deben utilizarse antimicrobianos bactericidas lo componen la meningocelulitis purulenta y la endocarditis infecciosa, asimismo se utilizan en el paciente con fiebre y neutropenia, o ya sea en casos de infección en el paciente con SIDA.

La resistencia bactericida o bacteriana a cualquier agente antimicrobiano es un proceso continuo que puede proceder de mutaciones espontaneas o transmisión de genes resistentes aportados por otras bacterias. Sin embargo, la mutación bacteriana sucede de manera natural y bajo distintas condiciones medioambientales, la mutación logra aumentar su frecuencia bajo condiciones de estrés y bajo concentraciones subinhibitorias de antibiótico. La presencia de antimicrobianos en el medio ambiente dará lugar a la selección de bacterias mutantes más resistentes que poseen una modificación ventajosa frente a la acción de antibióticos (Lagaron et al., 2012).

- **Bacteriostáticas**

El efecto bacteriostático se debe a la producción de inhibición del crecimiento bacteriano; por lo que se espera que la inmunogénesis contribuya con los elementos necesarios para neutralizar la enfermedad. Estos antimicrobianos actúan en la fase estacionaria de crecimiento bacteriano. Varios antibióticos tienen efecto bactericida o bacteriostático ya depende si la droga procede in vivo o in vitro, y dependiendo la dosis suministrada. Un ejemplo se da con la Anfotericina B, la cual tiene efecto fungistático in vivo y fungicida in vitro; en el caso de la estreptomycin y eritromicina ambas poseen efecto bacteriostático y bactericida si se administran a bajas y altas dosis respectivamente.

La *Carica papaya* en especial sus semillas tienen una composición de carpasemina (efecto destructivo de amebas) ayuda a los procesos terapéuticos en diarreas crónicas. La enzima (papaína) localizada en el látex de las semillas de *Carica papaya*, es de gran beneficio en el tratamiento de tumores cancerosos, el cáncer es definitivo como el proceso de crecimiento de las células desordenadas difíciles de controlar debido a esto puede situarse en cualquier parte del cuerpo. La intención de estos tumores cancerosos es alojarse en los tejidos circundantes de esta manera invadir esa parte hasta lograr metástasis en varias partes del

organismo. Un porcentaje de cánceres logran curarse mediante cirugías y quimioterapias, primordialmente cuando son descubiertos en una fase temprana.

La papaína también se ha utilizado para diluir hernias de disco y formaciones anormales que son causadas en las arterias en forma de arterioesclerosis, asimismo es un agente desinflamatorio en casos de infecciones. Se encarga de eliminar materias proteicas producidas por derrames. Se ha indicado que el exceso de consumo de *Carica papaya* puede provocar cáncer de próstata. Las semillas conservan unos constituyentes activos que se encargan de evitar el proceso espermático (estudios realizados en ratas machos concluyeron la reducción en el contenido de fertilidad a las hembras a un 40%). Con todas esas bondades, y su poder antioxidante, la *Carica papaya* y sus semillas resultan adecuada para casi toda la población, pero especialmente para personas mayores, niños en edad de crecimiento, mujeres lactantes, fumadores y bebedores. Asimismo, es útil si se suministran medicamentos diuréticos, en cuestiones de estrés y ansiedad, cuando hay un procedimiento inmunitario débil, para una acción física acelerada, en la anemia ferropénica, para dietas bajas en grasas, casos de bulimia, padecimientos degenerativos, para perturbaciones, esta demostrado que la papaína logra asimilar el gluten (PROPAPAYA, 2011).

El gluten es una glucoproteína en trigo, cebada y centeno (los cuales tienen dos grupos de moléculas que pueden desencadenar síntomas digestivos, como lo son los carbohidratos no digeribles y proteínas). Hoy en día se examinan algunas afecciones agrupadas con la ingesta de gluten y proteínas afines, las más frecuentes son la enfermedad celiaca y la sensibilidad a gluten sin enfermedad celiaca (es una enfermedad que se caracteriza por adsorción intestinal deficiente secundaria a la inflamación crónica y atrofia de la mucosa del intestino delgado causado por la exposición al gluten). Los llamados trastornos relacionados con el gluten forman una serie de afecciones liberadas por la ingestión de cereales y granos en personas genéticamente susceptibles o con predisposición auto-inmunitaria (Cobos et al., 2017).

En el caso de enfermedades las perturbaciones cardiovasculares (La hipertensión arterial, el hipercolesterolemia, la diabetes, entre otros factores de riesgo como el tabaquismo, la obesidad, el sedentarismo y el estrés) son la principal causa de muerte en todo el mundo tanto en hombres como en mujeres. Cada año mueren más personas por este motivo que por cualquier otro.

- **Hipertensión arterial**

La hipertensión arterial (HTA) compone una de las principales causas de morbilidad en el mundo, dado por los efectos que ocasiona y por formar el principal factor de riesgo para la aparición de enfermedades cardiovasculares, accidentes vasculares encefálicos, insuficiencia renal crónica y diabetes mellitus, entre otras.

Según datos estadísticos, cerca de 26,4 % de las personas padecían de hipertensión arterial en 2002 y se espera que para 2025 se incremente a 29,2 %. Por otra parte, se plantea que alrededor del 15 % de la población mundial ha sido diagnosticada como hipertensa y el 30 % no lo está aún (Hechavarria et al., 2014).

La sangre que es recorrida en nuestro organismo mediante los vasos sanguíneos requiere cierta presión para cumplir con su desplazamiento, asistir oxígeno y nutrientes para que los órganos puedan tener una excelente función. La presión arterial es denominada como la fuerza ejercida sobre las paredes de las arterias cuando la sangre transita por ellas. Como éstas son flexibles logran acomodarse a diferentes situaciones, de manera que la presión cambia en desiguales lugares del recorrido y por diferentes condiciones. Que la presión arterial se eleve de forma aislada no significa nada, pero cuando se descubren, de forma crónica y extendida, unas cifras por arriba de un valor determinado hablamos de hipertensión.

- **Hipercolesterolemia**

El hipercolesterolemia se relaciona a un incremento en el riesgo de enfermedades cardiovasculares precoz y queda definida por unos valores de colesterol de las lipoproteínas de baja densidad. Debe considerarse una situación de hipercolesterolemia cuando los valores plasmáticos de colesterol total (CT) y de colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (Moráis et al., 2009). El colesterol elevado es el resultado de una alimentación inadecuada. Y en parte es así. Pero no siempre. Consumir ciertas comidas puede llevar a la alteración de los niveles de esta sustancia, para entender un poco sobre qué es el hipercolesterolemia, término médico por el que se conoce un incremento en la sangre por la parte superior de cierto umbral, lo esencial es conocer qué es el colesterol y saber que éste no proviene exclusivamente de los alimentos. Y es que mucha gente excluye que se trata de una sustancia conforme a la grasa que origina nuestro propio cuerpo y que es necesaria para la vida. Se localiza en las membranas (la capa externa) de todas las células de nuestro organismo, desde las del sistema nervioso, hígado y corazón. Su función es fundamental, lo necesitamos para producir hormonas, ácidos biliares, vitamina D y otras moléculas que ayudan a la digestión de las grasas.

- **Diabetes**

La diabetes es una enfermedad crónica que se identifica por un aumento de la concentración de glucosa (una forma de azúcar) en la sangre. Este compuesto es la consecuencia final de la digestión de varios alimentos comunes, como el pan, la pasta, las frutas o las legumbres, entre otros, y está vigente en el torrente sanguíneo en distintas

concentraciones según lo que ingiera, del ejercicio que se haga y claro está de una hormona, la insulina.

La glucosa es la fuente de energía que nutre a las células del organismo y que nos permite vivir y crecer. El organismo del ser humano está constituido por millones de células y cada una es un foco de energía gracias a la glucosa que se incorpora en ellas. El origen de esta energía procede de los alimentos, que se convierten en proteínas, grasas y azúcares. Los azúcares, es decir, la glucosa, suponen el 50% del total de las calorías que ingerimos al día.

Las semillas de *Carica papaya* presentan efectos sobre la salud, sus múltiples beneficios se deben principalmente a su alto contenido de vitaminas A, B y C, y a las enzimas proteolíticas contienen propiedades antivirales, antibacterianas y antifúngicas (Nwofia, Ojmelukwe, y Eji, 2012; Elgadir, Salama y Adam, 2014). Consumir las semillas de la *Carica papaya* ayuda a preservar el riñón de dificultades de carencia renal.

La industria alimentaria es la industria que más genera residuos sólidos orgánicos, los cuales, si no son reciclados y procesados apropiadamente, generan diversos problemas ambientales el aprovechamiento de las semillas de *Carica papaya* como residuo orgánico y su contribución al medio ambiente se debe a la reducción de gastos de disposición en diferentes técnicas de valorización. Actualmente las técnicas más empleadas por las empresas en la recuperación de este tipo de residuos son el compostaje (producto final obtenido mediante un proceso de descomposición biológica de la materia orgánica) y la lombricultura (técnica en la que además del abono, se puede obtener proteína animal usando para ello la lombriz roja californiana que se alimenta de la materia orgánica y la convierte en humus o abono natural) con miras a favor del medio ambiente y en que siempre sean rentables económicamente (Yepes et al., 2008).

Es conveniente pensar en el beneficio total de cada técnica en el momento de emplearlas, como es el proceso del compostaje en el que se podría “capturar” el gas originado (metano) para la generación de energía. Los residuos producidos por empresas procesadoras de frutas no son útiles para el proceso térmico, debido a su alto contenido de humedad y a su bajo poder calorífico (Yepes et al., 2008).

4.3.4. Utilidades y beneficios culinarios

Cuando la *Carica papaya* está madura, comúnmente se come como fruta fresca. Algunos le añaden limón, sal, crema, yogurt o pimienta y es servida en las comidas del día. Antes de que la *Carica papaya* esté pintona, se puede consumir hervida, como la calabaza, en ensalada u otros platos semejantes a los que se preparan con esos frutos. Una de las aplicaciones culinarias es la de usar las semillas de *Carica papaya* en algunas ocasiones como sustituto de la pimienta y desde hace mucho tiempo se han manipulado las semillas como agente ablandador de carnes (Pradesh y Pradesh, 2013), para conseguirlo es necesario envolver la

carne en hojas de *Carica papaya* trituradas, por 3 o 4 horas, simplemente se echan en agua con unos trozos de fruta bien picados para que el jugo se disuelva. La papaína es la que actúa y transforma la carne dura en un tierno y jugoso bocado, puede actuar en un medio alcalino, ácido o neutro. La pulpa de la fruta madura de *Carica papaya* es usada en la preparación de mermeladas, helados, siropes al igual que las guayabas. El vino de la *Carica papaya* aún no han tenido gran aceptación en la industria, posiblemente se deba a la técnica de fabricación, lo mismo pasa en el caso del vinagre de *Carica papaya*.

4.3.5. Industria farmacéutica

A nivel mundial, casi el 80% de la población depende de anticonceptivos derivados de la medicina tradicional (plantas y sus extractos) debido a su bajo costo y disponibilidad (Sabourian et al., 2016). Una de las plantas más populares para este propósito es la *Carica papaya* por lo que sus semillas eran utilizadas y consumidas de manera diaria por los hombres ya que estas reducen la producción de esperma. Una vez que el hombre desistiera al consumo de las semillas de *Carica papaya*, éste retornaba a la producción de esperma y por tanto recobrar la posibilidad de lograr la concepción. Los anticonceptivos son los métodos o procedimientos para prevenir un embarazo en mujeres sexuales activas, ya sean ellas o sus parejas quienes los usen.

A través de los últimos años se ha logrado constatar que los beneficios de utilizar anticonceptivos no solo está dirigido a prevenir embarazos no deseados y, con ello, prevenir abortos inducidos y la muerte materna, sino también con esto contribuir a una mejora a la estrecha relación entre sí de la sobrepoblación y el medio ambiente. La devastación del medio ambiente no es simplemente una dilapidación de los recursos; es una amenaza a las complejas estructuras que sostienen el desarrollo humano (Gutiérrez, 2013).

La fecundidad es más alta en países subdesarrollados, existen lugares tan remotos que no hay acceso a anticonceptivos, es bien sabido que el mayor enemigo del planeta es la sobrepoblación, los servicios de salud reproductiva no puede siquiera satisfacer las necesidades actuales de las mujeres que quieren prevenir o aplazar un embarazo. La natalidad derivada de la maternidad es alta y las tasas de utilización de anticonceptivos son bajas (a menudo, inferiores al 15% de todas las parejas). Por ser este un de los factores que afectan al medio ambiente a medida que la población crece y que aumenta la demanda, la búsqueda de agua, alimentos y recursos energéticos y los efectos sobre el medio ambiente de esta búsqueda están poniendo en peligro la sostenibilidad (FNUAP, 2001).

4.3.6. Industria cosmética

En Cosmetología e higiene, las semillas de *Carica papaya* contienen del 20 a 30 % de aceite no secante, que tiene aplicaciones en la industria jabonera y farmacéutica. Los sorprendentes beneficios de la gama de productos que se pueden elaborar en base al aceite extraído de las semillas de *Carica papaya* son muchos, utilizados y aplicados en productos como las cremas faciales hidratantes, fortalecedor de pestañas y los aceites faciales y corporales de *Carica papaya*. Estos productos se han convertido en potentes antioxidantes, gracias a su alta concentración de Vitamina E, que acelera la reparación celular, favorece la microcirculación y asegura una efectiva nutrición de la piel aportando frescura y luminosidad. Tiene una elevada concentración de ácidos grasos esenciales, es de fácil absorción, humecta y nutre inclusive las capas más profundas de la piel. Contribuye fitoesteroles, agentes protectores de la piel que incitan la obtención natural de colágeno contribuyendo firmeza y elasticidad a tu piel atenuando visiblemente los signos del envejecimiento. La papaína es una enzima que posee efecto antiinflamatorio en los tejidos blandos, gracias a esto existe una mejoría en la sintomatología del acné, psoriasis, rosácea, inclusive dermatitis, también actúa como micro exfoliante que ayuda a la atenuación de manchas y cicatrices y desde su primer uso se notan cambios en la textura de la piel (Dorado et al., 2017).

Uno de los aceites más eficientes y es elaborado a partir de las semillas de *Carica papaya*, alcanzando impactos positivos en la dermocosmética, cuyos beneficios sobre la epidermis han sido estudiados y comprobados, se trata de un aceite antiarrugas, muy estable a la oxidación y con una destacada emoliencia, es decir, tiene un efecto exfoliante que remueve células antiguas, logrando lucir una piel suave, joven e independiente de imperfecciones.

En cuanto a su composición, es alta en ácidos grasos monoinsaturados que ayudan a regularizar el balance hidrolipídico, componente que regula el pH de la epidermis, impidiendo así la pérdida de agua y las arrugas e imperfecciones. El aceite de las semillas de *Carica papaya* posee propiedades hidratantes, regenerativas y exfoliantes. Es un poderoso antioxidante, que ayuda al organismo a protegerse del envejecimiento cutáneo. Excluye las células muertas que son características de una piel áspera y pálida, contribuye a una piel más sana y se logra conseguir un tono más uniforme.

4.3.7. Industria de Biocombustibles

El biodiésel se está volviendo popular debido a su naturaleza ecológica, incluida su menor contaminación ambiental y su potencial para servir como una fuente alternativa de energía (Rahman et al., 2015, Bhuiya et al., 2016). Es libre de azufre, no tóxico, renovable, biodegradable, de combustión limpia, a base de éster y es un combustible oxigenado (Dincer,

2008 , Mosarof et al., 2016, Ganjehkaviri et al., 2016, Rahman et al. , 2014). Es una mezcla de ésteres de alquilo de ácidos grasos de cadena larga que se sintetizan mediante esterificación y transesterificación de ácidos grasos libres y triglicéridos , respectivamente (Bhuiya et al., 2016, Atabani et al., 2013, Luque et al., 2008). El biodiesel también se conoce como éster metílico de ácidos grasos y se deriva de aceites vegetales (comestibles o no comestibles) y grasas animales (Azad et al., 2015, Rahman et al., 2016, Lin et al., 2011). El combustible biodiesel se puede agregar directamente a los motores diesel, sin ninguna modificación del motor o con una mínima modificación. A menudo, el biodiésel ha demostrado proporcionar un mejor rendimiento y lubricación del motor (Cornejo et al., 2017). Es un combustible aceptado a nivel mundial para reducir las emisiones de gases de escape y cuestiones ambientales. Cuando se sintetiza apropiadamente, el biodiesel cumplirá con los estándares internacionales de combustible y es altamente compatible para mezclarse con diesel. El biodiesel se puede mezclar con diesel en cualquier proporción, y los motores diesel modernos pueden hacer frente a esta mezcla de biodiesel-diesel sin problemas (Rahman et al., 2012). Las fuentes potenciales de biodiésel pueden clasificarse en tres divisiones principales:

- 1) materias primas de biodiésel de primera generación, es decir, fuentes de aceite vegetal comestible.
- 2) materias primas de biodiésel de segunda generación , es decir, fuentes de aceite vegetal no comestible y grasas animales, y
- 3) materias primas de biodiésel de tercera generación, es decir, microalgas, algas, hongos, látex, bacterias y terpenos (Atabani et al., 2013)

Si bien se han logrado avances significativos para la producción de biodiésel de primera generación, la investigación sobre biodiésel de segunda y tercera generación es limitada, particularmente desde el punto de vista de la comercialización . También, el uso de biodiésel de primera generación ha causado varias inquietudes, por ejemplo, la discusión entre alimentos y combustibles; así como grandes problemas ambientales como la deforestación y la pérdida vital de suelo debido al desmonte para la producción de biodiesel.

El enfoque ahora se ha desplazado a la producción de biodiésel de segunda generación a partir de aceites vegetales no comestibles debido a su accesibilidad y bajo costo (Bhuiya et al., 2016). Algunas materias primas populares de segunda generación incluyen *Calophyllum inophyllum* , *Eruca sativa* , *Jatropha curcas* , aceite de semilla de papaya (*Carica papaya linn*), *Pongamia pinnata* (o *glabra*) (karanja), *Madhuca indica* , *Salvadora oleoides* , semilla de algodón, tabaco, semilla de caucho, dátil del desierto, aceite de pescado, jojoba , neem, semilla de albaricoque, *Moringa oleifera* , sal, grasa de pollo, manteca de cerdo, sebo de res y aceite de cocina usado (Rahman et al., 2012 , Avinash et al., 2014 , Baiju et al.,

2009 , Godiganur et al., 2009 , Kaul et al., 2007 , Aydin y Bayindir, 2010 , Usta, 2005 , Li et al., 2009 , Özcanlımath et al., 2011 , Atabani et al., 2012).

(Anwar et al., 2019) La producción de biodiesel a partir de diversas materias primas ha sido un área de investigación popular en los últimos tiempos. Los investigadores han explorado muchos tipos de materias primas que representan una variedad de fuentes. Por lo general, estas especies se seleccionan en función de algunos parámetros clave, como un rendimiento vegetal razonable, un mayor contenido de aceite, una alta tasa de conversión a biodiésel, la disponibilidad local y la rentabilidad. Las plantas que adsorben menos cantidad de agua, requieren menos tratamiento y pueden crecer en suelos marginales, en diversos contextos climáticas y no son competentes para consumo humano son ideales para la materia prima de biodiesel. Una vez más, las propiedades físicas y químicas como la densidad, viscosidad cinemática , mayor valor de calentamiento, el número de cetano , valor de yodo, el punto de obstrucción del filtro frío y similares pueden indicar una materia prima de biodiésel adecuada. Además, una materia prima de biodiésel adecuada debe ser adecuada para su producción al precio más bajo posible y en abundancia, en comparación con los precios del diésel en el mercado competitivo. Algunos investigadores (Rahman et al., 2012) mencionan que el precio y el suministro de materia prima costará más del 75% del costo de producción de biodiesel.

La potencialidad de los residuos de aceite de semilla de *Carica papaya* como materia prima de biodiesel de segunda generación nunca se ha investigado en Australia. Aunque, muy pocos investigadores de otros lugares del mundo han investigado biodiésel de aceite de semilla de *Carica papaya* (PSO) de segunda generación (Gumus y Kasifoglu, 2010 , Wang y Yu, 2012 , Fadhil, 2017 , Fan et al., 2016 , Wang, 2013 , Ullah et al., 2009 , Jannatizadeh et al., 2008 , Yadav et al., 2017 , Wong y Othman, 2014 , Agunbiade y Adewole, 2014 , Mohan y Sen, 2015). El estudio actual ha revisado los detalles del biodiesel de *Carica papaya* e identificado algunos desafíos y soluciones para usar *Carica papaya* como fuentes alternativas de biodiesel para el sector de transporte australiano.

(Nayak y Vyas, 2019) Investigaron la transesterificación asistida por microondas de aceite de papaya bajo la potencia fija de microondas de 700 W y agitación magnética constante, se enfocaron en la la optimización del rendimiento de ésteres metílicos de aceite de papaya usando metodología de superficie de respuesta, encontrándose altos rendimientos del biodiesel, con un valor del 99,3%, este presentó propiedades cercanas a las normas ASTM, lo cual lo convierte a esta materia prima en potencial como alternativa al diesel.

Otros estudios como los de (Patel y Nayak 2017) han reportado alto porcentaje de biodiesel utilizando aceite de *Carica papaya*, ellos utilizaron NaOH al 0,5% como catalizador con una relación molar de metanol: aceite de 9:1 y obtuvieron un rendimiento de biodiésel del 96,7%.

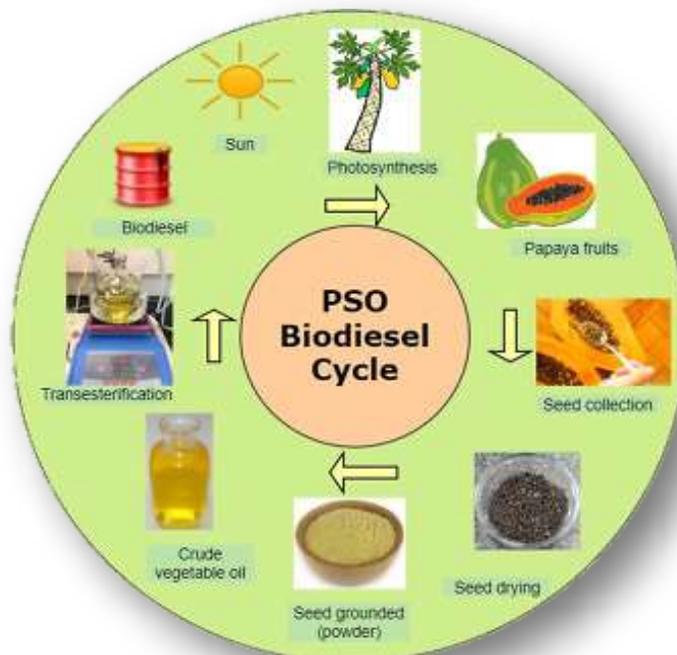


Figura 35. Pasos del ciclo de vida para la producción de biodiésel a partir de aceite de semilla de *Carica papaya linn* (Anwar et al., 2018).

4.3.8. Beneficios y utilidades de otras partes de la planta de papaya (*Carica papaya linn*)

Se sabe que las diferentes partes de la *Carica papaya* (fruto, raíz, tallo, semillas y hojas) se utilizan como efecto terapéutico por los beneficios que logran brindar en muchos países. Los curanderos tradicionales utilizan diferentes partes de esta planta para tratar la diabetes, la inflamación, la depresión y para regular la presión arterial y los niveles de colesterol (Elgadir et al., 2014). Además del fruto, también se utiliza el látex, las hojas, el tallo, raíces y semillas, que tienen múltiples aplicaciones en la industria, la cosmetología e incluso en la medicina.

- **Fruto**

El fruto fresco de *Carica papaya* contiene cantidades de compuestos bioactivos y de valores nutraceuticos, que hace que brinden beneficios potenciales para la salud (Navarro, 2016). *La Carica papaya* es una rica fuente de antioxidantes, existen reportes que la fruta madura es utilizada como laxante, abortivo, antibiótico, antibacteriano y digestivo. Además, el jugo de *Carica papaya* es empleado para el tratamiento de las verrugas y las úlceras. El

vino o elixir hecho con la pulpa de la fruta madura es atractiva como expectorante, sedativo y por su acción tonificante. Desde que se conoció la *Carica papaya*, logra decirse que hay un remedio vigoroso y nutritivo contra la dispepsia. El consumo de esta fruta calma las afecciones digestivas debidas a deficiencias hepáticas o de otro origen. También puede combatir la acidosis por ser alcalina. El simple hecho de que la *Carica papaya* facilite la digestión y asimilación de las cantidades de proteína, abre una gran oportunidad a los afectados de tuberculosis. Los niños anémicos y las mujeres en etapa de embarazo o aquellas, hallarán alivio en la *Carica papaya*, que les ofrecerá el calcio necesario con su fijador de vitamina C, hierro, fósforo y la provitamina A, tan necesaria en estos casos. Otra de las ventajas es que la *Carica papaya*, ingerida en ayunas, es buena para el asma y la ictericia. Homeópatas manifiestan que es un depurativo de la sangre.

(Maisarah et al., 2014) informaron en su estudio “Análisis próximo, actividades antioxidantes y antiproliferativas de diferentes partes de *Carica Papaya*” que los extractos del fruto maduro de *Carica papaya* mostraron una gran cantidad de antioxidantes y efecto antiproliferativo sobre las líneas celulares de cáncer de mama. Los autores no pudieron atribuir las propiedades antioxidantes y antiproliferativas de los extractos a los compuestos fenólicos o carotenoides del fruto. Esto se debe ha que hay muchos compuestos bioactivos que interactúan en multiples formas de presentar propiedades antioxidantes, antiproliferativas y anticancerígenas.

Para la producción de un excelente fruto como es la *Carica papaya*, y mantener sus beneficios funcionales, es necesario un equilibrio desde el cuidado del cultivo, esto es de gran importancia a nivel mundial debido a que frena el daño climatológico del suelo y de esta manera contribuye al fruto un elevado y adecuado contenido de vitaminas. La transformación de las condiciones agrícolas culturales, la pérdida de biodiversidad, la degradación de las tierras productivas y los eventos meteorológicos extremos intensifican cada vez más la situación de la producción de alimentos la cual afronta retos y desafíos que imponen la necesidad de diversificar y desarrollar técnicas en favor al medio ambiente para mitigar cada una de estas condiciones, los nuevos cultivares con tecnologías fundadas en un manejo agrónomico sostenible, con experiencias culturales y fitosanitarias están consiguiendo adaptarse al cambio climático y otras amenazas emergentes que alteran al medio ambiente (Pons et al., 2017).

