



# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

---

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA

“M.C. Victor M. Rodríguez Alcocer”

“Formulación de una barra comestible a base de *Morinda  
citrifolia* L. ”

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
QUÍMICO FARMACOBIOLOGA

PRESENTA

**p.Q.F.B. Andrea Victoria Lagunas Suarez**

Director de Tesis

Dra. Berenice Yahuaca Juárez

Morelia, Michoacán, México Diciembre 2018



(DEDICATORIA)

*“Si caminas solo, irás más rápido; si caminas acompañado, llegarás más lejos.”*

*Proverbio chino*

*A Dios, que me permite estar aquí y me acompaña ahora y siempre.*

*A mis padres, familia, amigos y mentores que me apoyan incondicionalmente, por su amor y guía.*

*Para ti amada tía Irma Suárez, que me proteges desde el cielo.*

## AGRADECIMIENTOS

*"Solo hay dos errores que se cometen en el camino a la verdad: No empezar, y no llegar hasta el final."*

*Siddharta Gautama*

Durante mi aun corta vida, he encontrado a personas que han me dejado alguna enseñanza, la vida misma me ha mostrado los distintos matices que son resultado de mis decisiones, la persona que soy ahora, mis creencias, valores, aptitudes, hobbies; mi forma de ser.

Les agradezco a mis amados padres Victor Joel y Alejandra que sin ellos no estaría hoy aquí, son el inicio de todo, por demostrarme con su ejemplo que sin importar las circunstancias siempre se puede salir adelante, a superarte cada día, que los sueños se hacen realidad, el alentarme a ser una persona polifacética, por su apoyo ahora y siempre, por su amor incondicional; a mis queridos hermanos Carlos Alberto y Luis Antonio por ese amor y confianza que solo se tiene con los hermanos; a los nuevos integrantes Liliana y Sebastián por los momentos de alegría futuros.

A mis tíos(as) Evangelina, Verónica, Rosa María, Gilberto, Victor, Angélica, Roció y los que faltan por mencionar, que son las personas que cuidaron de mí desde pequeña apoyándome siempre, especialmente a mi querida tía Irma que en paz descansa por enseñarme como es el amor a su profesión, el ser solidario con las personas necesitadas y autentico, te llevare siempre en mi corazón y mis memorias mi ejemplo a seguir. Mamá Pilla te agradezco por esos lindos momentos que pase contigo y por darme una madre tan amorosa, capaz de superarse y ayudar a los demás, mi querida abuelita Carmen que me brinda su apoyo y amor incondicional y criar a un padre tan amoroso.

Agradezco cándidamente a mis mentores Julia Alejandra, M.V.Z. Mari Elena que confiaron en mí y compartieron sus conocimientos y valores.

A mi asesor de tesis la Dra. Berenice Yahuaca quien me dio la oportunidad de trabajar en esta investigación para poder obtener mi título de Q.F.B. brindándome su apoyo y

comprensión durante este tiempo, abriéndome las puertas del Laboratorio de Biotecnología junto a la Dra. Consuelo Penagos con sus recomendaciones y opiniones acertadas.

A los hermanos que uno tiene la oportunidad de elegir, Fernanda Isabel Gutiérrez Tinoco agradezco infinitamente de tu amistad eres una hermana para mi y a tu familia que me trata como parte de ella, por apoyarme durante 10 años y los que faltan, celebrando mis triunfos y brindado consuelo, consejos y uno que otro regaño, por respetar mis ideologías y la persona que soy. A mis “Cachetonas” mis amigas, compañeras y familia adoptiva que forme en mi vida universitaria Corin Chávez, Hillary Magaña, Cristina Cortez, Vanesa Torres, Carme Luna, Judith Nava, por apoyarme durante mis mini crisis existenciales en los semestres impares, Karen Juárez, Jonathan, Brito, Naye, Anahí, Mauricio, Javier, por esos momentos de alegría cuando el estrés estaba al cien, llevando así buenos recuerdos como estudiante; mis amigas de la secundaria Roxana y Elena que son esas amistades que duran toda la vida.

A Mary, Ale y Adriana que hicieron que el trabajo en el laboratorio fuera de un ambiente de armonía y compañerismo, les agradezco infinitamente su apoyo.