- **Látex**

El látex tratado y deshidratado, obtiene el aspecto de polvo blanquecino o café claro que se llama papaína cruda, semirrefinada o refinada según su pureza y tratamiento. La papaína es una enzima estable y de amplia especificidad, que le permite degradar proteínas de distinta naturaleza y en una extensión superior a otras enzimas proteolíticas, características que

benefician su empleo en elaboraciones farmacéuticas (Gomes et al., 2008) que se utilizan para aliviar las vías respiratorias, en el tratamiento de lesiones traumáticas o inflamatorias, en la degradación de proteínas para consumo humano, usado para el tratamiento de la malaria, la hipertensión, diabetes, hipercolesterolemia, ictericia y helmintiasis intestinal. En la industria se emplea el látex en la elaboración de enlatados, conservas, en la industria cosmética como suavizante dermatológico y revitalizador facial y en la industria alimentaria se usa como ablandador de carnes (Larson et al., 2008) y purificador de cerveza, entre otros usos.

- **Flores**

Las flores son utilizadas en infusión para promover la menstruación y su corteza para los dolores de dientes. Las flores hervidas y tomar su extracto como jarabe, ayuda aliviar la tos (Rojop, 2013).

- **Hojas**

Las hojas de *Carica papaya* se han utilizado como tónico para el corazón, en el procedimiento de problemas gástricos, fiebre y la disentería amébrica; las hojas frescas en forma de apósito para heridas, la cataplasma de hojas machacadas de la *Carica papaya* se emplean en el tratamiento de afecciones reumáticas y para reducir tumores elephantoides (La elephantiasis como se conoce mejor a la filariasis linfática, por la deformidad que causa, las piernas de las personas toman el aspecto de las de un elefante). Las hojas de *Carica papaya* sumergidas en agua caliente se emplean localmente para dolores; también en decocción el extracto de las hojas se usa como remedio para el asma. En forma de té (hojas secas) para una diversidad de molestias estomacales y cistitis. Además, el extracto de las hojas de *Carica papaya* tiene efecto vasodilatador y antioxidante que ayuda a la reducción del riesgo cardiovascular, en la actividad anti-tumoral del extracto acuoso en algunas líneas celulares y efecto anti-inflamatorio en ratas diabéticas debido a las propiedades de las hojas de *Carica papaya* han manifestado su actividad antidiabética (Rojop, 2013). Las hojas contienen un alcaloide llamado carpaína que tiene propiedades farmacéuticas y el cual tiene propiedades cardiotónicas. Las hojas picadas se usan como antiséptico y son cocinadas para su utilización en ensaladas de manera similar a la espinaca.

(Wahyuni, 2015) “Nueva toxina en gránulos de bioinsecticida de Extract of Papaya (*Carica Papaya*) Semillas y hojas modificadas contra *Aedes Aegypti* Larvas” reporto un estudio en el caso de larvas que han causado muchos problemas como la resistencia a insecticidas, resurgiendo de especies de plagas, contaminación ambiental, peligros tóxicos para los seres humanos y otros organismos. Para aliviar estos problemas, propuso un mayor énfasis en el uso de productos naturales a base de plantas como larvicidas porque constituyen

una rica fuente de productos químicos bioactivos. También pueden reducir en gran medida el riesgo de efectos ecológicos adversos. La *Carica papaya*, la única especie del género *Carica* de la familia *caricaceae*, los extractos de la hoja de *Carica papaya* se han investigado como larvicidas, el extracto de las hojas es suficiente para matar las larvas de mosquitos. La actividad insecticida del contenido de metabolitos secundarios en las hojas de *Carica papaya*, su naturaleza es tóxica como la saponina, flavonoides y triterpenoide. Los flavonoides funcionan como un veneno estomacal que reduce el apetito de las larvas porque las larvas no reconocen los estímulos alimentarios, por lo que con el tiempo las larvas morirán de hambre. La saponina es una toxina soluble en agua, y cuando ingresa al cuerpo en larvas puede resultar en hemólisis en los vasos sanguíneos lo que resulta en la muerte de las larvas. Los triterpenos son compuestos de toxicidad aguda cuando es aplicado tópicamente y / o incorporado al agua. Triterpenoide que reduce la alimentación y aumenta mortalidad. El uso de extractos de hojas *Carica papaya* como larvicidas es relativamente más seguro para el medio ambiente, porque es una sustancia natural, no es tóxica. El extracto de hoja de papaya en un cuerpo de agua podría afectar el color y el sabor, para aliviar estos problemas es necesaria la formulación de gránulos. La prominencia de los extractos granulados ha dado lugar a una serie de nuevas tendencias en términos de composición de fórmulas y dosis. El desarrollo de gránulos de extracto concentrado tiene una naturaleza consistente y fácilmente cuantificable.

Estos extractos proponen ser una alternativa debido a que no provocan efectos secundarios al medio ambiente y al ser humano.

- **Raíz**

El cocimiento de las raíces de *Carica papaya* sirve de purgante, tónico del sistema nervioso y remedio para la indigestión. Las raíces hervidas se pueden consumir de manera similar a la yuca y otro tipo de raíces. Estas raíces molidas y maceradas con agua, muchos las utilizan contra el dolor de barriga, gonorrea, se utilizan como terapéutica por sus características medicinales en muchos países, la cataplasma de raíz se utiliza para las picaduras de ciempiés (Rojop, 2013).

(Adeleke et al., 2018) reportaron en su estudio la distribución ampliamente del arsénico en el mundo natural, que se considera la forma más venenosa, y el arsénico, por lo que las moléculas orgánicas que contienen arsénico suelen ser menos venenosas. Debido a la amplia propagación en el medio ambiente, este metal pesado afecta al medio ambiente penetrando en el aire, agua y suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación por arsénico está muy extendida debido a su fácil dispersión, los seres humanos entran en contacto con este metal pesado con mucha frecuencia, la forma habitual de entrar en contacto con el arsénico inorgánico es, por ejemplo, a través del agua. Las primordiales fuentes de contaminación de arsénico por procedencia humana son la fundición

de metales industriales, quema de arboles, la industria de semiconductores y la liberación de minerales ricos en arsénico durante la extracción minera de otros compuestos. El contacto prolongado con el arsénico produce una amplia gama de efectos dañinos. Este metal está clasificado como agente cancerígeno humano de clase I. la ingesta aguda de arsénico induce lesiones en tejidos como el riñón, el hígado, el intestino y el cerebro.

Las plantas han demostrado ser una buena fuente para el desarrollo de preparaciones teraéuticas. De la *Carica papaya* han informado propiedades antioxidantes a excepción de la raíz, por lo que el objetivo de este estudio fue verificar los potenciales genoprotectores del extracto acuoso de la raíz de la *Carica papaya* contra los efectos genotóxicos inducidos por el arsénico. Se examinó el efecto antioxidante y genoprotector del extracto acuoso de raíz de *Carica papaya* en un modelo de rata de genotoxicidad inducida por arsénico, es evidente que los extractos acuosos de raíz de *Carica papaya* contienen un alto contenido de fenol total. Estos resultados muestran que el arsénico incluye efectos pro-oxidativos y genotóxicos, según lo estimado por las aberraciones cromosómicas de la médula ósea y las pruebas de micronúcleos en ratas, y que el extracto acuoso de raíz de *Carica papaya* en las dosis probadas revierte los efectos pro-oxidativos y genotóxicos infligidos por el arsénico. Tratar de mitigar el problema medio ambiental que deja el arsénico es de gran importancia, el arsénico puede ser eliminado del agua de varias maneras. Por ejemplo, por técnicas de purificación de agua que consisten en la coagulación con hierro y aluminio, adsorción por alúmina activa, intercambio iónico y filtración por membrana, de esta manera se contribuye a la disminución del daño ambiental que ocasiona el arsénico.

- **Tallo**

La planta de *Carica papaya* se ha cultivado ampliamente en la mayoría de los países, incluidas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La *Carica papaya* tiene un alto valor energético y muchas vitaminas y minerales, se ha utilizado ampliamente para la síntesis bioquímica de diferentes compuestos farmacéuticos. El mundo ha sido testigo de gran parte del énfasis en la energía y temas relacionados en las últimas décadas. El continuo agotamiento de la reserva de combustibles fósiles junto con el aumento de los precios del combustible ha llamado la atención mundial hacia el desarrollo de alternativas que sean renovables, sostenibles, eficientes y rentables sobre todo con el medio ambiente, el biodiesel es considerado como uno de los pioneros para ser tomado como automóvil sustituido de combustible. El biodiesel es un combustible oxigenado, biodegradable y no tóxico, se produce por transesterificación de triglicéridos de aceites o grasas con alcohol (metílico o etílico) en presencia de un catalizador adecuado. En los últimos años, la utilización de productos ecológicos y reutilizables como catalizador heterogéneo ha surgido como componente principal de química verde (Gohain et al., 2019).

En el contexto de la sostenibilidad, la economía y el medio ambiente, el uso de los catalizadores renovables preparados a partir de biomásas se han utilizado cada vez más. El tallo de la *Carica papaya* es generalmente de 5 a 10 m de largo, los cultivadores descartan el tallo de *Carica papaya* después de que lo encuentran inútil para la productividad y luego, el tallo se convierte en desperdicio. Debido a esto, se enfatiza en la utilización de desechos (tallo de *Carica papaya* desechado) como fuente para la síntesis del biocatalizador, como fuente de biocatalizador heterogéneo que sería no tóxico, rentable, renovable, reciclable y de naturaleza respetuosa con el medio ambiente con una amplia aplicación, es decir, para transesterificación y condensación de Knoevenagel reacción. Por lo tanto, es un enfoque en la preparación de verde catalizador heterogéneo de base sólida bajo el protocolo de biorresiduos. La utilización ha sido investigada efectivamente que cumple con los amplios alcances de transformación química (Gohain et al., 2019).

La química verde fue diseñada como propuesta novedosa para reducir y/o eliminar los problemas ambientales derivados de actividades industriales como utilizar catalizadores, y deben emplearse catalizadores selectivos y reutilizables posibles, lo cual beneficia al medio ambiente para reducir la emisión de sustancias contaminantes al ambiente, mejorando la calidad de vida de las personas que podrían verse afectadas, bien sea para mejorar los sistemas de producción ya existentes, reduciendo la producción de especies contaminantes o para evitar la contaminación en los efluentes de instalaciones, para reducir contaminantes atmosféricos en efluentes gaseosos de sistemas de combustión para generación de energía, en los gases de escape de los vehículos o los sistemas catalíticos para la oxidación de contaminantes refractorios en aguas industriales (Cordero y Rodríguez, 2008).

5. CAPÍTULO IV: MÉTODOS EMPLEADOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE *Carica papaya* linn

5.1. ACEITES VEGETALES: DEFINICIÓN

Los aceites vegetales son productos naturales en estado líquido a temperatura de 20°C (Arango, 2011), los cuales son obtenidos a partir de semillas, frutos o nueces, mediante los métodos como prensado, extracción con solventes o combinación de los mismos, entre otros (Nour et al., 2018). Algunos no son aptos para consumo humano, se ha establecido que las propiedades de los aceites vegetales son directamente proporcionales al tipo de grasa de su fuente. Los aceites son ésteres desarrollados por la unión de ácidos grasos con glicerol. Forman los compuestos más estables, no son fácilmente degradables, no se diluyen en el agua y tienen menor densidad que esta. Algunos autores lo precisan como un líquido graso, que se adquiere principalmente de algunos vegetales y se utiliza con fines alimenticios, energéticos o lubricante. Igualmente se deterioran químicamente con el tiempo, debido al proceso de oxidación; esta causa se conoce como rancidez, el cual constituye una de las principales causas de pérdida de la calidad de alimentos con un alto grado de lípidos (Knothe et al., 2005).

5.1.1. Perfil aroma

Las características sensoriales y de calidad de los aceites comestibles están influenciadas por su aroma. Ha habido controversias en torno al aroma del aceite de semilla de *Carica papaya*. Estudios realizados han informado que este aceite no tiene olor. Sin embargo, utilizando una nariz electrónica (zNose), (Yanty et al., 2014) se percataron que el aceite de semilla de *Carica papaya* tenía un perfil de aroma diferente en comparación con otros aceites de semilla como la lima almizclera, el rambután y la melaza. El autor no informó los compuestos aromáticos individuales presentes en el aceite y no es mucha la información que se encuentra al respecto, por lo que se necesita más investigación para comprender mejor las propiedades únicas de aroma del aceite de semilla de *Carica papaya*.

5.1.2. Estabilidad oxidativa

En algunos estudios se encontró que el índice de estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *Carica papaya*, medido con un instrumento Rancimat, fue de 77,97 h (Malacrida et al.,

2011). Este valor fue 6,3–7,8 veces más alto que los aceites de soya y girasol (Malacrida et al., 2011). El autor postuló que la alta estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *Carica papaya* se debe a sus bajas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA, por sus siglas en inglés). Otro estudio de De Melo y de Sousa en el 2016, midió la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de *Carica papaya* a 65 ° C durante 25 días. Su estudio mostró que el aceite de esta semilla tenía una estabilidad termo oxidativa alta ya que el valor de peróxido registrado al final del experimento era inferior al valor necesario para la formación de compuestos oxidados.

5.2. COMPOSICIÓN DE LOS ACEITES

De acuerdo a un estudio elaborado por especialistas de la FAO/OMS, las grasas alimentarias encierran todos los lípidos de los tejidos vegetales y animales que se ingieren como alimentos. Los lípidos son compuestos orgánicos que se originan de manera natural. Químicamente son ésteres de tres moléculas de ácido graso con glicerina, que se conocen con el nombre de triglicéridos. Son sustancias oleaginosas, grasosas, más ligeras que el agua e insolubles en ella. Las grasas están compuestas por triglicéridos de origen animal, formados por ácidos grasos saturados, sólidos a temperatura ambiente. Se encuentran en los lácteos, carnes, etc. Los aceites corresponden a los triglicéridos de origen vegetal, que contienen ácidos grasos insaturados, por lo que son líquidos a temperatura ambiente (Espitia y Zapata, 2010). La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los procesos a una mezcla de 95% de triglicéridos (triésteres desarrollados por la reacción de los ácidos grasos) y 5% de ácidos grasos libres, esteroides, ceras y otros componentes minoritarios (Narvaéz et al., 2007).

5.2.1. Triglicéridos

Químicamente se podría definir a los triglicéridos como la unión de tres ácidos grasos a una molécula de glicerina (Tórriz, 2015). Las grasas son triglicéridos, como su nombre lo indica, son derivados de las grasas, son ésteres del glicerol con tres moléculas, habitualmente diferentes (Rojas, 2019). Los triglicéridos son de gran importancia en el desarrollo de nuestro organismo debido a su alto contenido de energía, está presente en los aceites vegetales y en las grasas por lo que es importante no excederse en su consumo (Torres et al., 2013). Su principal función es la reserva energética, existe una gran variedad de ácidos grasos y en consecuencia, de triglicéridos (Espitia y Zapata, 2010).

5.2.2. Colesterol (LDL y HDL)

El colesterol es un esteroide constituyente esencial de las membranas celulares. Además, se halla almacenado dentro de las células en forma de ésteres de colesterol. Sus funciones primordiales provienen de su papel como componente de las membranas y de su naturaleza esteroidea ya que es precursor de hormonas como la testosterona y la aldosterona y de la vitamina D. El colesterol procede de la dieta o, en su mayor parte, de la síntesis endógena en el hígado.

El colesterol es transportado en sangre unido a proteínas, en manera de ésteres de colesterol, constituyendo los quilomicrones, las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y las lipoproteínas de alta densidad (HDL). La LDL transporta el colesterol del hígado a los tejidos y la HDL lo transporta de los tejidos al hígado para su excreción con la bilis. El colesterol de la bilis logra reiteradamente ser reabsorbido. También, el colesterol es precedente de las sales biliares (Espitia y Zapata, 2010).

- Colesterol LDL (Lipoproteína de Baja Densidad). Este tipo de colesterol se denomina colesterol “malo”. Puede ayudar a la alineación de una acumulación de placas en las arterias, un estado conocido como aterosclerosis. Los niveles de LDL deben ser bajos. Para favorecer la reducir de los niveles de LDL:
 - Hay que evite los alimentos ricos en grasas saturadas, el colesterol contenido en su dieta y el exceso de calorías.
 - Realizar más ejercicios.
 - Mantener un peso saludable (Espitia y Zapata, 2010).

- Colesterol HDL (Lipoproteínas de Alta Densidad). Este tipo de colesterol se denomina comúnmente colesterol “bueno”, y es un tipo de grasa en sangre que ayuda a eliminar el colesterol contenido en la misma, impidiendo la acumulación de grasa y la formación de placa. El HDL debe ser lo más alto posible. Con continuidad se puede aumentar el HDL si:
 - Se realiza ejercicio durante por lo menos 20 minutos tres veces por semana (Espitia y Zapata, 2010).
 - Se evita el consumo de grasas saturadas.
 - Se conserva un peso corporal saludable o se adelgaza.

Algunos casos se pueden requerir medicamentos. Dado que elevar el HDL puede ser difícil, se debe trabajar con el médico para elaborar un plan terapéutico. (Espitia y Zapata, 2010).

5.3. ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son moléculas formadas por largas cadenas hidrocarbonadas, de estructura lineal, usualmente con un número par de átomos de carbono, y en un extremo un grupo carboxilo. Su fórmula química es $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_n \text{COOH}$, (n indica la cantidad de grupos metilénicos que forman la cadena hidrocarbonada) (Herrera y Méndez, 2008), la mayoría de los ácidos grasos que se encuentran como glicéridos pueden ser saturados o insaturados.

Los ácidos grasos también se denominan componentes orgánicos de los lípidos que proporcionan energía al cuerpo y permiten el desarrollo de los tejidos. Puede que sean saturados, poliinsaturados o monoinsaturados, ya depende de la presencia o ausencia de uno o más pares de dobles enlaces carbono-carbono dentro de la molécula. Los ácidos grasos difieren entre sí por su longitud, número y posición de enlaces dobles entre carbonos consecutivos (C=C). Esto permite clasificarlos en saturados e insaturados (Espitia y Zapata, 2010).

5.3.1. Ácidos grasos saturados

Son aquellos con la cadena hidrocarbonada repleta de hidrógenos, por lo cual, no tienen enlaces covalentes doble en su estructura, se encuentran en los lípidos y están esterificados con el glicerol, predominan principalmente en todas las grasas y aceites, aunque se encuentran principalmente en la grasa animal existen también productos vegetales saturados como la manteca de cacao y el aceite de palma, cacahuete y coco (Cabezas et al., 2016).

Químicamente, los átomos de carbono (menos el átomo terminal) están incorporados a dos átomos de hidrógeno, es decir, que están “saturados” de hidrógeno. Este tipo de grasas resultan del reino animal, menos el aceite de coco y cacao, son sólidas a temperatura ambiente. Su consumo está afín con un aumento de colesterol sanguíneo y con la presencia de padecimientos cardiovasculares (Espitia y Zapata, 2010).

En este tipo de ácidos los dos átomos de carbonos ubicados de manera consecuente quedan unidos a un solo átomo de hidrógeno. Por lo que al ser insaturados son capaces de fijar más hidrógeno. El principal representante es el ácido oleico, presente primordialmente en el aceite de oliva (54 - 80%). Esto lo convierte en el aceite más conveniente para las frituras por ser resistente a la descomposición química que inducen las altas temperaturas y por ser menos absorbido por la superficie de los alimentos que se fríen en él, lo que desarrolla la digestibilidad de éstos y reduce su valor calórico final (Espitia y Zapata, 2010).

5.3.2.2. Ácidos grasos poliinsaturados

Estos ácidos conservan dos o más pares de átomos de carbono “insaturados” y se conocen como omega (ω); como la ubicación del grupo metilo terminal existen tres familias: ω -3, ω -6 y ω -9 (Hernandez, 2019). Este ácido conserva dos o más pares de átomos de carbono “insaturados” y tienen el beneficio de reducir el colesterol total y la concentración de colesterol malo (LDL). Pero estas grasas presentan el inconveniente de oxidarse con facilidad, interviniendo en procesos de alineación de radicales libres que son perjudiciales para la salud. Aunque, el organismo consigue inactivar estos procesos mediante sustancias antioxidantes, no es prudente abusar de las grasas poliinsaturadas. Debido a esto, es recomendable que su consumo sea de un 3 - 7% del total de la grasa, sin exceder nunca el 10%. El ácido graso poliinsaturado más frecuente es el ácido linoleico presente en altas proporciones en el aceite de girasol y en el de uva (Espitia y Zapata, 2010).

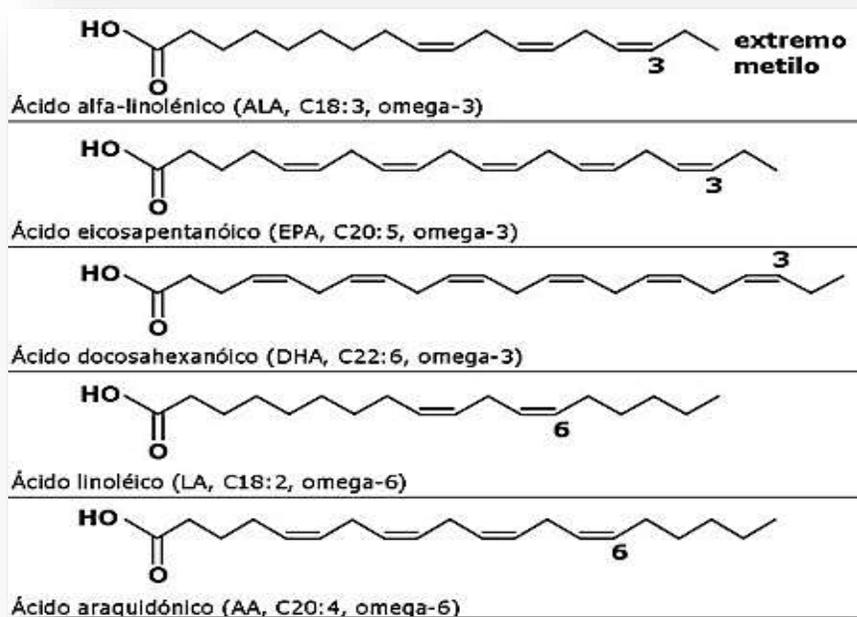


Figura 37. Ácidos grasos Omega - 3 y Omega - 6 (Pantoja y Maldonado, 2012).

5.3.3. Ácidos grasos isoméricos (Cis y Trans)

Se producen habitualmente cuando los aceites vegetales insaturados se hidrogenan parcialmente para originar grasas más sólidas, más plásticas o más estables. De estos procesos se generan distintos isómeros en cis y trans (Espitia y Zapata, 2010). Los ácidos grasos cis, presentan los dos átomos de hidrógeno del doble enlace en el mismo lado de la molécula, lo cual otorga un “codo” en el punto donde está el doble enlace, la mayoría de los ácidos grasos naturales poseen configuración cis y en el caso de los ácidos grasos trans los dos átomos de hidrogeno se encuentran uno a cada lado del doble enlace y causa que la molécula sea rectilínea; se sitúan fundamentalmente en alimentos elaborados que han sido sometidos a hidrogenación, con el fin de solidificarlos (Espitia y Zapata, 2010).

5.3.4. Ácidos grasos esenciales

Son necesarios para el ser humano y el organismo no los logra sintetizar, por lo que se obtienen de los alimentos. Se trata de ácidos grasos poliinsaturados. En el ser humano es esencial la ingestión en la dieta de dos series de ácidos grasos, el ácido linoleico (Omega-6) y el ácido linolénico (Omega-3) (Espitia y Zapata, 2010).

5.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE ACEITES VEGETALES COMESTIBLES: COMPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

Dentro de las características generales de los aceites vegetales más consumidos por el ser humano en primer lugar, se encuentra:

- El aceite de palma, extraído a partir de la nuez del fruto de la palma cuyo nombre científico es: *Elaeis guineensis Jacq* (Sierra, 2013), contiene un aporte mayoritario de ácidos grasos saturados (AGS) constituido por el ácido palmítico (AP) (39,3-47,5%) y ácido esteárico (AE) (3,5-6,0%), también de los ácidos grasos monoinsaturados (AGM) con una contribución de ω -9 del 36 al 44% y una colaboración más baja de los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) del 9 al 12% constituido por el ω -6 (Rincón y Martínez, 2009).

El aceite de palma (*Elaeis guineensis Jacq*), es apto para el consumo humano y es a nivel mundial el que mayor producción, importación, exportación y consumo doméstico presenta (USDA, 2017). Características como la resistencia a la oxidación, su elevado punto de fusión y su bajo costo han contribuido a la expansión de su uso en la amplia variedad de productos para la industria de alimentos, entre los cuales se encuentran los aceites de cocina, mantecas, bases para margarinas, y para la industria oleoquímica, materias primas para la fabricación de jabones, dentífricos y cremas, velas y grasas lubricantes; incluso, puede ser materia prima en la obtención de biodiesel (Fattore et al., 2014).

Efecos sobre la salud

En Colombia, considerando la alta prevalencia de enfermedades causadas por la deficiencia de vitamina A, entre ellas xeroftalmia en niños e infecciones respiratorias en adultos, el consumo de aceite de palma, origen natural de carotenos, podría convertirse en un factor fundamental en el manejo y prevención de dichas enfermedades. El aceite de palma contiene antioxidantes naturales (carotenos y vitamina E), por lo cual se le atribuye un efecto protector contra el cáncer y distintas enfermedades degenerativas asociadas con los llamados procesos de oxidación de radicales libres. Se han elaborado un orden de ensayos en humanos en donde se muestra que la oleína de palma (fracción del aceite de palma rica en ácido oleico), su contenido en ácidos grasos saturados (ácido palmítico) logra reducir el colesterol, comparados con dietas ricas en diferentes ácidos grasos saturados como son el láurico

y mirístico (Durán et al., 2015). Sin embargo, estudios epidemiológicos manifiestan que el consumo común de aceite de palma no altera significativamente el perfil lipídico, según los autores, esto se imputa a que la composición del aceite de palma es similar a la grasa del tejido de los humanos.