Todas esas personas que me han apoyado les agradezco por dejar me ser parte de su vida haciendo que este viaje sea emocionante.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>II. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>17</b>
2.1 ALIMENTOS FUNCIONALES.....	17
2.1.1 <i>Principios activos de alimentos funcionales.....</i>	<i>18</i>
2.1.1.1 Fibra .....	19
2.1.1.2 Compuestos antioxidantes.....	20
2.1.2 <i>Ingredientes funcionales.....</i>	<i>21</i>
2.1.3 <i>Mercado de los alimentos funcionales en México .....</i>	<i>22</i>
2.2 GENERALIDADES DE <i>MORINDA CITRIFOLIA L.</i> .....	22
2.2.1 <i>Clasificación y descripción botánica.....</i>	<i>23</i>
2.2.2 <i>Composición química de Morinda citrifolia L. ....</i>	<i>26</i>
2.2.3 <i>Funciones biológicas .....</i>	<i>28</i>
2.2.4 <i>Productos elaborados a partir de Morinda citrifolia L. ....</i>	<i>29</i>
2.3 GENERALIDADES DEL SORGO DE GRANO.....	31
2.3.1 <i>Clasificación y descripción botánica del Sorgo .....</i>	<i>33</i>
2.3.2 <i>Composición química y propiedades nutricionales del Sorgo .....</i>	<i>36</i>
2.3.3 <i>Usos del Sorgo blanco .....</i>	<i>39</i>
2.4 PRODUCCIÓN BARRAS TIPO SNACK COMO ALIMENTO FUNCIONAL.....	40
2.4.1 <i>Barra de Sorgo y granola .....</i>	<i>40</i>
2.4.2 <i>Barra de granola y frijol rojo .....</i>	<i>40</i>
2.4.3 <i>Barra de cereal con aceite de lino .....</i>	<i>41</i>
2.4.4 <i>Barras de cereales disponibles en la Ciudad de México .....</i>	<i>41</i>
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>IV. HIPÓTESIS .....</b>	<b>45</b>
<b>V. OBJETIVOS.....</b>	<b>46</b>
OBJETIVO GENERAL.....	46

OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	46
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
6.1 ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	47
6.2 MATERIAL DE ESTUDIO .....	48
6.3 CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L.....	48
6.3.1 <i>Análisis químico proximal para la caracterización de los frutos de Morinda citrifolia L.</i> ....	50
6.3.2 <i>Parámetro de caracterización nutricional del Morinda citrifolia L.</i> .....	52
6.4 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L. Y DE SORGO BLANCO .....	52
6.5 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE <i>SORGO BLANCO</i> .....	55
6.6 DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE .....	55
6.7 FORMULACIÓN DE LA BARRA TIPO SNACK A BASE DE HARINA DE CÁSCARA DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L. Y HARINA DE SORGO BLANCO .....	58
6.8 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO FORMULADO. ....	58
6.9 DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE AGRADO DE LA BARRA TIPO SNACK A BASE DE HARINA DE CÁSCARA DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L. Y HARINA DE SORGO BLANCO CON MERMELADA DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L.....	59
6.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	59
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>60</b>
7.1 CARACTERIZACIÓN DEL FRUTO DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L.....	60
7.1.1 <i>Peso de Morinda citrifolia L. en estado de madurez fisiológico y de consumo</i> .....	60
7.1.2 <i>Tamaño del fruto</i> .....	61
7.1.3 <i>Resistencia a la compresión de los frutos de Noni.</i> .....	62
7.1.4 <i>Determinación del color de los frutos de Morinda citrifolia L.</i> .....	63
7.1.5 <i>Determinación de Acidez titulable y Sólidos Solubles totales (SST)</i> .....	66
7.1.6 <i>Caracterización Nutricional del Noni</i> .....	67
7.1.6.1 <i>Vitamina C</i> .....	67
7.1.6.2 <i>Actividad Antioxidante</i> .....	67
7.1.7 <i>Análisis químico proximal del fruto de Morinda citrifolia L.</i> .....	72
7.2 CARACTERIZACIÓN DEL SORGO BLANCO .....	73
7.2.1 <i>Determinación del color en el grano de Sorgo blanco y la harina de Sorgo blanco</i> .....	73
7.2.2 <i>Diámetro Medio de Partícula de la Harina de Sorgo blanco</i> .....	74
7.2.3 <i>Determinación de acidez titulable</i> .....	74
7.2.4 <i>Caracterización nutricional de la harina de Sorgo blanco</i> .....	75
7.2.4.1 <i>Vitamina C</i> .....	75
7.2.4.2 <i>Actividad Antioxidante</i> .....	75

7.2.5	<i>Análisis químico proximal de la harina de Sorgo blanco</i>	77
7.3	FORMULACIÓN DE LA BARRA TIPO SNACK A BASE DE HARINA DE CÁSCARA DE NONI Y HARINA DE SORGO BLANCO	78
7.3.1	<i>Deshidratación de la cáscara</i>	78
7.3.1.1	Diámetro medio de partícula de la harina de cáscara de <i>Morinda citrifolia</i> L.	80
7.3.2	<i>Formulación de la barra a base de harina de cáscara de Noni y harina de Sorgo blanco</i>	81
7.3.3	<i>Formulación de mermelada de Noni</i>	86
7.3.4	<i>Análisis sensorial de las formulaciones de barras rellenas de mermelada de Noni</i>	89
7.4	CARACTERÍSTICAS DE LA BARRA DE NONI	99
7.4.1	<i>Determinación del color de la barra de Noni</i>	99
7.4.2	<i>Caracterización nutricional de la Barra de Noni</i>	100
7.4.2.1	Vitamina C	100
7.4.2.2	Actividad Antioxidante	100
7.4.3	<i>Análisis químico proximal de la Barra de Noni</i>	105
<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO</b>	<b>106</b>
<b>IX.</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>107</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXO</b>	<b>114</b>
	ANEXO 1: COMPUESTOS AISLADOS DE <i>MORINDA CITRIFOLIA</i> L.	114
	ANEXO 2: PRUEBA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE BARRA CON MERMELADA	118
	ANEXO 3: PRUEBA DE EVALUACIÓN SENSORIAL COMPARATIVA DE BARRA CON MERMELADA	120
	ANEXO 4: ESCALA CIELCH	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de <i>Morinda citrifolia</i> L. ....	24
Figura 2. Floración de <i>Morinda citrifolia</i> L. (“Noni”) .....	24
Figura 3. Fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. (“Noni”) .....	25
Figura 4. Planta de Sorgo.....	33
Figura 5. Diferentes formas de panículas de Sorgo .....	34
Figura 6. Espiga de Sorgo.....	34
Figura 7. Variedades de sorgo dependiendo de su color.....	35
Figura 8. Diagrama de Estrategia Metodológica.....	47
Figura 9. Regiones del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. ....	49
Figura 10. Diagrama de metodología de la deshidratación de la cascara de Noni .....	53
Figura 11. Obtención de la harina de <i>Shorghum bicolor</i> (Sorgo blanco o de grano).....	55
Figura 12. a) Distribución normal de los pesos del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. en madurez fisiológica, b) Distribución normal de los pesos del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. en madurez de consumo .....	61
Figura 13. a) Histograma de Distribución normal del DL, B) Histograma de Distribución normal y una Distribución inclinada a la derecha del DE del fruto de Noni en madurez fisiológica .....	61
Figura 14. Fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. (Noni) .....	62
Figura 15. a) Histograma de Distribución normal de DL, b) Histograma de distribución atípica de DE del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. (Noni) en madurez de consumo.....	62
Figura 16. Comparación de la modificación de Dureza en los frutos en los dos estados de madurez fisiológica y de consumo en el fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. ....	63
Figura 17. Etapa de madurez fisiológica del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. (Noni).....	65
Figura 18. Etapa de transición de madurez fisiológica a madurez de consumo del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. (Noni).....	65
Figura 19. Etapa de madurez de consumo de <i>Morinda citrifolia</i> L. (Noni).....	65
Figura 20. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de los extractos JK3, JK4 y JK5 en la inhibición del radical DPPH Diferencia entre los extractos con un nivel de $p < 0.05$ .....	69
Figura 21. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de los extractos JK3, JK4 y JK5 en la inhibición del radical ABTS <sup>•+</sup> . Diferencia entre los extractos con un nivel de $p < 0.05$ .....	70
Figura 22. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de extractos JK3, JK4 y JK5 en la cuantificación de compuestos poli-fenólicos. Diferencia entre los extractos con un nivel de $p < 0.05$ .....	72
Figura 23. Grano de Sorgo blanco .....	73
Figura 24. Harina de Sorgo blanco.....	73