Figura 38. Aceite de Palma (*Elaeis guineensis Jacq*), (ruksutakarn, 2020)

- En segundo lugar, se encuentra el aceite de soja o soya, aceite obtenido a partir del prensado del frijol de soya (*Glycine max*), industrialmente hace parte del consumo humano y para animales (Durán et al., 2015). Su composición muestra cerca de un 16,6% de AGS dado fundamentalmente por el AP, entre los AGM y AGP se encuentra compuesto por el 22% de ω -9, 53% de ω -6, y un pequeño aumento de ω -3 con un 0,05% (Agüero et al., 2015). El aceite de de soya muestra altos niveles de AGP, siendo el AL el principal (53%), ácido oleico (22%) y ácido alfa linolénico (ALA) (0,05%) y AP (16,6%) (Li et al., 2014) y se utiliza principalmente para freír y cocinar, sin embargo, muestra una estabilidad mínima a otros aceites (Durán et al., 2015). Los aceites vegetales son los principales en origen de ácidos linoleico y linolénico.

El aceite de soya (*Glycine max*), es de alta digestibilidad, considerado por muchos científicos como un aceite de alta calidad en comparación a otras grasas y aceites comestibles por su elevado contenido de ácido AL, un ácido esencial que no produce

el organismo, precursor de los 8 ácidos Omega -3, cuya función es reducir el colesterol LDL. (Bahamóndez, 2016).

Efectos sobre la salud

El alto consumo de este aceite en el individuo presenta menor riesgo de contraer patologías cardiovasculares, osteoporosis y hasta algunos tipos de cáncer. Un estudio realizado en hombres mayores de 50 años reveló que el aceite de soya en parte hidrogenado alteraba de manera negativa el perfil lipídico en asimilación con el aceite de soya normal y el de canola (Durán et al., 2015). En otro estudio con adultos mayores que recibieron aceite de soya durante 6 meses se observó que presentaron menor incremento de la variabilidad de la frecuencia cardiaca con respecto a los que recibieron aceite de pescado (Durán et al., 2015). Asimismo, el aceite de soya contiene isoflavonas que se han agrupado con la disminución de la firmeza a la insulina y el perjuicio oxidativo.

Estudio en ratones C57BL/6 J alimentados con aceite de soya calentado, mostro que aumentaba la masa grasa a pesar de presentar una disminución del peso (Penumetcha et al., 2013). En un estudio realizado por Ribeiro Junior y alguno de sus colegas en ratas Wistar, que fueron alimentadas durante 2 semanas con aceite de soya, se observó que estas ratas, disminuyeron la frecuencia cardiaca incrementando el rendimiento ventricular izquierdo (Ribeiro et al., 2010). Finalmente, un estudio con 6 grupos de ratas hipertensas, se les proporcionó diferentes tipos de aceite para establecer el efecto sobre la presión arterial, permitió confirmar que el aceite de soya no es el más favorable, comparado con el aceite de pescado, canola, palma, oliva (Durán et al., 2015). Otro estudio elaborado en ratas macho de la cepa SHRSP, alimentados con aceite de soya no desarrolla el promedio de vida de las ratas, mientras que en las nutridas con el aceite de canola se observó un resultado positivo (Papazzo et al., 2011).



Figura 39. Aceite de Soya (*Glycine max*), (volosina, 2020)

- En tercer lugar, se encuentra el aceite de canola (*Brassica napus*), es un aceite extraído de la semilla de una planta perteneciente a la familia de las *Brassicaceae* (Agüero et al., 2015). Cuya composición de ácidos grasos (AG's) en comparación de algunos aceites se caracteriza por mostrar la mínima concentración de AGS (7%), cantidades importantes de AGM y AGP, incluyendo al ácido oleico 61%, AL 21% y ALA 11%, además contiene esteroides vegetales (0,53-0,97%), y tocoferoles (700-1,200 ppm) (Gustone, 2011). Una alta concentración de AGM (61%) y moderado aporte de AGP (29 %), estos últimos constituidos por un aporte de 20% y 9% de ω -6 y ω -3, respectivamente (Giacopini, 2012).

Efectos sobre la salud

El consumo de aceite de canola (*Brassica napus*), aumenta el colesterol de lipoproteínas de alta densidad (C-HDL) y disminuye las concentraciones de triglicéridos (TG) y colesterol total (CT). El aceite de canola provoca la reducción de las concentraciones TG, CT y C-HDL entre otras, promoviendo así la salud cardiometabólica. El aceite de canola es anti-inflamatorio por lo que el consumo de

este aceite es beneficioso para prevenir y controlar enfermedades promovidas por la inflamación. También tiene efectos beneficiosos en la prevención de enfermedades cardíacas (Giacopini, 2012).

El aceite de canola ha mostrado un efecto cardioprotector importante debido al elevado contenido de AGM, a través de la regulación de los lípidos plasmáticos, de lipoproteínas y aumento de la sensibilidad a la insulina (Senana et al., 2014). Nuevos estudios muestran que el consumo de canola logra tener efectos beneficiosos sobre biomarcadores, como lo observado en el estudio cruzado elaborado en 36 voluntarios, que absorben aceite de canola (24,5 Energía %) por un periodo de 4 semanas, mostrando una reducción significativa del colesterol total (CT) y colesterol LDL (Gilling et al., 2011).



Figura 40. Aceite de Canola (*Brassica napus*), (mayakruchankova, 2020)

- El en cuarto lugar, se encuentra el aceite de girasol, se obtenido de la grasa que es originada de la semilla del girasol (*Helianthus annuus*), en su composición nutricional se cuenta un gran contenido de AGP con el 62,3%, proporcionado por el ω -6 con un 62,21%, mientras que el ω -3 representa el 0,06%. El aceite de girasol está compuesto por un 63-78% de AL y un mínimo en contenido de ALA en un 0,06%, el aceite de girasol se establece por una elevada proporción de AL/ALA. los ácidos oleico y esteárico son los primordiales AGM y AGS, respectivamente. Industrialmente hay tres formas principales de aceite de girasol aprovechables en el mercado. La principal

forma es el aceite de girasol alto en AGPI con un 75%, la segunda es aceite de girasol de alto contenido en ácido oleico con un 45% de AGM y el tercero es aceite de girasol en alto contenido de ácido esteárico con un 14% (Durart et al., 2014).

Efectos sobre la salud

El aceite de girasol (*Helianthus annuus*), tiene variedad de beneficios, sin duda el más importante como aceite comestible ya que por su alto contenido de vitaminas E, es un antioxidante que reduce los radicales libres, previene enfermedades como el cáncer, protege la piel de los rayos UV, ayuda a la retención de humedad en la piel por esta razón se usa mucho en productos de higiene y en cosmética., previene enfermedades cardiovasculares por la presencia de ácido linoleico, que es benéfico para prevenir el aumento del colesterol y triglicéridos en la sangre y como las grasas poliinsaturadas no son sintetizadas en el cuerpo, lo ideal es consumir alimentos ricos en ellas, sin embargo no deben consumirse en exceso ya que pueden ser perjudiciales y reaccionar con el organismo oxidando la sangre y dañando las arterias, puede elevar los niveles de presión arterial y causar obesidad; es un aceite que tiene propiedades antiinflamatorias, ayuda a mejorar dolores en las articulaciones, previene enfermedades degenerativas como la artritis, reduce el riesgo de sufrir infartos, también proporciona al cuerpo de una frontera protectora que resiste cualquier invasión infecciosa en bebés y es uno de los aceites más consumidos a nivel mundial después del aceite de oliva (González, 2016).

El aceite de girasol ayuda a la disminución de la aterosclerosis. Además, si su consumo es elevado puede conducir a efectos pro-oxidantes y por lo tanto aumentar la susceptibilidad a los problemas cardiovasculares (Durán et al., 2015).



Figura 41. Aceite de Girasol (*Helianthus annuus*), (jcomp, 2020)

- En quinto lugar, está el aceite de maíz, el cual es categorizado como un subproducto de la molienda húmeda del maíz (*Zea mays*), cuya composición nutricional de AG's está dado por un 54,7% de AGP, 27,57% de AGM y 12,9% de AGS (Suaterna, 2009).

Efectos sobre la salud

El aceite de maíz (*Zea mays*), es rico en vitamina E, contribuyendo a que sea ideal para prevenir enfermedades circulatorias, vasculares, neurológicas o de esterilidad. El aceite de maíz es muy beneficioso para el sistema circulatorio debido a sus propiedades antioxidantes y resulta provechoso para fortalecer la visión, a parte ayuda a la prevención de enfermedades de Parkinson. En la parte industrial cosmética el aceite de maíz está orientado en el uso de tratamientos de las afecciones de la piel, hidratación de los cabellos secos y dañados, y en combatir el envejecimiento de la epidermis debido a sus propiedades antioxidantes (Bernardi, 2016).

Recientemente el consumo de aceite de maíz se ha incrementado, aunque este aceite junto al de girasol pueden reducir la síntesis de colesterol, se consideran muy sensibles a la oxidación frente a la formación de radicales libres debido a su alto contenido de AGP, resultando en la disminución de la fluidez de membrana, lesiones de las células y puede causar la formación de placas ateroscleróticas (Haggag et al., 2014).



Figura 42. Aceite de Maíz (*Zea mays*), (user, 2020)

- En sexto lugar, se encuentra el aceite de oliva, el cual es obtenido a partir del fruto del Olivo (*Olea europea*), mediante procedimientos mecánicos o físicos como el lavado, decantación, centrifugación y filtrado (Sierra, 2013). Este tipo de aceite contiene entre un 72-79% de ácido oleico (ω -9) y un 8% de AL (ω -6), además contiene antioxidantes como la vitamina E, carotenos y compuestos fenólicos (hidroxitirosol y oleuropeina), caracterizado, así como un poderoso antioxidante en comparación con otros aceites. (Agüero et al., 2015).

Efectos sobre la salud

El aceite de oliva (*Olea europea*), es un aceite vegetal de usos culinarios, cosméticos, medicinales, religiosos e industriales (Rollán, 2016). El aceite de oliva es el alimento más representativo de la dieta mediterránea, conocido por sus efectos beneficiosos sobre todo en la protección frente a enfermedades cardiovasculares. Es un producto 100% natural con excelentes características organolépticas (olor, color y sabor). El aceite de oliva es el único aceite que puede consumirse crudo sin refinar, acumulando su contenido en ácidos grasos, vitaminas y nuevos productos de muy buena calidad dietética. El aceite de oliva funciona a diferentes niveles, ayuda a preservar la mucosa del esófago de la acidez existente en el contenido estomacal y

favorece la digestión y absorción de nutrientes en el intestino, ayuda a minimizar el riesgo de enfermedades coronarias al disminuir el colesterol total y el LDL o “malo” y conservar o elevar el colesterol “bueno” o HDL, mejora el control metabólico de la diabetes y en la prevención del cáncer (Rollán, 2016).



Figura 43. Aceite de oliva (*Olea europea*), (freepik, 2020)

Se encontraron otra serie de aceites que, a pesar de no estar en la lista de los principalmente consumidos por la población, han sido integrados en la dieta de la misma por sus constituyentes nutricionales, también han sido considerablemente utilizados por la industria agroalimentaria para la obtención de diferentes productos:

- Aceite de linaza, obtenido a partir de semillas de linaza siendo la más conocida (*Linum usitatissimum*), este tipo de aceite se caracteriza por contener altas cantidades de AGP (73%), evaluado por un 57% y 16% de ω -3 y ω -6, respectivamente, seguido de esto se localizan los AGM con un 18% y en mínima proporción los AGS con 9% (Flax Council, 2015). Además, este tipo de aceite se caracteriza por contener flavonoides y compuestos relacionados, los cuales poseen actividades hormonales y efectos antioxidantes (Arango, 2011).

Efectos sobre la salud

El aceite de linaza (*Linum usitatissimum*), es de gran interés para las industrias alimentarias y farmacéuticas, desarrollando productos con efecto benéficos para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, mitigación de los efectos de la diabetes, obesidad, patologías renales, cáncer de colon y recto, disminución del nivel de colesterol sérico y la evacuación intestinal (Solís, 2018).



Figura 44. Aceite de Linaza (*Linum usitatissimum*), (ploskaya, 2020)

- Aceite de avellana, extraído del fruto del avellano común (*Corylus avellana L*), respecto a su composición nutricional del 54,4% del contenido total de grasa, su mayor aporte de AG's está proporcionado por los AGM con un 42,4% transmitido por el ω -9, seguido del 5,7% de AGP representado por 5,5% de ω -6 y 0,1% de ω -3 y en menor aporte los AGS con un 3,9% (FEN, s.f).

Efectos sobre la salud

El aceite de avellana (*Corylus avellana L*), y su gran contenido en ácidos grasos insaturados de cadena larga, lo hace, especialmente atractivo para uso cosmético, porque presenta una rápida absorción y propiedades protectoras de los rayos UV. Este aceite es de tipo dietético y es recomendado para minimizar la presencia de ácidos

grasos saturados en la sangre, principalmente el colesterol. El aceite de avellana es rico en grasas saludables y vitaminas, estos compuestos presentes en el aceite de avellana son muy buenos aliados a la hora de protegernos contra padecimientos del corazón. Los componentes podrían intervenir en la prevención del cáncer por su poder antioxidante, así como por su intervención en la regulación de la diferenciación y proliferación celular, la reducción de la iniciación o promoción tumoral, la inducción de la reparación de daño en el ADN, la regulación de la actividad inmunológica y la respuesta inflamatoria y la inducción o inhibición de enzimas metabólicas y de mecanismos hormonales, estos y muchos más beneficios se pueden obtener de este tipo de frutos secos (González, 2008).



Figura 45. Aceite de avellana (*Corylus avellana L.*), (chandlervid, 2020)

- Aceite de sésamo también conocido como aceite de ajonjolí ya que proviene de la semilla de Ajonjolí (*Sesamum Indicum L.*), este tipo de aceite contiene un 8,3% de AGS, 21,7% de AGM y 25,5% de AGP de los cuales alrededor del 39% corresponde al ω -6 y el 1% al ω -3 (Cortez y Sánchez, 2017).

Efcetos sobre la salud

El ajonjolí es utilizado en la elaboración de aceites comestibles, como es el caso de la margarina que ha sido estimada por los países que la consumen por su sabor agradable y ser fácilmente digerible, también es utilizado como ingrediente en la

industria farmacéutica, en la fabricación de jabones, cosméticos y pinturas. Posteriormente a la extracción del aceite, queda la parte residual (torta) útil para la alimentación del ganado y aves de corral. Contiene de 40 a 50% de proteínas. La semilla de ajonjolí se utiliza en la preparación de pan, galletas y confitería, y cabe resaltar su riqueza nutricional en calcio, hierro, vitamina E y grasas insaturadas. El ajonjolí, al no contener gluten es excelente elección para las personas que sufren de enfermedad celíaca, su contenido proteico es considerado como opción para el aislamiento de proteínas y la preparación de complementos alimenticios especialmente después de haberse extraído el aceite, no es un alimento tóxico, su consumo es seguro y no han sido descritas contraindicaciones del sésamo o ajonjolí, salvo en aquellas personas que experimenten alergia al mismo o a alguno de sus componentes. Aunque el principal uso del ajonjolí es la obtención de aceite comestible por sus propiedades nutricionales, desde hace unos años se estudian el uso y ventajas de los aceites vegetales para operaciones de lubricación respecto a los lubricantes de origen petroquímico, debido a que manifiestan mejor efectividad en condiciones de lubricación según lo citado por (Delgado et al., 2016), el aceite de ajonjolí ayuda a la disminución del colesterol LDL o malo y de triglicéridos, previniendo así de enfermedades del corazón.



Figura 46. Aceite de la semilla de Ajonjolí (*Sesamum Indicum L.*), (Aravena, 2020)

- Aceite de chía proveniente de la semilla de chía (*Salvia hispánica, L.*), es mundialmente reconocido por su alto aporte de AGP en especial de ω -3, ya que del contenido total de grasa (34,3%), el 22,2% es entregado por el ω -3, también el 7,6% dado por el ω -6, mientras que de los AGM su composición es del 2,3% y los AGS con un 2,2% (Díaz, 2015).

Efectos sobre la salud

Los estudios llevados a cabo sobre el aceite de chía (*Salvia hispánica L.*) son muy escasos y sería de gran interés realizar estudios en los que se examinen efectos desencadenantes de consumo humano. También se le atribuyen ciertos beneficios, aunque menos aparentes, asociados a su contenido en compuestos minoritarios antioxidantes, minerales, fibra e hidratos de carbono, y vitaminas, y a su bajo contenido en AGS. Asimismo, presentan un papel significativo en enfermedades congénitas del metabolismo, en el control peso corporal, en la salud ósea, en el sistema inmunitario, así como en la hipertensión arterial y el cáncer (Ugena, 2015).



Figura 47. Aceite de Chía (*Salvia hispánica, L.*), (pinkomelet, 2018)

- Aceite de semilla de uva, es un aceite que se obtiene de la semilla de uva silvestre (*Vitis tiliifolia*), en el perfil de AG's, se halló un alto nivel de AGP con un 90,6%, la proporción mas elevada fue dada por el ω -6 con un 84,73%, entre los AGM su contribución fue dada por el ω -9 con un 5,83%, mientras que los AGS constituyeron

el 9,35%, con una intervención del ácido palmítico (AP) de 6,95%, ácido esteárico (AE) 2,21% y ácido láurico (AL) 0,05% (Juárez et al. 2017).

Efectos sobre la salud

El aceite de uva (*Vitis tiliifolia*) contiene polifenoles y otros compuestos bioactivos que son interesantes para la industria debido a sus propiedades antioxidantes. Estos compuestos son excelentes e importantes para la industria tanto farmacéutica como alimenticia, debido a que poseen propiedades como lo son los efectos anti-virales, inflamatorios, mutagénicos, úlceras y efectos anti-envejecimiento, a parte de estar asociados con un mínimo riesgo de enfermedades cardiovasculares (Da Porto et al., 2013).



Figura 48. Aceite de uva (*Vitis tiliifolia*), (gottau, 2017)

Por último, se encuentran las mezclas de aceites vegetales, los cuales están constituidos por la mezcla de dos o más aceites vegetales en una proporción mayor al 5%, por lo anterior

la composición del perfil de AG's dependerá del tipo de aceites que se realicen para la obtención de dicha mezcla vegetal (FFYB, 2018).

5.5. USOS Y APLICACIONES DE LOS ACEITES VEGETALES

En la industria alimentaria el uso y aplicación de las grasas y aceites vegetales es indispensable, sobre todo en la elaboración de productos comestibles donde la grasa es el principal componente de las margarina, mantequilla, aceites para ensaladas y para cocinar. La industria de grasas comestibles es la principal consumidora de grasas y aceites animales y vegetales. Dado a sus características las grasas y aceites aportan consistencia, textura y sabor a diferentes alimentos industrializados (Aleman et al., 2009).

Desde la antigüedad los aceites no solo han estado vigentes en las artes culinarias, del mismo modo se han utilizado para uso cosmético y en la fabricación jabones, cremas, ahora en biocombustibles, entre otros. (Rojas, 2019).

5.5.1. Elaboración de jabones

La elaboración de los jabones se da por saponificación de triglicéridos con álcalis, actualmente, hidróxido sódico y potásico, los jabones vienen siendo las sales de los ácidos grasos. Las materias primas más significativas para fabricar jabón son el sebo y el aceite de coco. Se utilizan otros materiales tales como el aceite de palma, la manteca de semilla de mango, esta última sirve como un suplente de la manteca de cacao. Los aceites pueden tratarse anticipadamente a la saponificación, un ejemplo sería, decolorarse con tierra de batán para descartar impurezas coloreadas o ya sea en el caso de aceites con un gran contenido en triglicéridos no saturados, hidrogenarse parcialmente para afinar el color y la estabilidad (Aleman et al., 2009).

5.5.2. Elaboración de pinturas, gommas y barnices

El aceite de linaza se oxida con mucha facilidad, proporcionando un barniz transparente, es utilizado desde hace siglos en pintura artística. En ocasiones ha sido utilizado en alimentación y es vendido normalmente como suplemento dietético en algunos países (Bravo y Cardona, 2009).

5.5.3. Elaboración de margarinas y mantequillas

Mantequilla y margarina son grasas diferentes y no se puede decir que una sea mejor que otra, aunque es cierto que las margarinas que contienen un alto contenido en grasas insaturadas son más recomendables que la mantequilla dentro de una dieta de control de colesterol, aceites y grasas de origen vegetal constituyen la materia prima de las margarinas, las más apropiadas son aquellas que contienen menor proporción de grasas "trans" e hidrogenadas. La margarina es rica en fitoesteroles está es conveniente para las personas con problemas de colesterol alto en la sangre (Valenzuela et al., 2010).

Un ejemplo es el aceite de sésamo debido a que el ácido graso primordial es el linoleico (45%) seguido del oleico (40%) y bajas cantidades de ácido palmítico (10%) y esteárico. El aceite de sésamo es relativamente resistente a la oxidación, más de lo que podría esperarse debido a su alto grado de insaturación, por la presencia de antioxidantes naturales, como el sesamol (Aleman et al., 2009).

5.5.4. Elaboración de productos farmacéuticos

Las diferentes utilidades que muestran los aceites vegetales han provocado un gran interés en los investigadores especializados de este campo debido a la composición fenólica y actividad antioxidante asociada que estos presentan. Entre los fenoles a recalcar se han descubierto hidroxitirosol en aceites de oliva, resveratrol en aceites de frutos secos o sesamol en aceite de semillas de sésamo. Cabe enfatizar que algunas propiedades de los aceites sirven en la producción de jarabes (Aleman et al., 2009).

5.5.5. Elaboración de productos cosméticos

Desde hace tiempo que se conocen las cualidades de muchos ácidos grasos y otros componentes que hacen parte de los aceites vegetales, cabe destacar la gran cantidad de principios activos que estos contienen y se han reconocido en las semillas oleaginosas. Muchos de estos componentes se encuentran en el aceite de cocina o de ensalada, mientras que otros se desvanecen totalmente durante el proceso de refinado (Amaya et al., 2007).

Estos aceites vegetales contienen ácidos grasos insaturados, por lo que son materias de gran poder emoliente y rápida absorción, con propiedades dermatológicas probadas. Poseen una excelente afinidad con la piel y no son oclusivos ni comedogénicos (Amaya et al., 2007).

Un ejemplo de estos usos es el aceite de aguacate (*Persea gratissima*) que es utilizado como un aceite “sofisticado” para las ensaladas, preparación de cremas, mascarillas faciales, etc. El aceite de linaza también es utilizado en esta área para la elaboración de cremas exfoliantes (Aleman et al., 2009).

5.5.6. Elaboración de biodiésel

El biodiésel es un biocombustible líquido producido a partir de los aceites vegetales y grasas animales formado por ésteres metílicos o etílicos, con propiedades similares al diésel obtenido en base al petróleo que son una opción factible para suplir a las gasolinas y gasóleos. Los ésteres metílicos que componen el biodiésel, también llamado éster metílico de ácido graso (FAME). Se obtiene en la reacción química del metanol con aceites vegetales (girasol, soja, palma, etc). No contiene azufre y respecto al diésel derivado del petróleo, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂), de monóxido de carbono (CO), de partículas móviles (PM) y de otros efectos contaminantes (Galeano y Guapacha., 2011).

5.5.7. Usos cotidianos como la elaboración de las comidas

Habitualmente se utilizan los aceites de origen vegetal para la preparación de las comidas y ensaladas, estos son muy ricos en ácidos grasos insaturados y son fuentes de vitaminas como es el caso del aceite de girasol; que contiene vitamina E (Rojas, 2019). Otros que se utilizan a diario por sus 22 características saludables son el aceite de maíz, aceite de oliva, este último tiene propiedades especialmente beneficiosas para la salud del cual existen algunas variedades: virgen, extra virgen, de oliva y de orujo. Este aceite tiene el contenido más alto en vitamina E, entre las propiedades del aceite de oliva está el regulador de colesterol y así prevenir la arteriosclerosis (Aleman et al., 2009).

5.6. RASGOS SALUDABLES DEL ACEITE DE SEMILLA DE PAPAYA *(Carica papaya linn)*

Hasta la fecha se han realizado estudios limitados sobre los rasgos que promueven la salud del aceite de semilla de *Carica papaya* y sus componentes de aceite. Esto podría deberse a la falta de estudios sobre la evaluación de seguridad y la comestibilidad de este aceite. Sin embargo, (Castro et al., 2016) informaron los efectos antibacterianos, ovicidas, larvocidas, antihelmínticos, anti-amebianos y antiinflamatorios de los extractos de semillas de papaya. Además, Lohiya y colaboradores encontraron el año 2000 el potencial de drogas antifertilidad post-testicular de las semillas de *Carica papaya* en conejos machos. La eficacia anticonceptiva de los extractos de semillas de papaya también se observó en ratas, monos y perros machos, según lo informado por (Castro et al., 2016). El isotiocianato de bencilo, un compuesto que contribuyó al sabor picante de las semillas de *Carica papaya*, se ha descubierto con propiedades preventivas contra el cáncer (Yanty et al. 2014). Es preciso plasmar algunas otras investigaciones sobre los viables beneficios para la salud del aceite de semilla de *Carica papaya* en perspectiva de la gran similitud de este aceite con el aceite de oliva.

5.7. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS ACEITES

5.7.1. Color

El color de los aceites y grasas es producido por una composición de pigmentos entre los cuales se hallan carotenos, clorofilas, luteína, licopeno, entre otros. Este método se fundamenta en la igualación de color de la muestra con la escala Lovibond (Turégano, 2012). El color, junto con la densidad, punto de fusión, índice de refracción y viscosidad, es parte de las características físicas de un aceite que pueden ser usadas para identificarlo, el color depende del producto designado. El color es una característica importante sobre todo para los aceites comestibles, ya que el consumidor puede verse influenciado en su decisión de compra. En un aceite el color puede deberse a compuestos con colores característicos, como carotenoides, clorofila y antoaninas, entre otros.

5.7.2. Materia insaponificable

. La materia insaponificable incluye aquellas sustancias que se encuentran frecuentemente disueltas en aceites o grasas se refiere a aquellas sustancias que no son saponificables por hidróxidos alcalinos, pero son solubles en los solventes grasos comunes y a productos de

saponificación que son solubles en dichos solventes. NMX-k-306 método de prueba para la determinación de materia insaponificable en aceites y grasas vegetales o animales, con un valor máximo del 1,0%.