Figura 25. Relación del tamaño de partícula y el porcentaje de harina de Sorgo respecto al tamaño de partícula .....	74
Figura 26. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de SA y SB en la inhibición del radical DPPH. Diferencia entre los extractos con un nivel de $p < 0.05$ .....	76
Figura 27. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de SA y SB en la inhibición del radical ABTS <sup>°+</sup> . Diferencia entre los extractos con un nivel de $p < 0.05$ .....	76
Figura 28. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de SA y SB en la cuantificación de polifenoles totales. Diferencia entre los extractos con un nivel de $p < 0.05$ .....	77
Figura 29. Cascaras deshidratadas estufa (A) y Cascaras deshidratación solar (B) .....	79
Figura 30. Comparación de pesos de cascara, pulpa y semillas en fresco y deshidratado. ....	80
Figura 31. Relación del tamaño de partícula y el porcentaje de Harina de Cáscara de Noni respecto al tamaño de partícula .....	80
Figura 32. Pesado de insumos para la barra.....	81
Figura 33. Diagrama de flujo para formulación de la barra .....	82
Figura 34. Mezclado de harinas y levadura activada (masa 1).....	83
Figura 35. Mezcla de insumos de la (masa 2) .....	83
Figura 36. Reposo de masas.....	84
Figura 37. Pesado de masa .....	84
Figura 38. Láminas de masa y mermelada .....	84
Figura 39. Extendido, horneado y cortado de las barras de Mermelada de Noni y sorgo .....	85
Figura 40. Diagrama de operaciones para la elaboración de mermelada.....	86
Figura 41. Insumos para la Mermelada.....	88
Figura 42. Escala hedónica .....	89
Figura 43. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Sabor entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de $p < 0.05$ .....	91
Figura 44. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Dulzor entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de $p < 0.05$ .....	92
Figura 45. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Textura entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de $p < 0.05$ .....	93
Figura 46. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Color entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de $p < 0.05$ .....	94
Figura 47. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de atributo de Olor entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de $p < 0.05$ .....	95
Figura 48. Comparación de las barras respecto a los atributos de sabor, dulzor, textura, color y olor.....	96
Figura 49. Preferencia de las barras 1828, 1956, 1646, 1370 y 9096 respecto al nivel de agrado ...	96
Figura 50. Preferencia de las Barras B7410 y B5327 .....	98