5.7.3. Viscosidad Cinemática

La viscosidad se puede deducir como una medida de la resistencia que brinda un fluido a fluir. Al aumentar la temperatura de un fluido, sus moléculas en conjunto consiguen deslizarse más fácilmente (Riba et al., 2010). La norma (ASTM D 445-09) con valores referenciados en una exactitud de $\pm 0,01 \text{ mm}^2/\text{s}$ con una temperatura de 40°C , reside en la consistencia que tiene el líquido al instante de fluir, es la característica más significativa y se halla en un porcentaje muy alto, tiende a inferir en el proceso de inyección e induce a una escasa atomización del combustible. Es el método más sencillo para medir viscosidades, en este se manipula un viscosímetro de Ostwald (tubo capilar calibrado por el cual se da la medición precisa del flujo entre dos puntos marcados en este). En este tipo de viscosímetros normalmente construidos en vidrio, se establece la viscosidad de un líquido, midiendo el tiempo de flujo (t) de un volumen dado (V) del líquido, entre dos puntos calibrados del tubo capilar, bajo el dominio de la gravedad (Galeano y Guapacha., 2011).

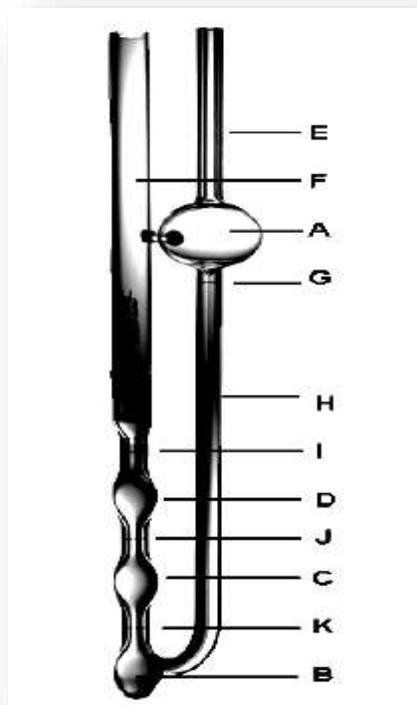


Figura 49. Viscosímetro de Ostwald (Galeano y Guapacha., 2011).

5.7.4. Densidad

La densidad es la relación entre el peso y el volumen de una sustancia a una temperatura y presión atmosférica definidas.

Esta es una constante que no varía mucho para un aceite determinado cuando esta puro y fresco, pero es afectada por la edad, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite. Los valores obtenidos se deben a diferentes ácidos grasos presentes, aumentando cuando incrementa el peso molecular de los ácidos combinados (Bernal, 1998). En el caso de aceites vegetales es conocido que la densidad de dichos aceites decrece linealmente al aumentar su temperatura. Esta relación se puede formular como.

$$\rho = \alpha + b * T \quad (12)$$

Siendo ρ la densidad expresada en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, T la temperatura expresada en $^{\circ}\text{C}$, α es la ordenada en el origen y b es la pendiente cuyo valor es negativo (Riba et al., 2010).

La densidad estaría en el rango dado por la norma del CODEX para aceites vegetales especificados (CODEX STAN 210-1999), que permite determinar el valor de la densidad de aceites, con un valor de aceptación entre 0,918-0,925 (García et al., 2018) o ya sea dada por la norma ASTM D 1298-99, a 15°C , con una exactitud de $\pm 0,1 \text{ kg/m}^3$. Esta propiedad tiene la capacidad de definir aproximadamente el contenido de aceite, por eso, cuando el valor es alto su funcionamiento será más eficiente (Espitia, 2019).

5.7.5. Punto de fusión

El punto de fusión es una medida de la pureza de un compuesto en un material como un aceite, puede indicar cierto grado de contaminación o degradación. Los aceites y las grasas colectivamente no exhiben un punto de fusión rápido y determinado, por lo cual, el punto de fusión no implica las mismas características que para las sustancias puras de una naturaleza cristalina determinada. Las grasas pasan a través de un estado de ablandamiento gradual antes de que estén totalmente líquidas. El punto de fusión debe precisarse como la temperatura en la cual la muestra alcanza a estar totalmente líquida y transparente (Turégano, 2011). Es utilizado para determinar aceites y grasas, relacionándolo con sus propiedades físicas como la dureza y procedimiento térmico. En los ácidos grasos aumenta con la longitud de la cadena y disminuye con un aumento en el número de dobles enlaces (Graciani, 2006).

5.7.6. Índice de refracción

El índice de refracción es un indicativo de la pureza de un aceite y, el contenido de ácidos grasos libres, el grado de oxidación y el calentamiento pueden afectarlo. Para los aceites generalmente se determina entre 20 a 25 °C, mientras que para las grasas se prefiere a 40 °C, de manera que la misma se encuentre líquida. Este índice es la razón de la velocidad de un rayo de luz en el vacío a la velocidad de luz a través de la sustancia. Es semejante la relación en incidencia al seno del ángulo de modificación con la longitud de onda del rayo de luz refractado y con la temperatura (Toro y Suárez, 2012). El índice de refracción va a depender de la composición de la muestra, la longitud de onda, la radiación y la temperatura. Su uso radica en casos como la caracterización de líquidos puros, grasas y aceites, entre otras.

Es el cambio de trayectoria que experimenta una onda al pasar de un medio a otro, una constante que depende del carácter y del cambio de la sustancia examinada. Es un factor que se emplea para determinar calidad de aceite. El rango reportado por la norma FAO (para temperatura de trabajo de 20 a 25°C) es de 1,470-1,474.

$$\text{Índice de Refracción } (n) = \frac{c}{v} \quad (13)$$

5.7.7. Índice de saponificación

El índice de saponificación (IS) representa la cantidad en miligramos de KOH que se necesitan para saponificar de un gramo de aceite o grasa. Es una medida de los ácidos grasos libres y combinados que hacen parte de las grasas y es directamente proporcional a su masa molecular media. Entre más grande es el valor de saponificación, más pequeñas son las cadenas de ácidos grasos (Nielsen, 2017). Este parámetro se utiliza para comprobar la pureza de las grasas y aceites, y se determina según la norma Standard AOCS Cd 3-25.

$$\text{Índice de Saponificación} = \frac{(VB - VM) * N * 56.1}{\text{Peso de la muestra}} \quad (14)$$

5.7.8. Índice de acidez

El índice de acidez (% de ácidos grasos libres FFA), representa la cantidad en mg de hidróxido potásico necesaria para la neutralización de los ácidos grasos libres presentes en un gramo de grasa. El resultado de la titulación con álcali en presencia de fenolftaleína se puede enunciar también como porcentaje de ácido oleico (C₁₈H₃₄O₂) (Jurado y Muñoz, 2009). El índice de acidez es una medida del contenido en ácidos grasos libres presentes en grasas y ácidos grasos se expresa en mg de KOH por g de muestra. El método habitual para su determinación es el procedimiento según la norma Standard AOCS Cd 3d-63, 1973 su límite máximo permitido es de 0.10% (No aplica para grasas con emulsificantes), en el cual la muestra se disuelve en tolueno y alcohol isopropílico y se realiza una titulación visual con una solución 0.1 mol L⁻¹ de KOH preparada en este alcohol. También se puede determinar por la norma ASTM D 664 con una exactitud de ±0,0001 mg KOH/g. La detección del punto final se realiza con fenolftaleína; además de los ácidos grasos libres, se determinan los ácidos minerales que pudiera haber. El contenido de ácidos grasos libres es utilizado como prueba de pureza y en algunas ocasiones accede a conclusiones del tratamiento o reacciones de degradación que se hayan producido.

$$\text{Índice de Acidez} = \frac{(N)*(V)*(56.11)}{\text{Gramos de la muestra}} \quad (15)$$

5.7.9. Índice de yodo

Representa el número de gramos de yodo absorbidos por cien gramos de aceite o grasa. La determinación del índice de yodo, reside en someter una cantidad exactamente pesada de la muestra a la acción del reactivo de Hanus (solución de yodo bromuro en ácido acético) y después de un tiempo determinado estimar el yodo en exceso, mediante el empleo de solución de tiosulfato de sodio y se expresa como (cg/g), (Díaz y Amaya, 2005). Esta determinación es un excelente método para catalogar los aceites, pues permanece casi inalterada por livianos cambios en el estado del mismo, además, permite caracterizar la muestra dando una base para saber si es pura o si se encuentra mezclada (Jurado y Muñoz, 2009).

El índice de yodo puede modificarse ligeramente con la forma de conservación de las materias grasas. Generalmente los materiales viejos y mal acumulados poseen un valor mínimo al mismo material fresco y bien almacenado. Esta variación es más crítica para los aceites secantes que absorben con facilidad el oxígeno del aire (Díaz y Amaya, 2005). El índice de yodo se determina según la norma Standard AOCS Cd 1d-1992, es una medida de la insaturación de grasas y aceites y se expresa en términos del número de centímetros de

yodo absorbidos por gramo de muestra de prueba (% de yodo adsorbido). Aplicable a todas las grasas y aceites normales con valores de yodo en el rango de 18–165 que no contienen dobles enlaces conjugados. El índice de yodo también puede determinarse según la norma EN 41111 con una exactitud de $\pm 0,1$ mg I₂/g.

$$\text{Índice de Yodo} = \frac{\text{Gramos de Yodo adsorbidos}}{\text{Gramos de la muestra}} \quad (16)$$

5.7.10. Índice de peróxido

El índice de peróxido mide el estado de oxidación primaria que sufre la grasa o aceite, enuncia el número de miliequivalentes de oxígeno (mEq O₂) por cada kilogramo de aceite, se forman en los puntos de insaturación de las cadenas de carbonos de los ácidos grasos formando peróxidos, lo cual genera la oxidación de las grasas, esta es una de las primordiales causas de su deterioro, y da lugar a la aparición de olores y sabores desagradables, conocidos como enranciamiento (Díaz y Amaya, 2005; Jurado y Muñoz, 2009). Según la norma Standard AOCS Cd 8b-90 su límite máximo permitido es de 5 mEq peróxido/kg, para los aceites vegetales especificados, a mayor índice de peróxido menor será la actividad antioxidante del aceite.

$$\text{Índice de peróxidos} = \frac{(V - V') * N * 1000}{\text{Gramos de la muestra}} \quad (17)$$

Tabla 7. Estudios reportados sobre la caracterización físicoquímica del aceite de papaya (*Carica papaya linn*)

Índice de Yodo (g/100g)	Valor de saponificación (mg KOH/g)	Materia insaponificable	Índice de refracción	Índice de peróxido mEqH ₂ O ₂ /kg	Índice de acidez (mg KOH/g)	Densidad (g/mL)	Autores
73,48	188,03	0,665	---	5,30	2,08	---	(Devi y Khanam, 2019)
68,4	177	---	1,473	0	5,54	0,9464	(Dorado et al., 2017)
---	174	1,32	1,4664	0,1132	0,35	0,9038	(Alpizar, 2019)

- (Devi y Khanam, 2019) En su estudio “Desarrollo de modelos generalizados y simplificados para la extracción de fluidos supercríticos: estudio de caso de papaya (*Carica papaya*) aceite de semilla”:
- Indica que el índice de refracción se observa por debajo del límite máximo permisible de comestibilidad, que es de 10 mEq por kg de aceite de acuerdo con el Reglamento de Alimentos de Nueva Zelanda (1984) (FAO).
- El alto valor de saponificación indica el bajo peso molecular y una mayor presencia de ácidos grasos de la cadena corta en los glicéridos del aceite.
- El aceite que contiene poca materia insaponificable posee buena calidad y mejor vida personal (The y Birch, 2013).
- El alto valor de yodo indica que es rico en ácidos grasos insaturados.
- (Dorado et al., 2017) En su estudio “EXTRACCIÓN SUPERCRTICA DE ACEITE DE SEMILLAS DE PAPAYA (*Carica papaya*): COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS”:

- Establecido para aceites comestibles. De acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla, el aceite presento un índice de refracción cercano al reportado por (Bouanga et al., 2011) para aceite de *Carica papaya*.
- El índice de peróxidos fue de 0 mEqH₂O₂/kg, lo cual indica que no se generaron peróxidos e hidroperóxidos y análisis de los aceites cumpliendo con lo estipulado por el Codex (< 10 mEq H₂O₂/kg) (Codex, 2005) y las normas para aceites procesados y almacenados (1 mEq H₂O₂/kg).
- Un estudio previo (Bouanga et al., 2011) también reportó un bajo índice de peróxido (0,05-2,20 mEq H₂O₂/kg) para aceite de semillas de *Carica papaya*. Por lo tanto, este aceite exhibe alta estabilidad frente a la oxidación.
- Por otra parte, el índice de yodo (68,4g/100g), mostró que este aceite posee un alto grado de insaturaciones, tal como lo estimaron otros investigadores con 64,1g/100g (Lee et al., 2011), 66g/100g, 76,9g/100g.
- Se obtuvo un índice de saponificación de 177 mg KOH/g, lo cual puede indicar que este aceite posee en promedio triacilglicérols de bajo peso molecular, como se reporta en otros estudios (Lee et al., 2011).
- El índice de acidez del aceite de *Carica papaya* fue de 5,54 mg/g, extraído por prensado (Lee et al., 2011), lo cual está por encima de lo sugerido por el Codex 2005 para aceites comestibles (4mg/g). Este hecho podría deberse a la hidrólisis enzimática por la lipasa durante el secado de las semillas de *Carica papaya* y en el proceso de extracción (Lee et al., 2011).
- (Alpizar, 2019) En su estudio “ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya* linn) HÍBRIDO POCOCÍ”:
 - El índice de refracción puede indicar impurezas en el aceite que hagan que su translucidez baje, como ácidos grasos libres o algún mal proceso de purificación. Es necesario tener en cuenta que el índice de refracción varía linealmente con el valor de yodo, que es una medida de las insaturaciones en los ácidos grasos de un aceite. El índice de refracción a 25°C obtenido fue de 1,4664, como se presenta en la tabla 8, corregido a una temperatura de 40°C su valor sería $1.4606 \pm 0,0002$, según el método indicado en la norma AOAC 921,08 (AOAC INTERNATIONAL, 2012).

- La densidad del aceite reportada por (korir, 2017), es de $0,9037 \text{ g/cm}^3$, dato igual al de este estudio.
- El valor de saponificación y materia insaponificable (SV y UM por sus siglas en inglés) indican características que permiten identificar o hablar sobre la calidad del aceite en cierto modo. El SV es una medida indirecta del peso molecular promedio de las cadenas de triacilgliceroles del aceite, pero sobre todo indica la cantidad de miligramos de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de aceite. Entre mayor sea la cifra de esta característica, indica que la saponificación va a requerir más base, pero puede indicar que la cantidad por saponificar es mucha (Lobo, 2018).
- Los datos de UM concuerdan con lo obtenido por (Syed et al., 2014) y (Malacrida et al., 2011); con valores de 1.37g y 1.35g respectivamente, expresados como la cantidad de materia insaponificable por cada 100 gramos de aceite, el valor de UM alto podría verse como una pérdida en cuanto al contenido del aceite.

5.8. PROCESAMIENTO DEL ACEITE DE SEMILLA DE *Carica papaya linn*

El aceite de semilla de papaya se puede extraer a través de las técnicas de extracción convencionales, como la extracción con solventes, la prensa de tornillo y la hidrodestilación, o las técnicas de extracción no convencionales, como la asistida por enzimas, extracciones de líquido a presión y líquido supercrítico asistido por microondas. Los métodos de extracción y procesamiento del aceite de semilla de papaya se analizan a continuación y el rendimiento de recuperación de diferentes procedimientos de extracción se muestra en la **figura 43**. El resultado mostró que el método de extracción Soxhlet recuperó el rendimiento más alto (30,4%) de aceite de semilla de *Carica papaya*, mientras que el método de extracción con prensa de tornillo produjo el rendimiento más bajo (4,2%) en comparación con otros métodos de extracción (Puangsri et al., 2005). Junto al método de extracción, el proceso de secado de las semillas de *Carica papaya* antes de la extracción de aceite juega un papel en los niveles de aceite producido. El estudio anterior mostró la temperatura de secado óptima que podría proporcionar el máximo aceite de semilla de *Carica papaya*, el rendimiento fue a la temperatura del aire de $70 \text{ }^\circ\text{C}$ y una velocidad del aire de $2,0 \text{ m/s}$ (Chielle et al., 2016).

Las propiedades químicas del aceite de semilla de *Carica papaya* obtenido de diferentes métodos de extracción se dan en la **Tabla 8**. El valor de yodo, de saponificación, la materia insaponificable y el ácido graso libre se encuentran entre

las propiedades químicas analizadas y discutidas. El grado de insaturación del aceite está determinado por el valor de yodo (Puangsri et al. 2005).

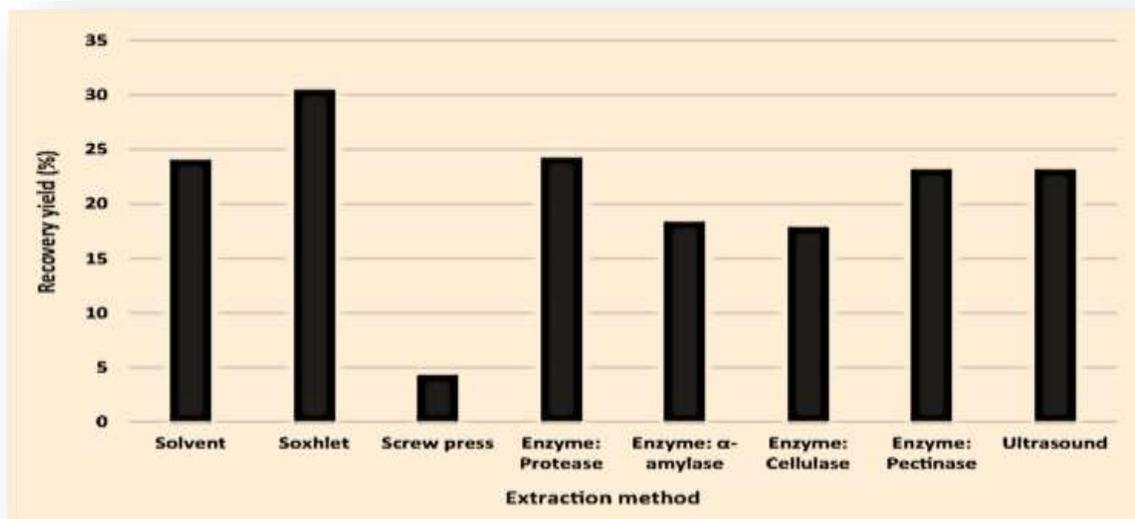


Figura 50. Rendimiento de recuperación (%) de aceite de semilla de *Carica papaya linn* obtenido por diferentes métodos de extracción. (Puangsri et al., 2005; Samaram et al., 2013).

Tabla 8. Propiedades químicas del aceite de semilla de *Carica papaya linn* obtenido de diferentes métodos de extracción. (Puangsri et al., 2005; Malacrida et al., 2011; Lee et al., 2011 y Samaram et al., 2014)

Método de extracción	Índice de Yodo	Valor de saponificación	Materia insaponificable (%)	FFA (como % de ácido oleico)
Solvente	66,00	154,70	1,39	0,32
Soxhlet	79,95	96,40	1,35	1,27
Tornillo prensado	64,10	185,00	4,50	n.d.

Asistido por enzimas

i. Proteasa	66,20	154,20	2,15	0,25
ii. α-amilasa	67,60	161,40	2,26	0,23
iii. Celulosa	68,30	158,40	2,58	0,20
iv. Pectinasa	69,30	161,70	2,40	0,25
Asistido por ultrasonido	71,00	n.d.	1,35	n.d.

Las composiciones de ácidos grasos del aceite de semilla de *Carica papaya* están dentro del rango similar a pesar de los diferentes métodos de extracción y procesamiento, como se indica en la **Tabla 9**. El ácido oleico es el principal ácido graso en el aceite de semilla de *Carica papaya* de diferentes métodos de extracción. Los métodos de extracción con solventes y enzimas (proteasas) tienen el ácido oleico más alto (76.8%) entre los otros métodos de extracción.

Tabla 9. Composición de ácidos grasos (%) del aceite de semilla de *Carica papaya linn* extraído por diferentes métodos. (Puangsri et al., 2005; Samaram et al., 2013 y Lee et al., 2011)

Ácido graso (%)

Método de extracción	Mirístico	Palmítico	Palmitoleico	Estearico	Oleico	Linoleico	Linolénico	Araquidico
Solvente	0,2	13,9	0,2	4,9	76,8	3,0	0,2	0,4
Soxhlet	0,2	14,9	0,3	5,2	74,2	3,5	0,2	0,4
Tornillo prensado	0,7	19,7	0,4	6,7	66,7	3,2	0,2	0,4

Asistido por enzimas

i. Proteasa	0,1	12,8	1,8	4,4	76,8	3,2	0,1	0,4
ii. α-amilasa	0,2	13,3	2,1	4,4	76,0	3,2	0,1	0,4
iii. Celulosa	0,2	13,4	2,0	4,6	76,5	3,3	0,2	0,4
iv. Pectinasa	0,2	13,6	1,4	4,6	75,9	3,3	0,2	0,4
Asistido por ultrasonido	0,2	15,1	0,3	5,1	74,2	3,5	0,2	0,4

5.9. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES VEGETALES

Existen diversos métodos para la extracción de aceites vegetales comestibles, la mayoría de estos métodos son empleados principalmente a nivel mundial, en tanto otros a escala de laboratorio y piloto. La utilización de estos métodos dependerá de la materia prima, según sea esta se aplicarán diversos métodos de extracción, por ende, se logra la calidad de los aceites, todo esto lo facilita y dependerá del método de extracción adecuado (Cefla, 2015).

5.9.1. Extracción por prensado

Extraer aceite algún tiempo atrás no era muy común por el bajo rendimiento, hoy en día esta práctica tiene una mayor aceptación y gran interés, sin dejar atrás llevar un continuo orden en mantener una consideración ambiental.

5.9.1.1. Prensado Discontinuo

La prensa hidráulica provoca presiones hasta de 40 Ton y la extracción del aceite se obtiene con el uso de un embolo que provoca una fuerza de compresión que induce al rompimiento de las células y debido a esto el aceite es liberado después de realizar compresiones continuas a la materia prima (Galarraga, 2015). Este tipo de prensado es clasificado en dos grupos: prensas discontinuas tipo abieto y tipo cerrado.

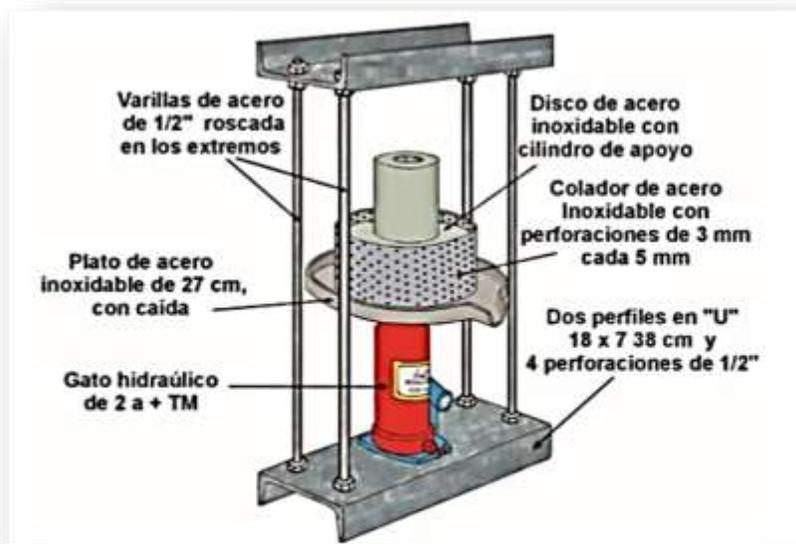


Figura 56. Esquema de una prensa hidráulica artesanal (Torres, 2018).

- **Prensas discontinuas tipo abierto**

Es una prensa que esta conformada por cuatro columnas en forma vertical que se encuentran dentro de una jaula abierta, posee unas placas en estado horizontal, en un espacio que se encuentra entre los 0,075 y 0,125 m. En esta prensa la materia prima (las semillas) deben encontrarse confinadas en filtros de tela para completar el proceso de extracción, de bajo del grupo de placas que se encuentran al fondo, esta situada una placa un poco mas pesada la cual esta unida a un vástago el cual al momento de ser levantado, la materia prima sufre una compresión y esta es la causante de la fluides del aceite (Cefla, 2015).

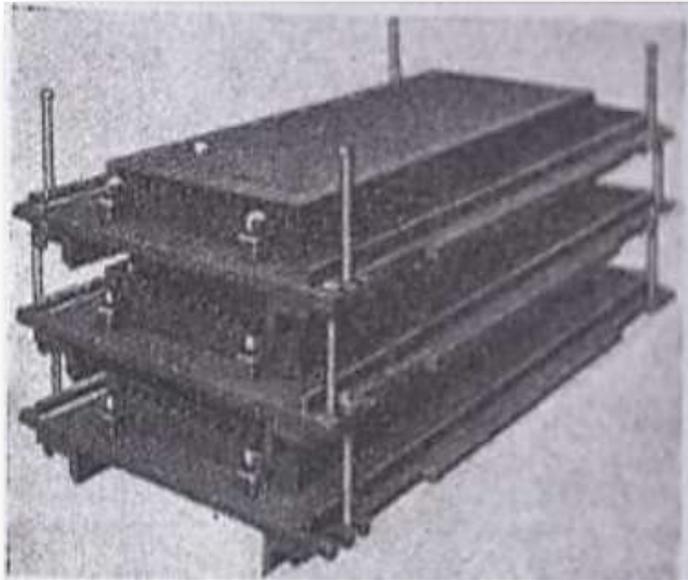


Figura 57. Esquema de dispositivos de cajetines para el empleo en prensas de tipo abierto (Bailey, 2001).