<b>Figura 51. Respuesta del consumidor a la evaluación de preferencia de las barras B5327 y B7410</b>	<b>99</b>
<b>Figura 52. Barra B7410</b>	<b>99</b>
<b>Figura 53. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de solventes BN3, BN4 y BN6 en la inhibición del radical DPPH. Diferencia entre las soluciones con un nivel de <math>p &lt; 0.05</math></b>	<b>102</b>
<b>Figura 54. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de solventes BN3, BN4 y BN6 en la inhibición del radical ABTS<sup>°+</sup>. Diferencia entre los solventes con un nivel de <math>p &lt; 0.05</math></b>	<b>103</b>
<b>Figura 55. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de solventes de BN3, BN4 y BN6 en la cuantificación de compuestos poli-fenólicos. Diferencia entre los solventes con un nivel de <math>p &lt; 0.05</math></b>	<b>104</b>
<b>Figura 56. Escala CIELCH</b>	<b>122</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Efectos asociados a la fibra dietética .....	19
Tabla 2. Patologías que pueden beneficiarse por una dieta rica en fibra .....	20
Tabla 3. IDR de fibra según EFSA .....	20
Tabla 4. Ingredientes funcionales. ....	21
Tabla 5. Estadística del cultivo de Morinda citrifolia L. en México.....	23
Tabla 6. Clasificación botánica de Morinda citrifolia L. “Noni” .....	23
Tabla 7. Composición de macro y micro nutrientes del jugo de Noni por dosis de 30 mL. ....	26
Tabla 8. Composición fisicoquímica del jugo de Noni.....	31
Tabla 9. Producción de Sorgo de grano en México .....	32
Tabla 10. Promedio de los principales constituyentes de algunos granos básicos .....	37
Tabla 11. Composición proximal del grano de Sorgo .....	38
Tabla 12. Composición nutrimental de las “barras” de cereales disponibles en el mercado de la Ciudad de México .....	42
Tabla 13. Resultados de Chroma y °H del fruto de Noni respecto a su estado de maduración.....	64
Tabla 14. Evolución del color y la firmeza del fruto de Noni durante el proceso de maduración ...	66
Tabla 15. Comparación de los extractos JK1, JK2 y JK5 en porcentaje de inhibición del radical DPPH.....	68
Tabla 16. Comparación de las extracto JK1, JK2 y JK5 en porcentaje de inhibición del radical ABTS°+ .....	70
Tabla 17. Comparación de los extractos JK1, JK2 y JK5 respecto a los mg de GAE en 100 g. ....	71
Tabla 18. Determinación del análisis químico proximal del material de estudio Noni .....	72
Tabla 19. Análisis Bromatológico de la Harina de Sorgo Blanco .....	78
Tabla 20. Rendimiento del fruto de Noni al Deshidratarse por el método de secado en estufa ....	79
Tabla 21. Formulación para la elaboración de barra tipo snack de Noni y Sorgo .....	85
Tabla 22. Cantidad de insumos para la elaboración de mermelada .....	87
Tabla 23. Parámetros evaluados en cada una de las formulaciones de la mermelada de Noni.....	88
Tabla 24. Análisis estadístico one-way ANOVA y Tukey-Kramer HSD de la evaluación del atributo de Sabor, Dulzor, Textura, Color y Olor .....	97
Tabla 25. Comparación de las soluciones BN1, BN2 y BN6 en porcentaje de inhibición del radical DPPH.....	101
Tabla 26. Comparación de las soluciones BN1, BN2 y BN6 en porcentaje de inhibición del radical ABTS°+ .....	102
Tabla 27. Comparación de las soluciones BN1, BN2 y BN6 en la cuantificación de Poli fenoles Totales .....	104
Tabla 28. Análisis Bromatológico de Barra de Noni .....	105
Tabla 29. Compuestos aislados de Morinda citrifolia L.....	114

## RESUMEN

En la presente tesis se evaluaron las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante del fruto de *Morinda citrifolia* Linn (Noni) y del *Shorghum bicolor* (sorgo de grano o blanco), el consumo del Noni está limitado por su peculiar olor y sabor característico del fruto, el cual, resulta desagradable para el consumidor, sin embargo la literatura le atribuye efectos benéficos para la salud; la mayoría de los productos en el mercado es el jugo de Noni, para su elaboración se lleva a cabo una fermentación desechándose completamente el sólido de la fruta. Uno de los objetivos es utilizar la mayor parte del fruto al elaborar una barra a base de Noni usando la cascara y pulpa, se complementara con harina de sorgo blanco, el cual, es rico en nutrientes, las características de las proteínas contenidas en el grano son una opción para personas celiacas y también implementarlo en la dieta mexicana ya que es uno de los granos de uso poco usual en nuestra cultura, además de ser un grano de fácil cultivo, resistente y no exigente en su producción. Logrando así el desarrollo de un producto funcional por el contenido de fibra y antioxidantes. Se analizó el producto final fisicoquímicamente y nutricionalmente haciendo una comparación con el fruto de Noni, también se evaluó sensorialmente para así conocer la opinión del público ante la barra de Noni y sorgo.

Palabras Clave:

*Morinda citrifolia* L.; Barra; Fibra; Noni; Sorgo; Antioxidantes

## **ABSTRACT**

In the present thesis the physicochemical characteristics and antioxidant capacity of *Morinda citrifolia* Linn (Noni) and *Sorghum bicolor* (grain or white sorghum) were evaluated, the consumption of Noni is limited by its peculiar smell and characteristic taste. fruit which is unpleasant for the consumer, however literature attributes beneficial health effects to consume it; Most of the products on the market is Noni juice, for its elaboration a fermentation is carried out, completely discarding the solid of the fruit.