- **Prensas discontinuas tipo cerrado**

El proceso de extracción para este tipo de prensa, la materia prima (las semillas) no deben estar dentro de filtros, para este proceso deben encontrarse confinadas en un modelo de jaula. Las jaulas son de forma redonda o ya sea cuadradas, están constituidas de una serie de placas con ranuras. Existen canales internos por los que transita el aceite, los cuales agrandan su ancho de adentro hacia fuera de la jaula, para lograr de esta manera disminuir cualquier

tendencia a la obstrucción con partículas sólidas. Estas jaulas logran soportar presiones del orden de 420 kg/cm^3 , el aceite es obtenido accionando un pistón de abajo hacia arriba, a través de un vástago que trabaja hidráulicamente. El fortalecimiento de este método es alcanzar altas presiones todo lo contrario a las prensas de tipo abierto, por lo que este tipo de extracción es ideal para semillas duras que contienen excelente cantidad de aceite y poca fibra (Cefla, 2015).

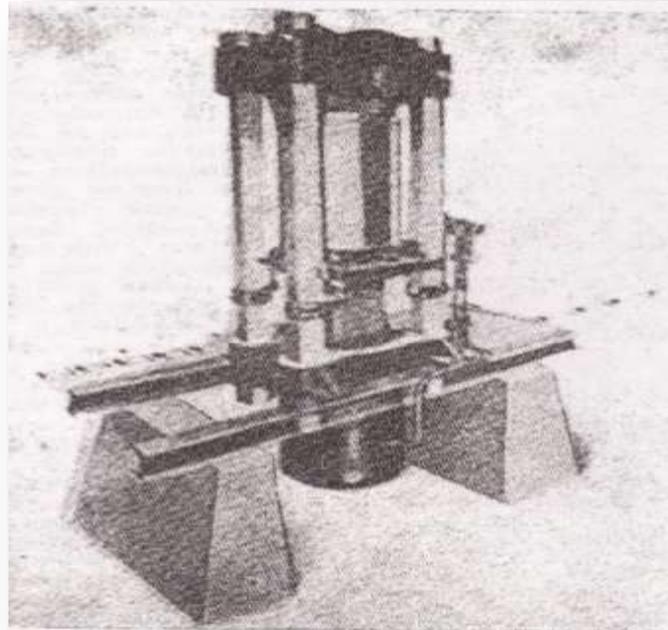


Figura 58. Prensa de jaula tipo cerrado (Bailey, 2001).

5.9.1.2. Prensado continuo

En el prensado continuo se destaca la prensa expeller o bien llamada de tornillo por ser las más comunes, una prensa de tipo expeller ocurre de manera continua, quiere decir que la obtención del aceite es producido en un solo paso mediante un tornillo que gira dentro de un barril o camisa; este tornillo es el encargado de transportar el material desde la sección de alimentación donde entra el material, hasta una sección de salida por lo que el material que sobra de la extracción es expulsado por un orificio, esta prensa soportan altas presiones (Galarraga, 2015).

- **Prensa filtro (Strainer press)**

En este tipo de prensa el tornillo gira en una jaula de acero templado y se asemeja a un colador debido a que la jaula se encuentra llena de orificios. Los espacios situados entre las barras de acero permiten la salida del aceite y depende el ajuste de estas según el tipo de material que se quiera utilizar para una excelente optimización en el proceso. El esquema de tornillos estimula el desplazamiento del volumen en el extremo de la alimentación hacia la descarga, la torta es presionada fuera del estrangulador y es expulsada en forma de eszcamas planas (Cefla, 2015).

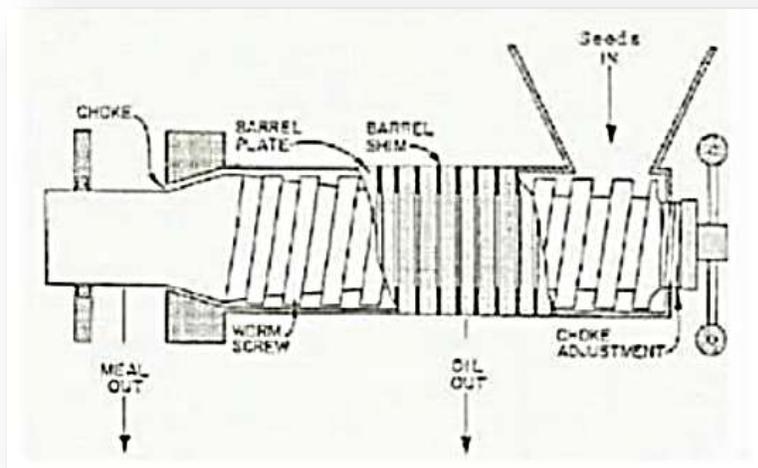


Figura 59. Esquema de la prensa filtro utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles (Beerens, 2007).

- **Prensa cilindro con agujeros (Cylinder-hole press)**

El proceso de operación de esta prensa es muy similar a la prensa filtro, aunque difieren en algunos aspectos, en este proceso el aceite es expulsado hacia afuera a través de un agujero perforado en el cilindro. La elevada presión promueve a que la torta evacue mediante la boquilla situada en el extremo del tornillo, con el propósito de evadir atoramientos en las áreas del tornillo y es necesario que el extremo de la boquilla sea calentado antes de la operación (Cefla, 2015).

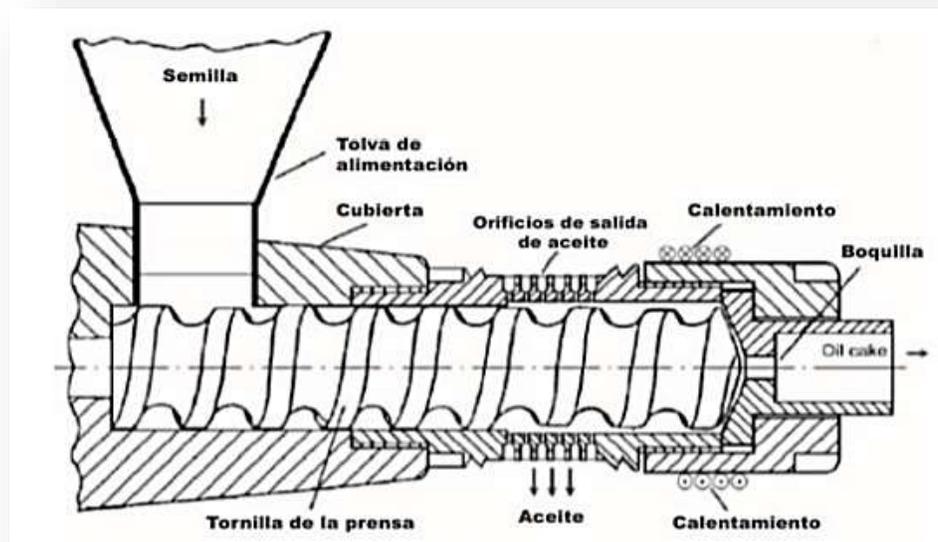


Figura 60. Esquema de la prensa cilindro con agujeros utilizada para la extracción de aceites vegetales comestibles (Beerens, 2007).

5.9.1.3. Prensado en frío

El proceso de extracción del aceite por prensado en frío, manipula las semillas sin impurezas, estas se muelen hasta conseguir el aceite por un lado y los desperdicios por otro. El proceso es realizado a muestras vegetales y sometidas a altas presiones utilizadas mecánicamente para separar aceite, ser recolectado y filtrado, este tipo de prensado al no someterse a calentamiento permite conservar antioxidantes y compues fitoquímicos (Torres, 2018). Mediante este proceso de prensado no se debe disminuir la presión esto es con el propósito de evitar que la torta reabsorba el aceite. Las ventajas del prensado en frío se enfocan en que se consigue un producto con una densidad lo suficientemente uniforme y ajustable en producción, resguardando de este modo la proporción de ácidos grasos y antioxidantes naturales.

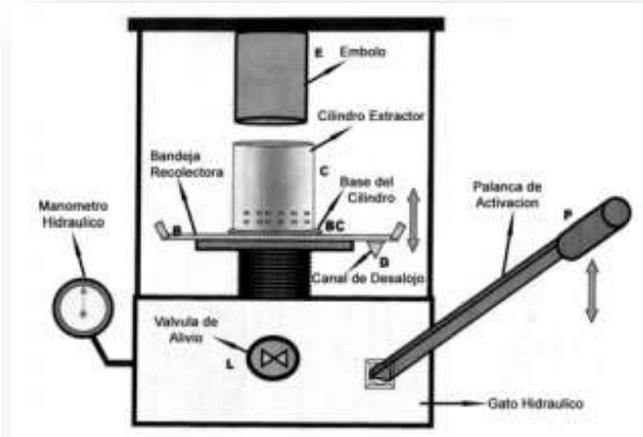


Figura 61. Esquema del prensado en frío para la extracción de aceites comestibles (Torres, 2018).

5.9.1.4. Prensado en caliente

El calentamiento de las semillas se realiza con el objeto de tornar las membranas celulares más permeables al paso de las grasas; esta fase aumenta el rendimiento de la extracción si se tiene un adecuado rango de humedad de las semillas. (Brossard et al, 2010).



Figura 62. Prensa hidráulica (marca CARVER). (Serpa et al, 2014)



Figura 63. Prensa de tornillo helicoidal. (Rosh, 2013).

Tabla 10. Ventajas y desventajas del método de extracción por prensado
(Hernández et al, 2007).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones simples • Costos muy bajos • Los aceites presentan mejor conservación de componentes antioxidantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulación de elevadas cantidades de solventes orgánicos • Bajos rendimiento • Se extrae aceite de semillas oleaginosas que poseen un >20 % base seca

5.9.2. Extracción por solvente

La extracción con solvente se basa en los principios del poder de extracción con solvente en combinación con el calor y / o la agitación (Wang y Weller, 2006). Soxhlet, un estándar y la referencia principal para la extracción de lípidos que comúnmente se usa como modelo

para la comparación de nuevas alternativas de extracción, es el ejemplo clásico de las técnicas de extracción con solventes (Azmir et al., 2013). La extracción de Soxhlet es adecuada para todo tipo de muestras, excepto los compuestos termolábiles, dado que las temperaturas de extracción y evaporación juegan un papel importante en la determinación de la calidad de los productos finales (Wang y Weller, 2006).

El éter de petróleo, n-hexano, isopropanol y etanol se encuentran entre los solventes utilizados para la extracción de aceite comestible. Sin embargo, el éter de petróleo es el disolvente más utilizado para la extracción de aceite de semilla de *Carica papaya*. Las ventajas de la extracción con solvente son simples, barato y sin necesidad de filtración después de la lixiviación (Wang y Weller, 2006). Por otro lado, las desventajas de este método de extracción incluyen un largo tiempo de extracción, una gran cantidad de solvente requerido y también la posibilidad de descomposición térmica de los compuestos objetivo (Wang y Weller, 2006)

Los componentes de este sistema son los siguientes:

- Soluto: Son los componentes que se transfieren desde el sólido hasta en líquido extractor.
- Sólido Inerte: Parte del sistema que es insoluble en el solvente.
- Solvente: Es la parte líquida que entra en contacto con la parte sólida con el fin de retirar todos los compuestos solubles en ella (Primo, 2007).

La extracción de los aceites vegetales mediante solventes es un método muy eficaz, ya que puede reducir el contenido de aceite de las semillas hasta menos de un 1%, 34 este método es muy utilizado cuando se emplean semillas con bajo contenido de aceite (Bailey, 2001 y Torres, 2018).

La extracción con solventes alcanza mayores rendimientos cuando se trabaja en un sistema continuo, en contracorriente, en los que el disolvente y las semillas entran en contacto entre sí por corrientes que se mueven continuamente en direcciones opuestas (Bailey, 2001 y Cefla, 2015).

En la industria se utiliza maquinaria especializada como los extractores Bollman y Smet; sin embargo, estos aparatos funcionan con el mismo principio que el extractor Soxhlet (utilizado a nivel de laboratorio); es decir, consiste en el lavado sucesivo de una mezcla sólida, con un determinado solvente, que va extrayendo de la mezcla los componentes más solubles (Fernández, 2001).

5.9.2.1. Método de extracción soxhlet

Es una técnica de separación en matrices sólidas, que se basa en la extracción absoluta con porciones frescas de disolvente orgánico recirculado hacia la muestra por medio de un dedal de vidrio; esta técnica emplea mucho disolvente y tiempo, además requiere de un paso extra de limpieza y concentración. Su fundamento radica en la colocación del solvente en un balón, la ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador a reflujo, el condensado que cae sobre el recipiente que el posee un cartucho de contextura porosa con la muestra en su interior, el ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que regresa el solvente con el respectivo material extraído al balón; esto ocurre la cantidad de veces que sean necesarias para que la muestra quede agotada, y finalmente lo extraído se va concentrando en el balón del solvente. (Romero et al, 2018). Algunos disolventes utilizados son:

- Hexano: hidrocarburo alifático alcano con seis átomos de carbono, se ha utilizado en estudios de semilla oleaginosas como la del chontaduro. Este disolvente es usado con mayor frecuencia por su baja polaridad. (Restrepo et al., 2016).

- Éter de petróleo: mezcla líquida de diversos compuestos volátiles, muy inflamables, de la serie homóloga de los hidrocarburos saturados o alcanos: es usado como disolvente no polar, es capaz de extraer solo lípidos neutros como los glicéridos, sustancias insaponificables y ácidos grasos de cadena larga, durante la extracción se puede ir perdiendo las fracciones más volátiles y alterando su composición (Méndez et al., 2010).

- Éter etílico: Es peligrosos por su alta inflamabilidad, se utiliza para la determinación de lípidos totales polares como los fosfolípidos o ácidos grasos cortos y no polares. Puede absorber alrededor de hasta un 10% de agua y a su vez extraer junto con las grasas componentes que son solubles en agua como las azúcares y sales de la matriz alimentaria. Para eliminar peróxidos se debe secar y destilar antes de usar.

Tabla 11. Ventajas y desventajas del método de extracción Soxhlet (Romero et al, 2018).

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• La muestra se encuentra en constante contacto con porciones continuas de disolvente.• La extracción se lleva a cabo con el disolvente caliente, de esta se favorece la solubilidad de los analitos• No se hace necesario filtrar posteriormente a la extracción• La metodología usada es básica• Este método no depende de la matriz• Buena recuperación, existiendo un sin número de métodos cuya etapa de preparación de muestra se basa en la extracción con Soxhlet• Se extrae aceite de semillas oleaginosas que poseen un < 20% base seca.	<ul style="list-style-type: none">• El tiempo requerido para la extracción oscila normalmente está entre 4-24 horas, va a depender de la cantidad de materia prima terminada.• El volumen de disolvente orgánico comprendido entre 200 ml - 400 ml.• La termólisis de los analitos poco volátiles, puesto que la temperatura del disolvente orgánico está cercana a su punto de ebullición.• No es posible la agitación del sistema, la cual podría acelerar el proceso de extracción.• Se hace necesaria una etapa final de evaporación del disolvente para la concentración de los analitos.• Esta técnica no es fácilmente automatizable.

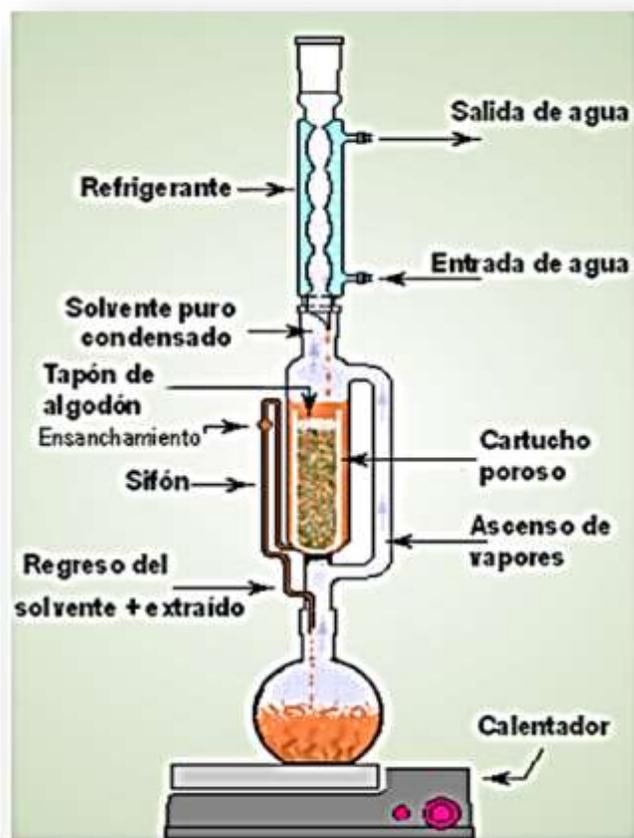


Figura 64. Esquema del equipo de extracción por solvente (Soxhlet) (Gracia, 2001)

5.9.3. Extracción asistida por enzimas

La extracción asistida por enzimas se basa en la adición de enzimas específicas durante el proceso de extracción para mejorar el rendimiento y la recuperación al romper la pared celular e hidrolizar los polisacáridos estructurales y los cuerpos lipídicos. La celulasa, la α -amilasa, la proteasa y la pectinasa son algunos ejemplos de enzimas utilizadas para apoyar la extracción y la recuperación del rendimiento (Azmir et al., 2013). Las ventajas de la extracción asistida por enzimas incluyen una temperatura de extracción más baja, la no participación de solventes explosivos y la producción de desechos nocivos (Puangsri et al., 2005). Sin embargo, la composición y concentración de la enzima, el tamaño de partícula de la muestra, la relación sólida / agua y el tiempo de hidrólisis se encuentran entre los factores identificados que podrían influir en la eficiencia de la extracción asistida por enzimas (Azmir et al., 2013).

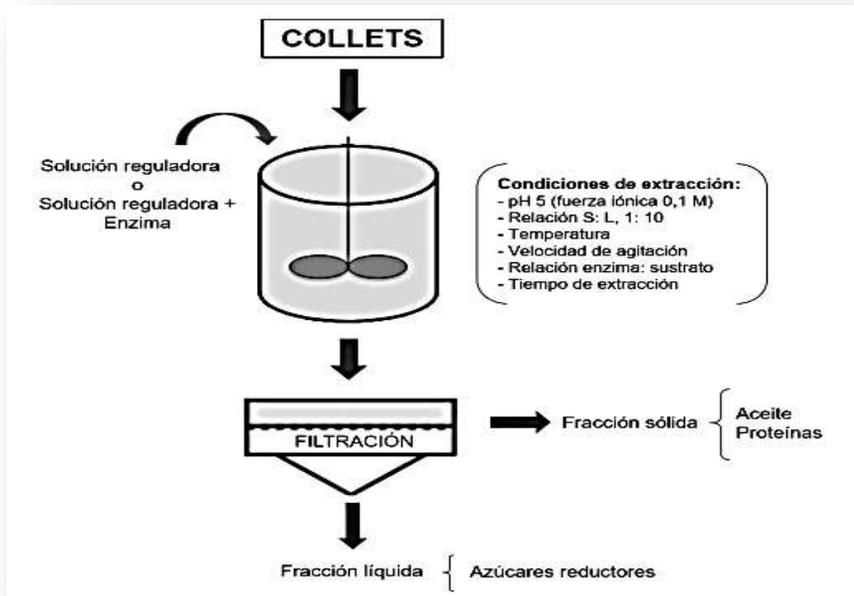


Figura 65. Esquema general de la extracción enzimática (Rodríguez, 2019).

5.9.4. Extracción asistida por ultrasonido

El ultrasonido, dentro del rango de 20 kHz a 100 MHz, es una onda de sonido especial que está más allá del oído humano (Azmir et al., 2013). Crea ciclos de expansión y compresión cuando pasa a través de un medio (Wang y Weller, 2006). El ultrasonido puede perfeccionar la transmisión de masa, incitar una mayor penetración del solvente en la materia prima y proporcionar la liberación de contenido a través de la interrupción de las paredes celulares biológicas (Wang y Weller, 2006). Este método de extracción se recomienda para compuestos termolábiles que tienden a ser alterados o descuidados en el método de extracción con solvente (Wang y Weller, 2006).

Las ventajas de la extracción asistida por ultrasonido son equipos simples y económicos, reducción del tiempo de extracción, temperatura, energía y solvente utilizado (Samaram et al. 2013). Sin embargo, hay algunos factores que pueden influir en la eficiencia y la efectividad de la extracción asistida por ultrasonido, que incluye el contenido de humedad de la muestra, el tamaño de partícula, la selección del solvente, la temperatura, la presión, la frecuencia y el tiempo de sonicación (Azmir et al., 2013).

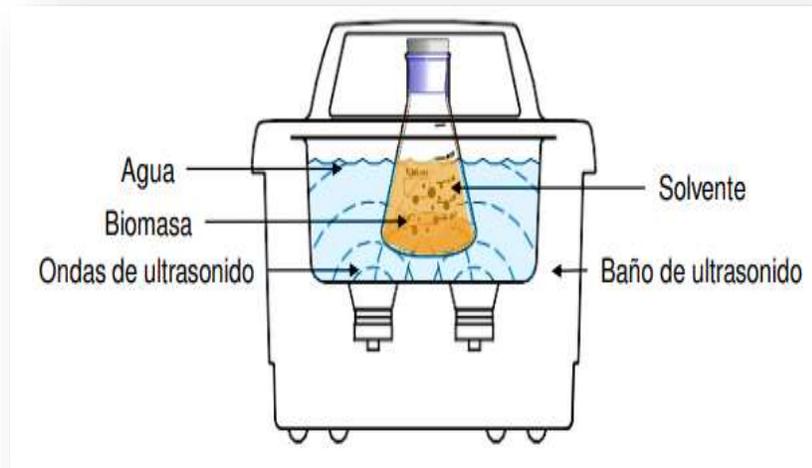


Figura 66. Esquema general del sistema de extracción asistido por ultrasonido (Puga, 2018).

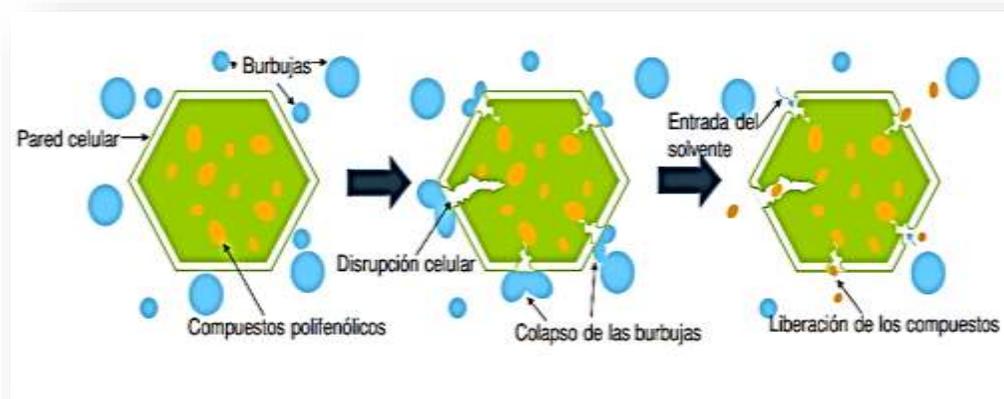


Figura 67. Mecanismo de la extracción asistida por ultrasonido (Puga, 2018).

5.9.5. Extracción asistida por microondas

La utilización de radiaciones electromagnéticas dentro de una frecuencia de 300 MHz a 300 GHz, para generar calor para la extracción del aceite de semilla de papaya, es el principio de la extracción asistida por microondas (Wang y Weller, 2006). La extracción asistida por microondas es adecuada para la extracción de compuestos termosensibles y las ventajas de este método incluyen la reducción del tiempo de extracción y el uso de solventes, mientras que al mismo tiempo mejora el rendimiento de extracción (Azmir et al., 2013). El tamaño de partícula de la muestra, la selección del solvente y las condiciones de operación se encuentran entre los factores que influyen en la eficiencia de la extracción asistida por microondas (Wang y Weller, 2006).

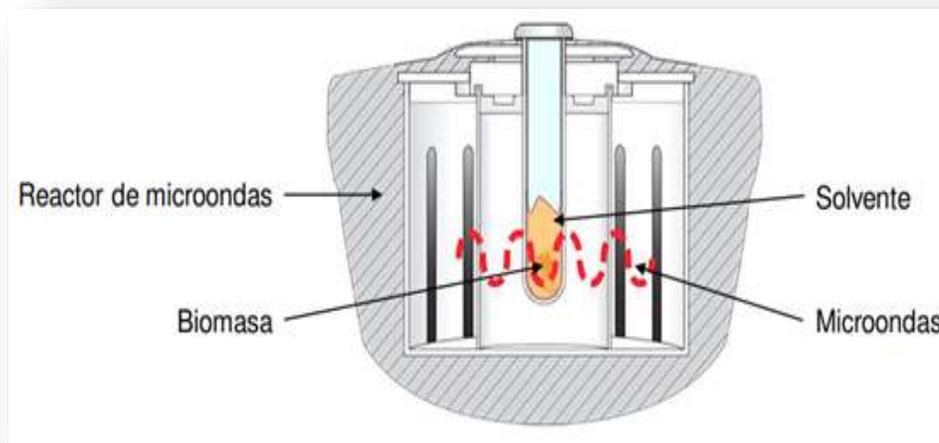


Figura 68. Esquema del equipo de extracción asistida por microondas (Puga, 2018).

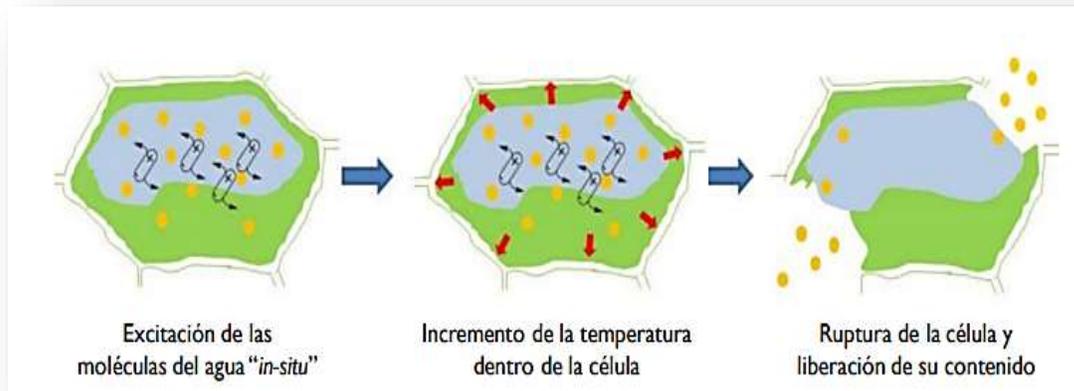


Figura 69. Mecanismo de la extracción asistida por microondas (Puga, 2018).

5.9.6. Extracción de fluidos supercríticos

Supercrítico, un estado que solo se puede lograr cuando una sustancia está expuesta a la temperatura y la presión más allá de su punto crítico (Azmir et al., 2013). El fluido supercrítico tiene tanto las características similares a gases de difusión, viscosidad y tensión superficial como las características similares a líquidos de densidad y poder de solvatación (Wang y Weller, 2006). El dióxido de carbono es un disolvente ideal para la extracción de fluidos supercríticos en vista de que su temperatura crítica es cercana a la temperatura ambiente (31 ° C) y baja presión crítica (74 bares) que puede alcanzar fácilmente (Azmir et al., 2013).

(Wang y Weller, 2006) informaron que el aceite extraído con el método de fluido supercrítico puede prevenir la oxidación de los lípidos y está más protegido de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados inestables (PUFA), en comparación con el aceite extraído con el método solvente. Las ventajas de la extracción de fluidos supercríticos incluyen un tiempo de extracción reducido, una extracción completa, una gama más amplia de selección de solventes, así como también ideal para la extracción de compuestos termolábiles (Azmir et al., 2013). La elección de fluidos supercríticos, la preparación previa de muestras y las condiciones de extracción son algunos de los problemas prácticos que afectarán la eficiencia de extracción de fluidos supercríticos (Wang y Weller, 2006).

La extracción con fluidos supercríticos es una operación unitaria de transferencia de masa que se efectúa por encima del punto crítico del solvente, similar a la extracción clásica con la particularidad de utilizar como agente extractor un fluido supercrítico en lugar de un líquido. El proceso de EFS básicamente consiste de cuatro etapas (Pantoja, 2016).

La extracción mediante fluidos supercríticos puede llevarse a cabo de forma estática o forma dinámica. En la forma estática, la celda o cilindro de extracción es presurizado manteniendo cerrada la válvula de salida del extractor. Finalizada la extracción la válvula es abierta, permitiendo el paso del fluido con los compuestos extraídos al sistema de colección (Brunner, 2013). En la forma dinámica el fluido en estado supercrítico se deja fluir de manera continua por el cilindro de extracción, manteniendo las válvulas de entrada y salida del cilindro extractor abiertas durante el tiempo de extracción (Rivera et al., 2016). La extracción de fluidos supercríticos es una alternativa interesante para la obtención de aceites vegetales, ya que no presenta los inconvenientes de los disolventes orgánicos tradicionales y por las ventajas que ofrece el CO₂ supercrítico, mencionadas anteriormente, principalmente la calidad de aceite obtenido por esta tecnología (Rivera et al., 2016). Las principales variables a tener en cuenta para realizar extracción por fluidos supercríticos son: densidad del fluido (Presión y temperatura), tipo de extracción (Dinámica o estática), volumen y velocidad de flujo del disolvente o tiempo de extracción, modificador (tipo y forma de adición), características de la muestra (tamaño de partícula), grado de humedad, entre otras. (Rivera et al., 2016).

Tabla 12. Ventajas y desventajas del método de extracción por fluidos supercríticos (Hinojosa et al, 2017)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de temperaturas moderadas, lo que ayuda a evitar el deterioro de los componentes térmicamente lábiles. • No hay cambio de fase. • Extracción de compuestos volátiles y no volátiles de forma direferencial, con ajuste de la densidad del fluido. • Fácil eliminación, gracias a su alta volatilidad. • Niveles bajos de solvente residual. • Posibilidad de obtener extractos libres de disolventes • Tiempos de extracción reducidos • Rendimiento mayor • Se requiere menor energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibrio de fase entre soluto y solvente complicado. • Dificultad para adicionar soluto al extracto debido a las altas presiones. • Costos muy elevados. • Baja disponibilidad de equipos • Cuando es necesario utilizar cosolventes para alterar la polaridad del fluido, estos pueden quedar en el extracto, requiriendo así un trabajo de separación posterior • Compuestos de altos pesos moleculares pueden ser extraídos junto con el aceite.

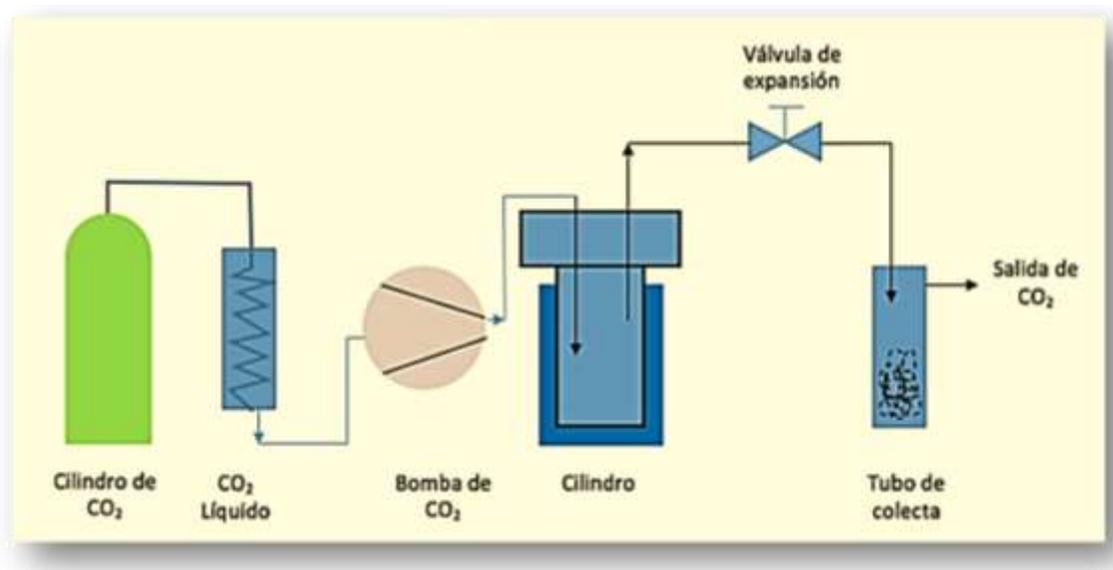


Figura 70. Diagrama básico equipo de fluidos supercríticos (Rivera et al., 2016).

Tabla 13. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción (Romero et al, 2018)

TIPOS DE EXTRACCIÓN	TÉCNICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PRENSADO DE LAS SEMILLAS	<p>Técnicas de prensado en frío y almacenamiento a baja temperatura (4 °C) en la oscuridad</p> <p>Prensado en caliente, utiliza calentamiento mediante una resistencia eléctrica</p>	<p>Los aceites presentan mejor conservación de los componentes antioxidantes (quercetina y miricetina), comparada con la extracción con solventes</p>	<p>Rendimientos bajos en la producción de aceite</p>
EXTRACCIÓN CON SOLVENTES	<p>Método Soxhlet usando generalmente hexano</p>	<p>Favorece las características funcionales del aceite como la retención de agua y la estabilidad de emulsión</p>	<p>Provoca pérdidas ligeras de antioxidantes, además cuestiones de salud y seguridad al medio ambiente por el uso del hexano</p>
EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS	<p>Uso del CO₂ en estado supercrítico</p>	<p>Rendimientos altos de extracción del aceite, no se requiere eliminar solventes del aceite o de la torta residual</p>	<p>Instalaciones muy costosas</p>

CONCLUSIÓN

Se han reportado numerosos estudios acerca de las propiedades químicas de la semilla de papaya (*Carica papaya linn*), de los cuales podemos resaltar el uso de su extracto el cual puede usarse etnofarmacológicamente debido a su potencial anti-helmíntico, anti-amebiano, anti-parasitarias y anti-bacteriano.

En los estudios reportados en la composición proximal se encontraron altos valores de fibra, proteínas y grasas, convirtiéndola en potencial uso alimenticio para animales, además de que el alto valor de la fibra permite estimular en los bovinos la rumia y la salivación, en menor proporción se encontraron los valores de cenizas, carbohidratos y humedad, siendo esta última determinante en la calidad de la semilla teniendo en cuenta la degradación microbiológica.

Acerca de la utilidad de las semillas de *carica papaya* en pro del medio ambiente se han reportado estudios donde estas se utilizan como adsorbentes de colorante, metales pesados y eliminación de turbidez de las aguas residuales, lo que sería de gran ayuda para mitigar la cantidad de contaminantes ambientales, evitando así la acumulación de iones metálicos los cuales hacen mucho daño a las especies biológicas.

De igual forma se han reportado estudios acerca de la producción de biodiesel de *carica papaya* encontrándose que además de obtener un alto porcentaje de rendimiento, sus propiedades fisicoquímicas cumplen con las establecidas por la ASTM lo que convierte a esta materia prima en potencial alternativa al diesel.

De acuerdo a los métodos consultados en la obtención de aceite a partir de la semilla de *carica papaya*, se pudo evidenciar que el mejor método para la extracción de este tipo de aceites es la extracción con fluidos supercríticos, ya que este proporciona altos rendimientos y no requiere eliminar solventes del aceite; a diferencia del método Soxhlet que, aunque tiene buen rendimiento, usa cantidades excesivas de solventes orgánicos y en la extracción por prensado los rendimientos son muy bajos.

APORTES

Después de realizar una revisión exhaustiva bibliográfica considero:

- Evaluar más a fondo las propiedades fisicoquímicas en la *Carica papaya* para permitir dignosticar de forma mucho mas precisa los cambios que suceden durante el proceso de maduración de la semilla teniendo en cuenta todas las bondades que tiene.
- Darle un mejor aprovechamiento a la semilla de *Carica papaya* debido a que solo es utilizada su pulpa y su semilla es desechada, sería fundamental pontencializar la comercialización de la semilla para sus diferentes procesos industriales, tanto en la salud humana como en la mitigación del impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, N. y León, G. A. (2003). Guía ilustrada. Enfermedades y plagas de la papaya. Corpoica y Pronatta. Editorial Guadalupe, Bogotá, D. C.
- Addai, Z. R., Abdullah, A., Mutalib, S. A., & Musa, K. H. (2016). Evaluation of fruit leather made from two cultivars of papaya. *Ital. J. Food Sci* , 28:73– 83.
- Adeleke Oluwafemi, Busola Adebola, Awoyinka Olayinka, Olaitan Ajiboye Basiru, Emmanuel Oyinloye Babatunji, Adetutu Osukoya Olukemi, Idowu Olayide Israel, Ibitayo Adejoke. Extracto acuoso de *Carica papaya*Linn. raíces atenúa potencialmente los efectos bioquímicos y genotóxicos inducidos por el arsénico en ratas Wistar (2018) vol. 8, pág. 324-334
- Agüero, S. D., García, J. T., & catalán, J. S. (2015). Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 11–19. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.8874>
- Agada Reuben, Wurochekke Abdullahi Usman, Sarkiyayi Shehu, Dluya Thagariki, (2020). In vitro and in vivo inhibitory effects of *Carica papaya* seed on α -amylase and α -glucosidase enzymes. *Heliyon* volumen 6.
- Agunbiade F.O. , Adewole T.A. Metanolisis del aceite de semilla de papaya carica para la producción de biodiesel *J. Combustibles* , 2014 (2014) , pág. 6
- Aleman, W.; Ríos, T.; Romero, L. (2009). Estudio por cromatografía de gases del perfil porcentual de los acidos grasos más comunes presentes en los aceites de semillas recolectadas en la ciudad de León. Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua. Departamento de Química.
- Alpízar Ugalde Juan Diego. (2019) ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANIERA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE LA SEMILLA DE PAPAYA (*Carica papaya* linn) HÍBRIDO POCOCÍ.

- Amaya, L.; Diaz, F.; Garcia, N.; Moncada, M.; Guerrero, G. (2007). Obtección del aceite de las semillas de *Luffa cylindrica* y evaluación de su potencial uso en la industria cosmetica. *Scientia et Technica* Año XIII, 33, 287–289.
- Ameen, S. A., Azeez, O. M., Baba, Y. A., Raji, L. O., Basiru, A., Biobaku, K. T., ... Odetokun, I. A. (2018). Anthelmintic Potency of *Carica papaya* seeds against Gastrointestinal Helminths in Red Sokoto goat. *Ceylon Journal of Science*, 47(2), 137.
- Análisis de alimentos. Fundamentos y técnicas. UNIVERSIA. Universidad Autónoma de México. 2013.
http://universia.net/bitstream/2024/1067/1/ManualdeFundamentosyTecnicaasdeAnalisisdeAlimentos_6501.pdf. 2014-09-27.
- Anitha B., Raghu N., G. Ts , M. Karthikeyan , C. Gk , B. Km. Usos medicinales de carica papaya *J. Nat. Med. Ayurvédica* , 2 (6) (2018) , pp. 1 – 11
- Anwar M. , Rasul M.G. , Ashwath N.Optimización de la producción y evaluación de la calidad del biodiesel de papaya (*Carica papaya*) con metodología de superficie de respuesta. *Energy Convers. Gestionar.* , 156 (2018) , págs.103 – 112
- Anwar Mohammad, Rasul Mohammad G., Ashwath Nanjappa y Nurun Nabi MD. El potencial de utilizar aceite de semilla de papaya y aceite de semilla de fruta de hueso como materia prima no comestible para la producción de biodiesel en Australia: una revisión. Volumen 5, Noviembre de 2019, páginas 280-297.
- AOAC INTERNATIONAL. (2012). *Official Methods of Analysis* (19na ed.). Gaithersburg, MD, Estados Unidos: AOAC INTERNATIONAL.
- Asghar, N., Ali, S., Naqvi, R., Hussain, Z., Rasool, N., Khan, Z. A., ... Haq, U. (2016). Compositional difference in antioxidant and antibacterial activity of all parts of the *Carica papaya* using different solvents, *Chemistry Central Journal* 10:5-15.
- Atabani A.E. , Silitonga A.S. , Ong H.C. , Mahlia T.MI , Masjuki H.H. , Badruddin I.A. , Fayaz H.Aceites vegetales no comestibles: una evaluación crítica de la extracción de aceite, las composiciones de ácidos grasos, la producción de biodiésel,

las características, el rendimiento del motor y la producción de emisiones. *Renovar. Sustainable Energy Rev.* , 18 (Suplemento C) (2013) , págs. 211 – 245

- Atabani A.E. , Silitonga A.S. , Badruddin I.A. , Mahlia T.MI , Masjuki H.H. , Mekhilef S. Una revisión exhaustiva sobre el biodiésel como recurso energético alternativo y sus características. *Renovar. Sostener. Energy Rev.* , 16 (4) (2012) , págs. 2070 – 2093
- Arango, L. V.; Román, C. A; Salamanca, C. R.; Almansa, E. F.; Bernal, J. H.; León, G. A., et al. (2016). El cultivo de la papaya en los Llanos Orientales de Colombia. Corpoica, SENA y Asohofrucol. Recuperado en mayo 16 de 2016 de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/jspui/bitstream/11348/4894/2/Cultivo%20de%20la%20papaya.pdf>
- Aravind, G., Bhowmik, D., Duraivel, S., & Harish, G. (2013). Traditional and Medicinal Uses of *Carica papaya*. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 1(1): 7–15.
- Arango, N. (2011). Análisis de la calidad del aceite de mezclas vegetales utilizado en doce frituras sucesivas empleado para freír papa sabanera tipo francesa (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Arias, C. 2000. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (en línea). Disponible en: http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/HORTOFRUTICOLA/Fao.%20Manual%20para%20cosechas.pdf [16 octubre de 2014].
- Ari, M., Ayanwale, B., Adama, T., y Olatunji, E. (2012). Evaluation of the Chemical Composition and Anti Nutritional Factors (ANFs) Levels of Different Thermally Processed Soybeans. *Asian Journal of Agricultural Research*, 6(2), 91-98.
- ASOHOFrucol. 2013. Frutas y hortalizas. Revista No32. ISSN 2027-9671 pág. 15. (En línea). Disponible en: <http://www.fondohortifruticola.com.co/archivos/Revista/Revista32.pdf> [10 abril de 2015].
- ASOHOFrucol. 2015. Estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa exportadora de papaya para acceder a los mercados de Europa, Canadá y Estados Unidos (en línea). Disponible en:

http://www.frutasyhortalizas.com.co/leytransparencia/Informe_Gestion_2015.pdf.
[10 abril de 2015].

- Aparicio, R., y Harwood, J. (Edits.). (2013). Handbook of Olive Oil. Analysis and Properties (Segunda ed.). NY, Estados Unidos: Springer
- Austin, J., Rodriguez, S., Sung, P. F., & Harris, M. (2013). Utilizing microwaves for the determination of moisture content independent of density. *Powder Technology*, 236, 17–23. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.06.039>
- Ayoola, P. B., & Adeyeye, A. (2010). Phytochemical and Nutrient Evaluation of Carica Papaya (Pawpaw) Leaves. *Ijrras*, 5(3): 325–328
- Ávila Suelen, Kugo Maureen, Silveira Homung Polyanna, Franklin Brian Apea-Bah, Elijah Maritim Songok, Trust Beta, (2020) Carica papaya seed enhances phytochemicals and functional properties in cornmeal porridges. *Food Chemistry* volumen 323.
- Aravena, V. (2020). Reviewbox. Obtenido de <https://www.reviewbox.com.mx/aceite-de-ajonjoli/>
- Avinash A. Subramaniam D. , Murugesan A. Biodiésel: un escenario mundial *Renovar. Sostener. Energy Rev.* , 29 (2014) , págs. 517 - 527
- Avecillas Arellano Luis Andrés. 2014. “CARACTERIZACIÓN FÍSICO – QUÍMICO DEL ESTERO SALADO ENTRE EL PUENTE DE LA AVENIDA KENNEDY Y EL PUENTE 5 DE JUNIO EFECTUADO EN EL PERIODO AGOSTO – OCTUBRE DEL AÑO 2012”. UNIVERSIDAD DE GUAUAQUIL.
- Aydin H. , Bayindir H. Análisis de rendimiento y emisiones de éster metílico de aceite de semilla de algodón en un motor diésel. *Renovar. Energía* , 35 (3) (2010) , págs. 588 - 592
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., et al. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117, 426–436.

- Azad A.K. , Rasul M.G. , Khan M.MK , Sharma S.C. , Hazrat M.A.Perspectiva de los biocombustibles como combustible de transporte alternativo en Australia. *Renovar. Sostener. Energy Rev.* , 43 (Suplemento C) (2015) , págs. 331 - 351
- Bailey, A. (2001). *Aceites y grasas industriales*. 2da. ed. Reverté S.A. Barcelona, España
- Baiju B. , Naik M.K. , Das L.M.Una evaluación comparativa de las características del motor de encendido por compresión utilizando ésteres metílicos y etílicos de aceite de Karanja. *Renovar. Energía* , 34 (6) (2009) , págs. 1616 - 1621
- Banderas, M. J. (2012). Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*, 66, 37–39.
- Badui, S (2012). *La ciencia de los alimentos en la práctica*. Pearson Educación de México, S. A. de C. V., México, D.F., pp. 70-71.
- Bahamóndez, G. O. (2016). Efecto del tipo de lípido (aceite de soya, aceite de maravilla alto oleico, y manteca de palma) sobre la microestructura y textura de masas). Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/fao.48e/doc/fao.48e.pdf>
- Bailey, A. (2001). *Aceites y grasas industriales*. 2da. ed. Reverté S.A. Barcelona, España
- Benito Yolanda. GUÍA ESPECÍFICA DE TRABAJO SOBRE “CO2 y cambio climático” 2016.
- Bernardi, L. A. (2016). ministerio de agroindustria presidencial de la nación . Obtenido de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/granos/ archivos/000061 Informes/ 899990 Perfil% 20del% 20Aceite% 20de% 20Ma% C3% AD z.pdf
- Beerens, P. (2007). *Screw-pressing of Jatropha seeds for fuelling purposes in less developed countrices*. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Países Bajos
- Bogantes, A., Mora, E., Umaña, G., y Loría, C. (2011). *Guía para el cultivo de la papaya en Costa Rica*. San José, Costa Rica: Ministro de Agricultura y Ganadería.

- Bogantes, A. (16 de Septiembre de 2016). Papaya y cultivo de papaya criolla en Costa Rica. (J.D.Alpizar Ugalde, Entrevistador) San José, Costa Rica.
- Bouanga-Kalou, G., Kimbonguila, A., Nzikou, J., Ganongo, F., Moutoula, F., Panyoo Akdowa, E., . . . Desobry, S. (2011). Extraction and characteristics of seed oil from Papaya (*Carica papaya*). *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 132-137.
- Bouanga Kalo G, Matos L, Nzikou J, Ganongo-Po F, Malela K, Tchicaillat-Landou, M, Desobry S. (2011). Physico-chemical properties of seed oil from papaya (*Carica papaya*) and the kinetics of degradation of the oil during heating. *Adv J Food Sci Technol*. 2011. 3(1): 45-49.
- Bonilla Cárdenas J. A. y Lemus Flores C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. *Revisión*. 215-246.
- Buelvas Muñoz Yina Paola, 2017. ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISIOLÓGICAS, FISICOQUÍMICAS Y NUTRACEÚTICA EN EL PERIODO POSTCOSECHA DE LA PAPAYA (*Carica papaya*) TAINUNG F1 TIPO EXPORTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.
- Bhuiya K.MM , Rasul M.G. , Khan M.MK , Ashwath N. , Azad A.K.Perspectivas de la generación de biodiésel como combustible sostenible — Parte: 1 selección de materias primas, técnicas de extracción de petróleo y tecnologías de conversión Renovar. Sostener. *Energía Rev.* , 55 (2016) , pp. 1109 - 1128
- Bravo, A. & Cardona, R. (2009). Obtención de una formulación de barniz con base en aceite de soya a escala de laboratorio. Universidad Eafit. Escuela de Ingeniería. Departamento de Procesos
- Brossard C, Ferrari,S, Pighinellia A, Parka KJ. (2010). Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (*Jatropha curcas* L.). *Grasas y aceites*. 61 (3): 295-302
- Brunner, G. (2013). Gas extraction: an introduction to fundamentals of supercritical fluids and the application to separation processes. Springer Science & Business Media. 5(4). 167-175

- Cabezas, C., Hernandez, B., & Vargas, M. (2016). Aceite y Grasas, efectos en la salud y regulación mundial. Facultad de Medicina. 4, 761-768
- Cabrera, M.C.; Ramos, A.; Saadoun, A.; Brito, G. (2010). Selenium, copper, zinc, iron and manganese content of 7 meat cuts from Hereford and Braford steers fed pasture in Uruguay. Meat Science, 84: 518–528.
- Carvalho FA. 2013 onwards. e-Monograph of Caricaceae. Version 1, November 2013. [Database continuously updated]. Disponible en: <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/bol/caricaceae>.
- Carmen C. Pons Pérez*, Osmany Molina Concepción, Sergio Rodríguez Morales, Víctor Medero Vega, Luis Ruiz Martínez, Wilfredo Caballero Álvarez, Maryluz Folgueras Montiel y Jesús García Ruiz. EL CULTIVO DE LA PAPAYA (Carica papaya, Lin.) SOBRE SOPORTE DIGITAL. Vol. 3 N° 1:64-72 (2017).
- CATEDRA UNESCO PARA LA SOSTENIBILIDAD. (2017). Unescosost.org. Retrieved from unescosost.org: www.unescosost.org/
- Castro-Vargas, H. I., Baumann, W., & Parada-Alfonso, F. (2016). Valorization of agroindustrial wastes: Identification by LC-MS and NMR of benzylglucosinolate from papaya (Carica papaya L.) seeds, a protective agent against lipid oxidation in edible oils. Electrophoresis, 37, 1930–1938.
- Castro, J., 2006. Short delay in timing of emergence determines establishment success in Pinus sylvestris across microhabitats. Annals of botany, 98: 1233-1240.
- Cefla, K. O. (2015). Diseño de una planta para la extracción del aceite vegetal comestible de las semillas de chía (Salvia hispanica l.) mediante prensado proyectado. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria.
- Coavoy Sánchez IA. evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (opuntia ficus-indica) del distrito de san bartolomé, huarochirí, lima. [Internet] [tesis]. [Lima - Perú]: universidad peruana union; 2015 [citado 5 de enero de 2018] Disponible: http://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/232/IbethTesis_bachiller_2015.pdf?sequence=1

- Codex Alimentarius. (Enmendado 2003, 2005). Norma del Codex para aceites vegetales especificados. Codex-Stan 210.
- Colombia, 2019 M. de A. de Colombia Cadena Productiva Papaya - Área, Producción Y Rendimiento. Bogotá (2019)
- Cortez, D & Sánchez, E. (2017). Evaluación de la estabilidad oxidativa de la mezcla de aceites de chía (salvia hispánica l.) y ajonjolí (sesamum indicum l). (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia
- Cordero Alcántara Tomás y Rodríguez Mirasol José. Universidad de Málaga. Catalizadores para la protección del medio ambiente (2008).
- Cornejo A. , Barrio I. , Campoy M. , Lázaro J. , Navarrete B. Aditivos para combustibles oxigenados procedentes de la valorización de glicerol. principales vías de producción y efectos sobre las propiedades del combustible y el rendimiento del motor: una revisión crítica. *Renovar. Sostener. Energía Rev.* , 79 (2017) , pp. 1400 – 1413
- Corral B. J. R. (2015). DETERMINACIÓN DE LA RAPIDEZ DE EXPOSICIÓN DE LA RADIACIÓN EMITIDA POR EL ACELERADOR LINEAL, UTILIZANDO EL CÓDIGO MCNP5, PARA EVALUAR LOS BLINDAJES DE LA SALA DE RADIOTERAPIA DEL HOSPITAL ABC. Universidad la salle Noroeste.
- Cobos-Quevedo OJ, Hernández-Hernández GA, Remes-Troche JM. Trastornos relacionados con el gluten: panorama actual. artículo de revisión *Med Int Méx.* 2017 julio;33(4):487-502.
- Chielle DP., Bertuol DA, Meili L., Tanabe EH., GL Dotto Secado de lecho de semillas de papaya para la producción de petróleo. *LWT Food Sci. Technol.* , 65 (2016) , págs. 852 – 860
- Chaves F., Arciniegas L., (2007) Macromoléculas de la levadura; Universidad Antonio Nariño.
- Chávez M.-Pesqueira , J. Núñez-Farfán Domesticación y genética de la papaya: una revisión *Frente Ecol. Evol.* , 5 (2017) , p. 155

- chandlervid. (2020). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/aceite-avellanas-botella-cristal-sobre-mesa-madera_8062508.htm#page=1&query=aceite+de+avellana&position=35
- Dakare MA, Ameh DA, AS Agbaji SA. Evaluación bioquímica del condimento de alimentos daddawa producido por la fermentación de semillas de papaya (*Carica papaya*) Pakistan Journal of Nutrition , 10 (3) (2011) , págs. 220 – 223
- DANE. El cultivo de papaya y sus principales enfermedades en época de lluvias Insumos y Factores Asoc. a la Prod. Agropecu. (2016) , pp. 1 - 9
- DANE. Encuesta Nacional Agropecuaria 2016, Boletín Técnico Encuesta Nacional Agropecuaria ENA-2016 (2017)
- Delgado, A. E., García-Cáceres, R. G. G., & Aperador, W. A. (2016). Estudio del poder lubricante del aceite de ajonjolí con adición de nanopartículas de cobre. *Información Tecnológica*, 27(6), 175-184. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600018>
- Devi Vibha y Khanam Shabina (octubre de 2019). Desarrollo de modelos generalizados y simplificados para la extracción de fluidos supercríticos: estudio de caso de papaya (*Carica papaya*) aceite de semilla . ScienceDirect, *Chemical Engineering Research and Design*, volume 150, páginas 341-358.
- Díaz, L. (2015). Aceite de chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo. (Tesis de pregrado). Universidad Complutense.
- DÍAZ, F. Amaya, L. Extracción y caracterización del aceite de luffa cilíndrica con o sin beneficio procedente de dos diferentes departamentos del país. Pereira 2005. Tesis de grado. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química.
- Dilis, V., y Trichopoulou, A (2010). Assessment of antioxidants in foods y biological samples: a short critique. *International Journal of Food Sciences y Nutrition*, 61(5), 441-448.
- Dincer K. Menores emisiones de la combustión de biodiesel Energy Sour. A , 30 (10)(2008) , págs. 963 - 968

- Domínguez Montero Genny, Betancourt Valladares Miriela, Katawera Victoria, Nkwangu David, Openy Oweta Noah Joseph. Efecto antibacteriano de la Combinación del extracto metanólico crudo de *Carica papaya* L. (papaya) y amoxicilina. *Rev Cubana Plant Med* vol.20 no.4 Ciudad de la Habana oct.-dic. 2015.
- Dorado Daniel J., MSc., Hurtado Andrés M., PhD., Martínez Correa Hugo A., PhD. EXTRACCIÓN SUPERCRTICA DE ACEITE DE SEMILLAS DE PAPAYA (*Carica papaya*): COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS. (2017). *VITAE*, Volumen 24-2 pág. 35-45.
- Duba KS., L. Fiori L. Extracción con CO₂ supercrítico de aceite de semilla de uva: efecto de los parámetros del proceso en la cinética de extracción *J. Supercrit. Fluidos* , 98 (2015) , págs. 33 – 43
- Druart C, Dewulf EM, Cani PD, Neyrinck AM, Thissen JP, Delzenne NM. Gut microbial metabolites of polyunsaturated fatty acids correlate with specific fecal bacteria and serum markers of metabolic syndrome in obese women. *Lipids* 2014;49(4):397-402.
- Dhekney SA, Kandel R, Bergey DR, Sittler V, K. Soorianathasundaram , RE Litz Avances en la biotecnología de la papaya *Biocat. Agri. Biotechnol.* , 5 (2016) , pp. 133 - 142
- Elgadir, M. A. B. D., Salama, M., & Adam, A. (2014). *Carica papaya* as a source of natural medicine and its utilization in selected pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 6(1): 19–22.
- Elgadir MA, Salama M., Adam A. *Carica papaya* como fuente de medicina natural y su utilización en aplicaciones farmacéuticas seleccionadas. En t. *J. Pharm.* , 6 (1) (2014) , págs. 880 - 884
- Elvir J., (2005) Efecto biológico sobre las membranas biológicas, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Venezuela.
- Espinoza Morales Andrea y Zapata Contreras Lorena. (2010). ESTUDIO DE ACEITES VEGETALES COMESTIBLES. ODECU
- Estrada, E. I.; Gómez, E. D.; Huertas, C. A.; Mesa, N. C.; Mena, Y.; Imbachi, K., et al. (2014). Diagnóstico fitosanitario en trece reglones productivos frutícolas del

departamento del Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. FERIVA S. A. Cali.

- Estévez Ricardo 2015. MEDIO AMBIENTE. Impactos ambientales: Acidificación. Eco inteligencia
- Espinosa Ramírez Adriana Janneth. El agua, un reto para la salud pública La calidad del agua y las oportunidades para la vigilancia en Salud Ambiental. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina Doctorado en Salud Pública Bogotá, Colombia 2018
- Espitia A., A., D., & A, C. (2019). capacidad calorífica y gravedad API de biocombustibles. 24(02), 190–199.
- Fadhil A.B.Evaluación de la semilla de albaricoque (*Prunus armeniaca* L.) como materia prima potencial para la producción de biocombustibles líquidos y carbones activados. *Energy Convers. Gestionar.* , 133 (2017) , págs.307 - 317
- FAO.org. (16 de Julio de 2015). Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-y4705s/y4705s02.pdf>
- Fan S. , Liang T. , Yu H. , Bi Q. , Li G. , Wang L.Características del grano, contenido de aceite, composición de ácidos grasos y propiedades del biodiésel en el desarrollo de semillas de albaricoque siberiano (*Prunus sibirica* L.). *Ind. Cultivos Prod.* , 89 (2016) , pp. 195 - 199
- Fatombi Jacques K., sémiyou A. Ossen, Esta A. Idohou, Ignace Agani, David Neumeyer, Marc Verelst, Robert Mauricot, Taofiki Aminou. Caracterización y aplicación de polisacárido soluble en álcali de semillas de *Carica papaya* para la eliminación de tintes índigo carmín y rojo Congo de soluciones simples y binarias *Journal of Environmental Chemical Engineering* Volume 7, Issue 5, Octubre de 2019 , 103343
- Fattore E, Bosetti C, Brighenti F, Agostoni C, Fattore G. Palm oil and blood lipid-related markers of cardiovascular disease: a systematic review and meta-analysis of dietary intervention trials. *Am J Clin Nutr* 2014;99(6):1331-50.
- Flanzky C., (2003) *Enología: Fundamentos científicos y tecnológicos*; Mundi prensa.
- Flax Council Of Canadá. (2015). Composición de linaza. [En línea]. Tomado de: https://flaxcouncil.ca/wp-content/uploads/2015/04/FlxPrmr-R11-Ch1_Span.pdf

- FEN - Fundación Española de Nutrición. (s.f). Aceite de girasol. Aceites y grasas. [En línea]. Tomado de: <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/aceitegirasol.pdf>
- Ferrari-Rockenbach M., Itamar Boneti J., Cangahuala-Inocente GC, Andrade Gavioli-Nascimento MC., Guerra MP., Análisis histológico y proteómico de las respuestas de defensa de la manzana al desarrollo de *Colletotrichum gloeosporioides* en las hojas. *Physiol Mol. Plant Pathol.* 89 (2015) , pp. 97 – 107
- Fernández, I. (2001). Obtención de aceite de orujo mediante extracción con fluidos supercríticos. Universidad de Castilla. España.
- freepik. (2020). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/foto-gratis/primer-plano-oliva-aceite-ecologico_6119858.htm#page=1&query=aceite%20de%20oliva&position=17
- Fon Flor Marina, Vásquez Fay y Zumbado Fernández. Análisis proximal en alimentos fundamentales teóricos y técnicas experimentales. 2019.
- Flores Rodríguez Laura Mrgarita. EL MEDIO AMBIENTE ACTUAL, PRODUCTO DEL DESARROLLO. 2003. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON.
- Future Market Insights. (2018). FMI. Recuperado el 29 de Enero de 2017, de Carica Papaya Seed Oil Market: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/carica-papaya-seed-oil-market>
- FFYB - Facultad de Farmacia y Bioquímica Universidad de Buenos Aires. (2018). Aceites y grasas. [En línea]. Tomado de: <http://app.ffyb.uba.ar/doc/AceitesyGrasas.pdf>
- FNUAP (fondo de población de las Naciones Unidas). El estado de la población mundial.2001.
- Gadzama PA, Wurochekke AU, Mahmoud SJ. Actividad antioxidante de los extractos de semillas de carica papaya en la úlcera inducida por indometacina en ratas *Revista Internacional de Ciencia e Investigación (IJSR)*, 5 (1) (2016) , pp. 699 – 703

- Gadhwal, A. K., Ankit, B. S., Chahar, C., Tantiya, P., Sirohi, P., y Agrawal, R. P. (2016). Effect of Carica papaya leaf extract capsule on platelet count in patients of dengue fever with thrombocytopenia. *J Assoc Physicians India*, 64(6), 22-26.
- Ghaffarilaleh, D. Fisher, R. Henkel, (2019). Carica papaya seed extract slows human sperm. *Journal of Ethnopharmacology* volumen 241.
- Galeano, C., & Guapacha, E. (2011). Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (biodiesel). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa De Tecnología Química.
- Galarraga Rivera Yeyxon Marcela Omar. Diseño de una prensa de tornillo tipo expeller para la extracción de aceite vegetal virgen de la semilla de maíz, para uso comestible (2015).
- Ganjehkaviri A. , Mohd Jaafar M. , Hosseini S. , Musthafa A. Evaluación del desempeño de la combustión de biodiésel a base de aceite de palma en un quemador de aceite *Energies* , 9 (2) (2016) , pág. 97
- Gasque Laura. 2018. Neón, argón, kriptón, xenón y radón. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gasque Silva Laura. 2018. Helio (del griego helios, sol). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garibaldi LA., Bartomeus I., Bommarco R., et al. La coincidencia de rasgos de los visitantes de flores y cultivos predice la producción de frutos mejor que la diversidad de rasgos *J. Appl. Ecol.* , 52 (2015) , págs. 1436 – 1444
- Garba ZN, Bello I, Galadima A, Lawal AY. Optimización de las condiciones de adsorción utilizando un diseño compuesto central para la eliminación de cobre (II) y plomo (II) por la semilla de papaya desgrasada *Karbala Int. J. Mod. Sci.* , 2 (2016) , págs. 20 – 28
- García, A., Francisco, L., Benigno, L., Manuel, D., & Ana, S. (2018). Propiedades fisicoquímicas del aceite y biodiesel producidos de la *Jatropha curcas* L. en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista Cubana de Química*, 30(1), 142–158.

- Gerdhart. (2015). Gerhardt Analytical Systems. Obtenido de <http://www.gerhardt.de/es/Productos/Digesti%C3%B3n/Sistema+de+digesti%C3%B3n+con+calentamiento+infrarrojo+TURBOTHERM.html>
- Giacopini, A. (2012). El aceite canola y sus efectos en la salud. *Anales Venezolanos de Nutrición* (Vol. 25, No. 2, pp. 94-99.)
- GIL, A. y MIRANDA, D. 2005. Morfología de la flor y de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.): variedad Maradol e híbrido Tainung-1. *Agronomía Colombiana* 23(2): 217-222.
- Gilbert Adie U., Unuabonah Emmanuel I., Adeyemo Adebajo A., Adeyemo Olalere G. Eliminación Biosorptive de Pb²⁺ y Cd²⁺ en novela biosorbente; desgrasada *Carica papaya* semillas. *Biomasa y Bioenergía*. Volumen 35, Número 7, julio de 2011, páginas 2517-2525.
- Gil, A., y Miranda. (2008). Aspectos anatómicos de la semilla de papaya (*Carica papaya* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 2(2), 145-156.
- Gómez, Z. 2013. Diseño de un modelo funcional de distribución y operaciones logísticas para empresas productoras y comercializadoras de papaya de los municipios de Roldanillo y La Unión en el departamento del Valle del Cauca. In U.A.D. Occidente, ed. Tesis de grado para optar al título de Magister en Logística Integral. Santiago de Cali: Departamento de operaciones y sistemas, p35-40.
- Gomes M. T. y otros siete autores; Purification, crystallization and preliminary X-ray analysis of CMS1MS2: a cysteine proteinase from *Carica candamarcensis* latex, *Acta Crystallogr. Sect. F. Struct. Biol. Cryst. Commun.*: 64(6), 492-494 (2008).
- Gómez Ruiz LR. Evaluación de la actividad antioxidante en los extractos obtenidos por CO₂ supercrítico [Internet] [tesis]. [Bogotá, Colombia]: Universidad Distrital de Francisco José de Caldas; 2017 [citado 2 de marzo de 2018].
- Gomes-Moraes SR., Asama Tanaka FA., Massola NS., Júnior Histopatología de *Colletotrichum gloeosporioides* en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) *Comunicação Científica Rev. Bras. Frutic* , 35 (2) (2013) , pp. 657 – 664

- Gonçalves RG , Março PH, PT. Valderrama PT. Evaluación térmica de aceite comestible mediante espectroscopia UV-Vis y quimiometría Química de los alimentos , 163 (2014) , págs. 83 – 86
- González, W. (2016). Aromatización del aceite de girasol con especias para elaboraciones gastronómicas. 2014. 140.
- González C. M. J. (mayo - páginas 100-107 de 2008). ELSEVIER. Obtenido de Frutos secos. Análisis de sus beneficios para la salud : <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-frutos-secos-analisis-sus-beneficios-13120524>
- Godiganur S. , Suryanarayana Murthy C.H. , Reddy R.P.6BTA 5.9 G2-1 Pruebas de rendimiento y emisiones de motores Cummins utilizando mezclas de aceite / diesel de éster metílico de mahua (Madhuca indica). Renovar. Energía , 34 (10) (2009) , págs. 2172 – 2177
- gottau, g. (2017). vitónica. Obtenido de <https://www.vitonica.com/alimentos/todo-sobre-el-aceite-de-semilla-de-uva-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina>
- Guevara Morales, S. A., & Hernández Guzmán, A. de los A. (2015). *Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua Unan-León*.
- Gumus M. , Kasifoglu S.Evaluación del rendimiento y las emisiones de un motor de encendido por compresión que utiliza biodiésel (éster metílico del aceite de semilla de albaricoque) y sus mezclas con combustible diesel. Biomasa bioenergía , 34 (1) (2010) , pp. 134 – 139
- Gunstone F. Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. . Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.: http://health120years.com/cn/pdf/hd_Vegetable.Oils.pdf; 2011 [cited 2014 31 Julio].
- Gutiérrez Miguel. La planificación familiar como herramienta básica para el desarrollo. Rev.med. exp.salud pública. Vol 30 n°3 lima jul. 2013.
- Graciani CE. 2006. Los aceites y grasas: composición y propiedades. Ed. Madrid Vicente y Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Gracia, I. (2001). Obtención de aceite de orujo mediante extracción con fluidos supercríticos. Cuenca, España: Universidad de castilla – la Mancha.

- Haggag Mel S, Elsanhoty RM, Ramadan MF. Impact of dietary oils and fats on lipid peroxidation in liver and blood of albino rats. *Asian Pac J Trop Biomed* 2014;4(1):52-8.
- Hechavarria Torres Maricel, F. Á. (2014 Santiago de Cuba abril). Caracterización de pacientes con hipertensión arterial en un área rural de Santiago de Cuba. *MEDISAN*, vol.18 n°4.
- Hernández, B. (2019). Módulo – Grasas. Ministeriosde Salud De La Republica de Colombia. Santa fe de Bogotá.
- Hernández C, Mieres A, Niño Z, Pérez S. (2007). Efecto de la Refinación Física Sobre el Aceite de la Almendra del Corozo (*Acrocomia aculeata*). *Informacion tecnológica*. 18(4): 59-68.
- Herrera, J.; & Méndez, L. (2008). Estudio preliminar por cromatografía de gases con columna capilar de las composiciones porcentuales de los ácidos grasos más comunes presentes en los aceites comestibles que se ofertan en nicaragua. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua. Departamento de Química.
- HE, Z.; YUAN, B.; ZENG, M.; TAO, G.; CHEN, J. 2015. Effect of simulated processing on the antioxidant capacity and in vitro protein digestion of fruit juice-milk beverage model systems. *Food Chem.* 175:457 - 464. doi: [10.1016/j.foodchem.2014.12.007](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.007)
- Hinojosa JJ, Tun A, Canul A, Ruiz C, Rocha JA, Betancur D. (2017). Extracción de glucósidos edulcorantes de *Stevia rebaudiana bertonii* por métodos de fluidos supercríticos. *JONNPR*. 2(5): 202-209.
- Hosseini Koupaie E., Barrantes Leiva M., Eskicioglu C., Dutil Mesophilic C. batch anaerobic co-digestion of fruit-juice industrial waste and municipal waste sludge: Process and cost-benefit analysis *Bioresour Technol.*, 152 (2014), pp. 66-73
- Hueso, J.J., I. Salinas, y J. Cuevas. 2015. El cultivo de la papaya. Grupo Cooperativo Cajamar, ESP. <https://www.grupocooperativocajamar.es/recursos-entidades/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/009-papaya-1441794549.pdf> (consultado 9 ago. 2018).

- Ikram EHK , Stanley R, Netzel M, Fanning K. Fitoquímicos de la papaya y sus usos sanitarios y culinarios tradicionales: una revisión Diario de Composición de Alimentos y análisis , 41 (2015) , pp. 201 – 211
- Ibañez Esquivel Gabriela Maritza. “ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA SUB CUENCA DEL RÍO SAN PABLO EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”. “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI” UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES LARACUNG – ECUADOR. 2012.
- Jaramillo Calle, A. M., & Narváez Quiranza, E. R. (2012). Diseño y construcción de un secador de grano por fluidización e implementación del control de flujo y temperatura. QUITO/EPN/2012.
- Jannatizadeh, A., Naderi-Boldaji, M., Ghasemi Varnamkhasti, FRM, Tabatabaeefar, A., 2008. Algunas propiedades físicas poscosecha de la fruta de albaricoque iraní (Prunus armeniaca L.). Vol. 22.
- Jiménez, V.M., E. Mora, and M.V. Gutiérrez. 2014. Biology of the papaya plant. In: R. Ming, and P. Moore, editors, Genetics and genomics of papaya. Plant genetics and genomics: Crops and models. Vol 10. Springer, NY, USA. p. 17-34.
- Jiménez Díaz José A. Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana 1ª ed.- Guácimi, CR : EARTH,2002.108p.
- Juárez I. Carica papaya: una planta con efecto terapéutico. México Horizonte Sanitario, 12 (2) (2013), pp. 35-36.
- Juárez, N., Jiménez, M., Guerrero, A., Monribot & Jiménez, M. (2017). Caracterización del aceite y harina obtenido de la semilla de uva silvestre (Vitis tiliifolia). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.8 No.5. pp. 1113-1126
- Jurado, J. A., & Muñoz, L. V. (2009). Caracterización del aceite de las semillas de Solanum quitoense variedad la selva y evaluación de su actividad antioxidante. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa de Química.
- jcomp. (2020). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/foto-gratis/aceite-girasolmesa_10400097.htm#page=1&query=aceite%20de%20girasol&position=1

- Kaur, N., Singh, B., & Sharma, S. (2019). Comparison of quality protein maize (QPM) and normal maize with respect to properties of instant porridge. *Lwt*, 99, 291–298.
- Kaul S. , Saxena R.C. , Kumar A. , Negi M.S. , Bhatnagar A.K. , Goyal H.B. , Gupta A.K. Comportamiento a la corrosión del biodiésel de aceites de semillas de origen indio en piezas de motores diésel (2007).
- Korir, M. (2017). Effect of drying on the properties of Papaya seeds and oil characterization. *International journal of Engineering Research and Science y Technology*, 6(4), 35-43.
- Khairul Ikram Emmy Hainida, Roger Stanley, Michael Netzel, Kent Fanning. Fitoquímico de la papaya y sus usos sanitarios y culinarios tradicionales: una revisión. *Revista de composición y análisis de alimentos*. Volumen 41, agosto de 2015, página 201-211.
- Knothe, G, et al. Editor. *The Biodiesel Handbook*. ISBN: 0-000000-00-00, 2005, Illinois.
- Krishna, K. L., Paridhavi, M., & Patel, J. A. (2008). Review on nutritional, medicinal and pharmacological properties of papaya (*Carica papaya* linn.). *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 7(4): 364–373.
- Lagaron, J.M., Ocio, M.J., Rubio, A. 2012 *Antimicrobial polymers*. Publicado por Jhon Wiley & Sons, INC., Hokoben, New Jersey.
- Larson, S.J. y otros cuatro autores; Papain adulteration in 11-nor-Delta9-tetrahydrocannabinol- 9- carboxylic acid-positive urine samples, *J. Anal. Toxicol.*: 32(6), 438-43(2008).
- Lee, W. J., Lee, M. H., & Su, N. W. (2011). Characteristics of papaya seed oils obtained by extrusion-expelling processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 2348–2354.
- Legislación ambiental. 2014. *Especialidad en manejo sustentable de recursos naturales de Zonas Áridas y Semiáridas*

- Li S. , Wang Y. , Dong S. , Chen Y. , Cao F. , Chai F. , Wang X. Producción de biodiesel a partir de aceite vegetal y motor *Eruca sativa* gars, propiedades de emisiones. *Renovar. Energy* , 34 (7) (2009) , pp. 1 871 – 1876
- Li Y.-G. , Xu L. , Huang Y.-M. , Wang F. , Guo C. , Liu C.-Z. Biodiésel de microalgas en China: oportunidades y desafíos *Apl. Energía* , 88 (10) (2011) , págs. 3432 – 3437
- Li Y, Ma WJ, Qi BK, Rokayya S, Li D, Wang J, et al. Blending of soybean oil with selected vegetable oils: impact on oxidative stability and radical scavenging activity. *Asian Pac J Cancer Prev* 2014;15(6):2583-9.
- Lobo, M. T. (21 de junio de 2018). Características de los aceites vegetales y sus usos en formulación química de productos para la industria cosmética. (J.D. Alpízar Ugalde, Entrevistador).
- Lucero, O. 2013. Guía de Prácticas de Bromatología. Riobamba- Ecuador. Xerox. 2005, pp 12, 15, 17
- Luque R. , Herrero, Davila L. , Campelo J.M. , Clark J.H. , Hidalgo J.M. , Luna D. , Marinas J.M. , Romero A.A. Biocombustibles: una perspectiva tecnológica *Energy Environ. Sci.* , 1 (5) (2008) , págs. 542 - 564
- Maisarah AM., Nurul AB., Asmah R., Fauziah O. Análisis antioxidante de diferentes partes de *Carica papaya* *Int J Food Res* , 20 (3) (2013) , pp. 1043 - 1 048
- Maisarah AM, Asmah R y Fauziah O. Proximate Analysis, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Different Parts of *Carica Papaya* (2014).
- MADR, 2016. Desarrollo de la fruticultura en Córdoba. Informe del plan frutícola nacional. Montería: Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
- Malacrida, C. R., Kimura, M., & Jorge, N. (2011). Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. *Food Science and Technology Research*, 31, 929–934.

- Martinello M. Modelado del secado en granos en lecho fijo a bajas temperaturas de aire. [Tesis doctorado]. Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional de la Plata. 2015.
- Martínez Dotor J. Efecto del procesamiento en el contenido de Compuestos Fenólicos y las propiedades antioxidantes de diferentes variedades de Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L) mexicano [Internet] [tesis]. [Toluca, México]: universidad autónoma del estado de México; 2013 [citado 5 de enero de 2018]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/14379/407988.pdf?sequence=1>
- Méndez A, Córdoba L & Sánchez M. (2010). El envejecimiento acelerado afecta la calidad fisiológica y bioquímica de la semilla de *Jatropha curcas*. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 23(25). 1-9.
- Mirafuentes F., Santamaría F. y Azpeitia A. 2011. Características de un nuevo híbrido de papaya para el sur de México, pp 286-289. In: Memorias de la XXIII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco, noviembre 2011. Villahermosa, Tabasco, México.
- Mohan A. , Sen S. Análisis de emisiones del biodiésel de mezclas de papaya y pollo En t. J. Informativo Futurista Res. , 2 (7) (2015) , págs. 2258 - 2264
- MOLINA VARGAS PAOLA (2011). EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES Y MICROBIOLÓGICAS DE LA PAPAYA (*Carica papaya* L.) DESHIDRATADA CON LA LEVADURA *Candida guilliermondii*
- Molina Jiménez Pedro. 2013. SIMULACIÓN NUMÉRICA DE UN PROBLEMA DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID.
- Monsalve J., Machado M., (2007) Evaluación de dos métodos de deshidratación del tomate (*Lycopersicon esculentum* mil) variedad manzano; *Multiciencias* Vol 7 N° 003. Universidad de Zulia. Venezuela 256-265p.
- Moran Romero Angie Cindy y Baca Caurino Elizabeth Victoria “Proceso de secado de semilla de papaya (*Carica papaya*) para la obtención de aceite” (2018).

- Mora Newcomer Eric. 2006. GUÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE LA PAPAYA EN COSTA RICA.
- Moreng Lisa, S. M. (15 de Enero de 2013). Azúcares de la dieta y el peso corporal: revisión sistemática and meta-análisis de ensayos controlados aleatorios y estudios de cohortes. Obtenido de BMJ: <https://www.bmj.com/content/bmj/346/bmj.e7492.full.pdf>
- Mosarof M.H. , Kalam M.A. , Masjuki H.H. , Alabdulkarem A. , Ashraful A.M. , Arslan A. , Rashedul H.K. , Monirul I.M. Optimización de las características de rendimiento, emisión, fricción y desgaste de las mezclas de biodiesel de palma y Calophyllum inophyllum Energy Convers. Gestionar. , 118 (2016) , pp. 119 – 134
- Moráis López A., Lama More R.A., Dalmau Serra J., y Comité de Nutrición de la AEP (2009). Hipercolesterolemia. Abordaje terapéutico. ELSEVIER DOYMA, 488-496.
- Muñoz, C. M. (2014). Jornada de transferencia de tecnología en el cultivo de papaya. Scielo, 83-85.
- Narsaiah K., RA Wilson , K. Gokul , HM Mandge , SN Jha , S. Bhadwal , RK Anurag , RK Malik , S. Vij Efecto del recubrimiento de alginato incorporado en bacteriocina sobre la vida útil de la papaya mínimamente procesada (Carica papaya L.) Postcosecha Biol. Technol. , 100 (2015) , págs. 212 – 218
- Narváez, PC, SM Rincón, and FJ Sanchez, Kinetics of Palm Oil Methanolysis. Journal of American Oil Chemical Society, 2007. 84. p. 971-977.
- NAVARRO-CRUZ, Addi†*, ROJAS-ZENTENO, Eli, LAZCANO-HERNÁNDEZ, Martin y VERALÓPEZ, Obdulia Propiedades funcionales de semillas de papaya (Carica papaya L.) (2016) Vol.3 No.7 48-56.
- Nayak, B. S., Ramdeen, R., Adogwa, A., Ramsbhag, A., & Marshall, J. R. (2012). Woundhealing potential of an ethanol extract of Carica papaya (Caricaceae) seeds. International Wound Journal, 9(6): 650–655.

- Nayak Milap G. y Vyas Amish P. Optimización de la producción de biodisel asistida por microondas a partir de aceite de papaya utilizando metodología de superficie de respuesta (2019) Volumen 138, páginas 18-28
- Nielsen, S. (2017). Food Analysis (5ta ed). Cham, Suiza: Springer.
- Nwangwa, E.K., & Ekhoeye, E.I. (2013). Anti-hyperlipidemic activity of aqueous extract of carica papaya seed in albino rats fed with high fat diet. Current Trends in Technology and Science, 2 (3), 262-266.
- Nour, V., Corbu, A. R., Rotaru, P., Karageorgou, I., & Lalas, S. (2018). Effect of carotenoids, extracted from dry tomato waste, on the stability and characteristics of various vegetable oils. Grasas y Aceites, 69(1), 238. <https://doi.org/10.3989/gya.0994171>
- Noguera Machado Nirza de la cruz, Ojeda Ojeda Luis Edgardo, Jiménez María Fernanda, Kremisisky María Fernanda. Evaluación del potencial antibacteriano de extractos de semillas de cinco frutas tropicales. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 8 (1): xxx-xxx. Enero-Junio, 2017
- Nwofia, G. E., Ojmelukwe, P., & Eji, C. (2012). Chemical composition of leaves, fruit pulp and seeds in some Carica papaya (L) morphotypes. Int. J. Med. Arom. Plants, 2(1): 200–206.
- Ong MK., Kazi FK., Forney CF., Ali A., Efecto del ozono gaseoso sobre la antracnosis de papaya Food Bioprocess Technol. , 6 (2013) , págs. 2996 – 3005
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (ONU) Derecho al agua. Boletín informativo 35. Alto Comisionado para los Derechos Humanos. 2011. p.64.
- Oropeza Guerrero MP. Alcaloides totales y actividad antioxidante de extractos metanólicos de hojas de Ipomoea murucoides (casahuate) [Internet] [tesis]. [Oaxaca, México]: universidad tecnológica de la mixteca; 2012 [citado 5 de enero de 2018]. Disponible en: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11616.pdf
- Ortega Amador Juana Odilí y Mejía Navarro Martha Cristina. 2014. Medio ambiente y los recursos naturales. Universidad nacional autónoma de Nicaragua.
- Ovando Martínez, Gonzáles Aguilar Gustavo A. Composición nutricional y propiedades antioxidantes de frutas y verduras (2020), pág. 499-513

- Özcanlımath M. , Keskin A. , Aydın K. Producción de biodiésel a partir de aceite de terebinto (*Pistacia Terebinthus*) y su uso en motores diésel. En t. J. Green Energy , 8 (5) (2011) , págs. 518 - 528
- Pantoja, L.; Maldonado, S. (2012). Caracterización del contenido de aceite de dos oleaginosas: sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y canola (*Brassica napus* y *Brassica rapa*). Universidad San Francisco de Quito.
- Pantoja, A. L. (2016). Extracción de aceites con fluidos supercríticos a partir de semillas de frutas con potencialidad en la industria cosmética. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería y Administración.
- Papazzo A, Conlan XA, Lexis L, Lewandowski PA. Differential effects of dietary canola and soybean oil intake on oxidative stress in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *Lipids Health Dis* 2011;10:98.
- Parni, B., y Verma, Y. (2014). Biochemical properties in peel, pulp and seeds of carica papaya. *Plant Archives*, 14(1): 565-568.
- Páez, A. R. (2003). Manejo del virus de la mancha anular de la papaya en la región Caribe colombiana. Corpoica, Pronatta. Recuperado en mayo 17 de 2016 de http://agronet.gov.co/www/docs_si2/Manejo%20del%20virus%20de%20la%20mancha%20anular%20en%20papaya.pdf
- Patel K.A. , Nayak M.G. Producción de FAME utilizando semillas de papaya de desecho mediante diferentes condiciones experimentales en un sistema por lotes. En t. J. Adv. Ing. Res. Dev. (IJAERD) , 4 (1) (2017) , págs. 244 – 248
- Penumetcha M, Schneider MK, Cheek HA, Karabina S. A diet containing soybean oil heated for three hours increases adipose tissue weight but decreases body weight in C57BL/6 J mice. *Lipids Health Dis* 2013;12:26.
- pinkomelet. (2018). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/cerrar-aceite-esencial-chia-semillas-cuchara-madera_2557043.htm
- Puangsri T., Abdulkarim SM., Ghazali SM., Propiedades de Carica papaya L.: (papaya) aceite de semilla después de extracciones usando solvente y métodos enzimáticos acuosos *J. Food Lípidos* , 12 (2005) , pp. 62 – 76

- Puga Patiño Karina del Carmen. Estudio del proceso secuencial SFME-US-ME para la obtención de un insumo libre de extractos para biorefinería (2018).
- Pradesh, A., & Pradesh, A. (2013). Evaluation of anti diabetic activity of Carica papaya seeds. Journal of Advanced Scientific Research, 4(2): 38
- Primo, E. (2007). Química orgánica básica y aplicada, de la molécula a la industria. Reverté, Ed. Valencia
- PROPAPAYA, Sistema Producto Papaya. (2011). Recuperado en: <http://propapaya.org>
- Proceso de combustible. Technol. , 88 (3) (2007) , págs. 303 - 307
- ploskaya. (2020). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/semillas-lino-aceite-sobre-fondo-madera_10453075.htm#page=1&query=aceite%20de%20linaza&position=5
- Quiroga, I. A. (2016). Antracnosis, una enfermedad limitante para la producción de papaya. APPALSI (Asociación Agroecológica de Productores y Comercializadores de Papaya del Alto Sinú). Recuperado en mayo 19 de 2016 de <http://www.croplifela.org/es/proteccion-de-cultivos/plaga-del-mes/antracnosis-papaya.html>
- Ramírez, G. (2008). Expresión analítica de los componentes de los alimentos. *Universidad de Antioquía*, 2–30. http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/424/Notas_de_Expresion_analitica_de_los_componentes_de_los_alimentos_2008.pdf
- Rahman M.M. , Masjuki H.H. , Kalam M.A. , Hazrat M.A. , Liaquat A.M. , Shahabuddin M. , Varman M.Perspectivas del biodiésel de Jatropha en malasia Renovar. Sostener. Energy Rev. , 16 (7) (2012) , págs. 5007 - 5020
- Rahman S.MA , Masjuki H.H. , Kalam M.A. , Abedin M.J. , Sanjid A. , Rahman M.M.Evaluación de los efectos del ralentí en un motor de encendido por compresión alimentado con mezclas de biodiésel Jatropha y Palm. Renovar. Energy , 68 (2014) , págs. 644 - 650
- Rahman M.M. , Hazrat M.A. , Rasul M.G. , Mahmudul H.M.Evaluación comparativa del rendimiento del éster metílico de aceite comestible y no comestible en un motor

de vehículo. *Energy Procedia* , 75 (2015) , págs. 37 – 43

- Rahman M.M. , Hassan N.M.S , Hyde J.Perspectivas de la producción de biodiésel a partir de aceite de macadamia como combustible alternativo para motores diésel. *Energías* , 9 (403) (2016)
- Renner, S.S. 2012. A dated phylogeny of the papaya family (Caricaceae) reveals the crop's closest relatives and the family's biogeographic history. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 65: 46–53.
- Reyes, C.; Cárdenas, J. E.; Escobar, W.; Navarrete, A.; Ramírez, F.; Villamil, F. (2009). Manual de productores. Frutales de clima cálido. Asofrucol, Unión Europea y Acción Social. Produmedios, Bogotá, D. C.
- Restrepo J, Estupiñán JA & Colmenares AJ. (2016). Comparative study of lipid fractions from *Bactris gasipaes* Kunth (peach palm) obtained by soxhlet and supercritical CO₂ extraction. *Revista colombiana de química*. 45(1): 5-9.
- Riba, J. R., Esteban, B., Baquero, G., Puig, R., & Rius, A. (2010). Caracterización de las propiedades físicas de aceites vegetales para ser utilizados como carburante en motores diesel. *Afinidad*, 67(546), 100–106.
- Ribeiro Junior RF, Fernandes AA, Meira EF, Batista PR, Siman FD, Vassallo DV, et al. Soybean oil increases SERCA2a expression and left ventricular contractility in rats without change in arterial blood pressure. *Lipids Health Dis* 2010;9:53.
- Rincón, S. M., & Martínez, D. M. (2009). Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Revista Palmas*, 30(2), 11-24.
- Rivera, C.; Cardona, L.; Muñoz, L.; Gómez, D.; Passaro, C.; Quinceno, J. (2016). Guía De Extracción Por Fluidos Supercríticos: Fundamentos Y Aplicaciones. Servicio Nacional de Aprendizaje nacional SENA.
- Rodriguez Luciana Marcela. Aplicación de enzimas en la obtención de aceites con solventes renovables: Impacto del procesamiento en la composición y calidad de aceites y harinas (2019).

- Rojas, K. (2019). Obtención y extracción de aceites vegetales. Universidad Nacional De Educacion Enrique Guzmán y Valle. Facultad de Agropecuaria y Nutrición. Escuela Profesional de Industria Alimentaria Y Nutrición.
- Rojop Juárez, Esther isela. Carica papaya: una planta con efecto terapéutico Horizonte Sanitario, vol. 12, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 35-36 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México
- Rollán, I. C. (2016). universidad de sevilla, departamento de nutrición y bromatología, toxicología y medicina legal. Obtenido de "Efectos tóxicos derivados de la ingestión subcrónica de aceite de oliva sometido a diversos grados de fritura en rata": <https://core.ac.uk/download/pdf/51401175.pdf>
- Romero Placeres, Manuel; Diego Olite, Francisca; Álvarez Toste, Mireya La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, vol. 44, núm. 2, 2006, pp. 1-14 Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología Ciudad de La Habana, Cuba.
- Romero Carlos Matías. 2014. ESTADO DEGRADACIÓN/RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS EN EL DEPARTAMENTO TERCERO ARRIBA (CÓRDOBA) Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela para Graduados.
- Romero JA, Amaya A, Miranda MG, García MG. (2018). Métodos cromatográficos para la determinación de endosulfán en alimentos. Revista internacional de contaminación ambiental. 34: 81-94
- Romo Fernández, Luz Maria, Guerrero Bote Vicente P., Moya Anegón Félix. Análisis de la producción científica española en energías renovables, sostenibilidad y medio ambiente (*Scopus*, 2003-2009) en el contexto mundial. Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información Volume 27, Issue 60, May–August 2013, Pag.125-151.
- Rosh. (2013). Prensa de tornillo helicoidal. [Figura]. Recuperado de http://www.rosh.mx/rosh_equipos/expeller.html.

- ruksutakarn. (2020). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/aceite-palma-fresca-aceite-palma-sobre-superficie-madera_10430639.htm#page=1&query=aceite%20de%20palma&position=18
- Sabiu S., Ashafa AOT., Estabilización de la membrana y cinética de las enzimas metabolizadoras de carbohidratos (α -amilasa y α -glucosidasa) potenciales inhibitorios de *Eucalyptus obliqua* L. Her. (Myrtaceae) Extracto de hoja etanólica de Blakely: una evaluación in vitro South Afr. J. Bot. , 105 (2016) , págs. 264 - 269
- Sabourian R., Karimpour-Razkenari E., Saeedi M., M. S Bagheri , M. Khanavi , N. Sadati , T. Akbarzadeh , M. RS ArdekaniPlantas medicinales utilizadas en la medicina tradicional iraní (MIT) como agentes anticonceptivos Curr. Pharmaceut. Biotechnol. , 17 (11) (2016) , págs. 974 – 985
- Salla, S., Sunkara, R., Ogutu, S., Walker, L. T., & Verghese, M. (2016). Antioxidant activity of papaya seed extracts against H₂O₂ induced oxidative stress in HepG2 cells. LWT – Food Science and Technology, 66, 293–297.
- Salcedo Candela Sophia Elena. 2016. “COMPARATIVO DE FUENTES NITROGENADAS EN UN SUELO ARENOSO UTILIZANDO COMO CULTIVO INDICADOR AL MAÍZ (*Zea mays* L.), ANIVEL DE INVERNADERO”. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Samaram, S., Mirhosseini, H., Tan, C. P., & Ghazali, H. M. (2013). Ultrasound-assisted extraction (UAE) and solvent extraction of papaya seed oil: Yield, fatty acid composition and triacylglycerol profile. *Molecules*, 18, 12474–12487.
- Samaram S., Mirhosseini H., CH Tan , HM GhazaliExtracción asistida por ultrasonido y extracción con solvente de aceite de semilla de papaya Cristalización y comportamiento térmico, grado de saturación, color y estabilidad oxidativa Ind. Cultivo. Pinchar. , 52 (2014) , págs. 702 – 708
- Santamaría, M. B. (2012). Manual de buenas técnicas agrícolas de la papaya. INTA, 34-35
- Sancho, S. D. O., Da Silva, A. R. A., Dantas, A. N. D. S., Magalhaes, T. A., Lopes, G. S., Rodrigues, S., ... Silva, M. G. D. V. (2015). Characterization of the industrial residues of seven fruits and prospection of their potential application as food supplements. *Journal of Chemistry*, 2015:1-8.

- Sandoval Valencia K., Ávila Duana D., TJ Hernández Gracia Estudio del mercado de papaya mexicana: un análisis de su competitividad (2001–2015) Suma Negocios , 8 (2017) , pp. 131 - 139 , 10.1016 / j.sumneg.2017.10.002
- Santiago, F. (2014). [www.grupo-selecta.com. Obtenido de http://www.gruposelecta.com/notasdeaplicaciones/analisis-alimentarios-y-de-aguas-nutritional-and-wateranalysis/determinacion-de-proteinas-por-el-metodo-de-kjeldahl-kjeldahl-method-forprotein-determination/](http://www.gruposelecta.com/notasdeaplicaciones/analisis-alimentarios-y-de-aguas-nutritional-and-wateranalysis/determinacion-de-proteinas-por-el-metodo-de-kjeldahl-kjeldahl-method-forprotein-determination/)
- Saran PL., Choudhary R. Biodisponibilidad de fármacos y medicamentos tradicionales de la papaya disponible comercialmente: una revisión Revista Africana de Investigación Agrícola , 8 (25) (2013) , págs. 3216 - 3223
- Semillas del Caribe. 2009. Productos. Disponible en <http://www.semilladelcaribe.com.mx> [13 diciembre 2016]
- Senanayake VK, Pu S, Jenkins DA, Lamarche B, Kris-Etherton PM, West SG, et al. Plasma fatty acid changes following consumption of dietary oils containing n-3, n-6, and n-9 fatty acids at different proportions: preliminary findings of the Canola Oil Multicenter Intervention Trial (COMIT). *Trials* 2014;15(1):136.
- Serpa AM, Echeverri A, Lezcano MP, Lina M. Vélez LM, Ríos AF, Hincapié GA. (2014). extracción de aceite de aguacate variedad “hass” (persea americana mill) liofilizado por prensado en frio. *Revista Investigaciones Aplicadas*. 8(2): 113-123.
- Sharma S.K., Mitra S.K., Saran S., Papaya production in India - history, present status and future prospects. International Society for Horticultural Science (ISHS), Leuven (Belgium) (2016)
- Sierra., A (2013). Fase II: determinaciones analíticas de la capacidad antioxidante en el plasma de los aceites de palma híbrida y oliva extra-virgen en individuos 51 de la localidad de Usme en Bogotá (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Singh, O., & Ali, M. (2011). Phytochemical and Antifungal Profiles of the Seeds of Carica papaya. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 447– 452.

- Singh SP, Sudhakar Rao DV. Papaya (*Carica papaya* L.) Biología y tecnología poscosecha de frutas tropicales y subtropicales , Woodhead Publishing Limited (2011) , 10.1533 / 9780857092618.86
- Solis VE. Dietas modificadas en carbohidratos. Revista Costarricense de Salud Pública. 2006; p. 09
- Solís, M. E. (julio de 2018). universidad técnica de ambato, facultad de ciencia e ingeniería en alimentos maestría en tecnología de alimentos. Obtenido de "extracción y microencapsulación de aceite de linaza (*linum usitatissimum*) para la adición en una matriz alimenticia": <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28251/1/05%20T.AL.pdf>
- Suaterna, A. C. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura: revisiones. *Perspect. Nutr. Hum*, 11(1), 39–53. Retrieved from <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/nutricion/article/view/9390/8646>
- Speight, J. (2015). *Handbook of Coal Analysis*. Hoboken, NJ, Estados Unidos: Wiley.
- Tecnológico de Costa Rica. (16 de Junio de 2016). TEC. Recuperado el 13 de Agosto de 2016, de Hoy en TEC: <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2016/06/16/estudiantes-aprovechan-desechos-papaya-crear-aceite-manchas-espinillas>
- Tokuhisa, D., Fernandes, D., Mantovani, E., Hilst, P., y Demuner, A. (2007). Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, 29(3), 180-18
- Toro, N. & Suárez, L. (2012). Obtención y caracterización del aceite de las semillas de *Vitis labrusca* L. (uva isabella) y evaluación de su actividad antioxidante. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa de Química.
- Torracchi C. J. E. (Madrid, noviembre 2015). Deforestación y pérdida de Hábitat en Bosques de montaña en la cuenca alta del Río Zamora. Universidad politécnica de Madrid.
- Tórrez, H. (2015). Estudio preliminar de la composición de los ácidos grasos de los productos lácteos elaborados en Nicaragua por cromatografía de gases con columna capilar. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Departamento de Química.

- Torres, A. (2018). Extracción de aceite a partir de semilla de granadilla (*Passiflora ligularis*) por prensado en frío y solvente orgánico. Universidad Señor de Sipán. Facultad De Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior.
- Torres, C.; Londoño, J; Hincapié, S. (2013). Extracción y caracterización de aceite de pescado derivado de subproductos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Jouurnal of Agriculture and Animal Sciences*, 2(2), 157–170
- Turégano, C.; 2011. NORMA MEXICANA: NMX-F-114-SCFI-2011. Aceites y grasas Animales y Vegetales: Determinación del punto de fusión - método de prueba. Ciudad de México D.F
- Turégano, C.; 2012. NORMA MEXICANA: NMX-F-116-SCFI-2012. Aceites y grasas Animales y Vegetales: Determinación de color - método de prueba. Ciudad de México D.F.
- Tripathi S., Suzuki JY, Carr JB, McQuateGT , Ferreira SA, RM Manshardt , KY Pitz , MM Wall , D. Gonsalves Composición nutricional de la papaya arcoíris, el primer cultivo frutal transgénico comercializado *Diario de Composición de Alimentos y análisis* , 24 (2) (2011) , pp. 140 – 147
- Teh S., Birch J. Características fisicoquímicas y de calidad de los aceites de semillas de cáñamo, lino y canola prensados en frío *J. Food Anal.* , 30 (2013), pp. 26 – 31
- Ugena. D. L. (2015). Aceite de Chía. Beneficios e inconvenientes de su consumo . *facultad de farmacia universidad complutense*, pag 10-15.
- Unnisal SA., Zainab S. Eficacia de las semillas de *Carica papaya* como coagulante y desinfección solar en la eliminación de turbidez y coliformes *Appl. Ciencia del agua.* , 8 (2018) , pp. 149 – 154
- Ullah F. , Nosheen A. , Hussain I. , Bano A. Transesterificación catalizada con base de aceite de semilla de albaricoque silvestre para la producción de biodiesel. *Afr. J. Biotechnol.* , 8 (14) (2009) , págs. 3289 – 329
- user. (2020). pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/aceite-maiz-frutas-sobre-fondo-blanco_10467006.htm#page=1&query=aceite%20de%20maiz%20&position=46

- USDA Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación Agrícola. Base de datos nacional de nutrientes del USDA para referencia estándar, versión 27 (2014) Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl> (consultado el 3 de diciembre de 2014)
- USDA. Semillas oleaginosas: mercados mundiales y Trade 2017 Producción mundial, Mercados y TInformes de rade. 2017
- Usta N. Uso de éster metílico de aceite de semilla de tabaco en un motor diesel turboalimentado de inyección indirecta. Bioenergía de biomasa , 28 (1) (2005) , págs. 77 - 86
- Valenzuela, A., Yáez, C., & Constanza, V. (2010). ¿Mantequilla O Margarina? Diez Años Despues. Revista Chilena de Nutricion, 37(4), 505–513.
- Valencia J., Pérez A., Vargas M., (2002) Obtención de polvo de papaya de monte (*Carica pubescens*) por atomización; Ingeniería UC, Vol 9 N°001; Carabobo, Venezuela.
- VanBuren, R., Zeng, F., Chen, C., Zhang, J., Man Wai, C., Han, J.,... Ming, R. (2015)
- Vázquez, E., Mata, H., Santamaría, F. y Ariza, F. 2010. Producción y manejo postcosecha de papaya Maradol en la planicie Huasteca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, 4, p10-12
- Velásquez, G. (2006). Fundamentos de la Alimentación Saludable. Universidad de Antioquia.
- Venkateshwarlu E., Dileep P., PSP Rakesh Kumar Reddy Evaluación de la actividad antidiabética de semillas de papaya Carica en ratas diabéticas tipo II inducidas por estreptozotocina J. Adv. Sci. Res. (2015) , pp. 1 – 5 diciembre
- Villanueva Bautista E. Contenido de betalaínas y determinación de la actividad antioxidante de accesiones de *Chenopodium quinoa Willd*" quinoa" del distrito de Tambillo-Ayacucho 2014 [Internet] [tesis]. [Ayacucho, Perú]: universidad nacional de san Cristóbal de huamanga; 2015 [citado 6 de enero de 2018]. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/977/Tesis%20B733_Vil.pdf?sequence=

- volosina.(2020).pinterest. Obtenido de https://www.freepik.es/fotos-premium/aceite-soja-soja-textura-madera_10649252.htm#page=1&query=aceite%20de%20soya&position=22
- Wang, L., & Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 300–312.
- Wang L. , Yu H.Biodiésel de aceite de semilla de albaricoque siberiano (*Prunus sibirica* L.). *Bioresour. Technol.* , 112 (Suplemento C) (2012) , págs. 355 - 358
- Wang L.Propiedades de los aceites de semillas de albaricoque de Manchuria (*Prunus mandshurica* Skv.) Y de albaricoque siberiano (*Prunus sibirica* L.) y evaluación como materias primas para biodiesel. *Ind. Cultivos Prod.* , 50 (Suplemento C) (2013) , págs. 838 - 843
- Wang X., Li C., Meng D., Zhou L., Síntesis fácil de biosorbente magnético de bajo costo a partir del polisacárido de goma de melocotón para la eliminación selectiva y eficiente de colorantes catiónicos En t. *J. Biol. Macromol.* , 107 (B) (2018) , pp. 1,871 - 1,878 mil
- Wahyuni Dwi. Nueva toxina en gránulos de bioinsecticida de Extract of papaya (*Carica papaya*) Semillas y hojas modificadas contra *Aedes Aegypti* larvas. Volumen 23, (2015), páginas 323-328. *Procedia Environmental Sciences.*.
- Weber CT, Collazzo GC, Foletto L, Dotto GL. Eliminación de colorantes farmacéuticos peligrosos por adsorción en semillas de papaya *Ciencia del agua. Technol.* , 70 (2014) , pp. 102 – 107
- Williams DJ., Pun S., Chaliha M., Scheelings P., O'HareUna T., combinación inusual en la papaya (*Carica papaya*): lo bueno (glucosinolatos) y lo malo (glucósidos cianogénicos) *Revista de composición y análisis de alimentos* , 29 (1) (2013) , págs. 82 – 86
- Wong C.S. , Othman R.Producción de biodiesel por transesterificación enzimática de aceite de semilla de papaya y aceite de semilla de rambután En t. *J. Eng. Technol. (IJET)* , 6 (6) (2014) , págs. 2773 - 2777

- Yadav A.K. , Pal A. , Dubey A.M. Estudios experimentales sobre la utilización de biodiésel de *Prunus armeniaca* L. (albaricoque silvestre) como combustible alternativo para motores CI Valorización de residuos de biomasa (2017)
- Yanty, N. A. M., Nazrim Marikkar, J. M., Nusantoro, B. P., et al. (2014). Physico-chemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.) seed oil of the Hong Kong/Sekaki variety. *Journal of Oleo Science*, 63, 885–892.
- Yepes Sandra Milena , Montoya Naranjo Lina Johana y Orozco Sánchez Fernando. VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES – FRUTAS – EN MEDELLÍN Y EL SUR DEL VALLE DEL ABURRÁ, COLOMBIA. 2008.
- Zaragoza Bastida Adrián, Valladares Carranza Benjamín, César Ortega Santana, José Zamora Espinosa, Valente Velázquez Ordoñez, José Aparicio Burgos. Recursiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública. 2016. Vol.6
- Zhang T., Chen W. La actividad inhibitoria de *Candida albicans* del extracto de semilla de papaya (*Carica papaya* L.) se relaciona con la disfunción mitocondrial *En t. J. Mol. Sci. , 18 (9) (2017) , pág. 1858*
- Zhang W., Qi X., Wu L., Su T., J. Dong Hidrogeles catiónicos a base de polisacáridos para la adsorción de colorantes Surf coloides. *B: Biointerfaces , 170 (2018) , págs. 364 – 372*
- Zhu X., X. Li X., Chen W., Lu W., Mao J., Liu T., Análisis de clonación molecular, caracterización y expresión del gen CpCBF2 en fruta de papaya cosechada bajo estrés por temperatura *Electrón. J. Biotechnol. , 16 (4) (2013) , pp. 1 - 10*