One of the objectives is to use most of the fruit when making a bar based on Noni using the skin and pulp, it will be complemented with white sorghum flour which is also rich in nutrients, the characteristics of the proteins contained in the grain are an option for celiac people and also to implement it in the Mexican diet since it is one of the grains of unusual use in our culture, besides being a grain of easy cultivation, resistant and not demanding in its production. Thus achieving the development of a functional product for the fiber and antioxidant content. The final product was analyzed physicochemically and nutritionally, making a comparison with the Noni fruit, it was also evaluated sensory to obtain the opinion of the public before the Noni bar and sorghum.

Keywords:

*Morinda citrifolia* L.; Bar; Fiber; Noni; Sorghum; Antioxidants

## I. INTRODUCCIÓN

Una dieta balanceada tiene como finalidad aportar nutrientes necesarios para que el organismo lleve a cabo sus funciones. Los alimentos contienen compuestos con efectos fisiológicos que benefician al cuerpo humano. La industria alimentaria ha llevado a cabo diversas investigaciones en torno al aporte nutricional de los alimentos, ofertando en el comercio derivado de ello, alimentos que cumplan la función de satisfacer la necesidad de “comer”, la nutrición básica y que a la vez tenga un mayor beneficio en la salud, previniendo y reduciendo el riesgo de enfermedades, principalmente las crónico-degenerativas. Ya sea por los mismos compuestos que contiene el alimento o por enriquecimiento de éste al añadir estos compuestos, siendo así la creación de los alimentos funcionales (alimentos de diseño, nutraucéuticos o farmalimentos) que son alimentos que proporcionan beneficios para la salud más allá de la nutrición básica. (Amparo, 2013)

Ackermann (2015) menciona que el 56 % de los consumidores norteamericanos adquiere alimentos y bebidas funcionales, la mayoría consume productos con propiedades que reducen el colesterol, previenen enfermedades coronarias y retrasan el envejecimiento, después le siguen los productos vinculados con el control de la hipertensión, prevención del cáncer, la diabetes tipo 2 y el Alzheimer. Tan solo en EEUU se gasta cerca de \$9 mil millones de dólares en alimentos funcionales y más de \$10 mil millones en alimentos y bebidas naturales u orgánicas. (Beatriz, 2015)

México es un país en vías de desarrollo, la sociedad mexicana lleva un estilo de vida cambiante debido a la industrialización y las migraciones de la zona rural a urbana, que conlleva a la disminución del nivel de actividad física y aumento en la ingesta de calorías y por consecuencia un incremento en los índices de obesidad generando un aumento considerable en el número de personas con síndrome metabólico. (Lerman Garber et al., 2004)

El síndrome metabólico es una serie de desórdenes o anomalías metabólicas que en conjunto son considerados factor de riesgo para desarrollar diabetes y enfermedad cardiovasculares (Lizarzaburu Robles, n.d.), este síndrome se manifiesta cuando una

persona presenta simultáneamente resistencia a la insulina, alteraciones en los niveles de glucosa en sangre, hipertensión arterial, obesidad o abdomen prominente, cifras de triglicéridos arriba de lo normal y los niveles de lipoproteínas de alta densidad por debajo de lo recomendad. (Federación Mexicana de Diabetes, n.d.)

La sociedad mexicana es uno de los principales países con problemas de síndrome metabólico, años atrás se presentaba solo en personas de 20 a 69 años, actualmente afecta a niños y adolescentes debido a la cultura y estilo de vida. (Lerman Garber et al., 2004)

México es rico en flora y fauna por la variedad de climas que hay en el país; entre ellos destaca el fruto de *Morinda citrifolia* L. conocido coloquialmente como “Noni”, este es un alimento rico en antioxidantes, fibra, vitamina C y otros compuestos que benefician a quienes lo consumen. (Ulloa et al., 2012) La presencia de antioxidantes naturales en los alimentos es importante ya que contribuyen a conservar las propiedades sensoriales y la calidad nutricional, además, al ser ingeridos ayudan a preservar la salud de los individuos que los consumen, por lo que es recomendable aumentar la ingesta de estos alimentos.

El producto principal que se elabora con “Noni” es el jugo, el cual se obtiene mediante la fermentación del fruto, desechándose la mayor parte de la pulpa, cascara y semillas, los cuales se usan como abono, todo el gabazo se vuelve a incorporar como materia orgánica a los cultivos. (SAGARPA, 2009)

Para la formulación de la barra se usara la pulpa presentándola como la mermelada de relleno de la barra y cascara del fruto las cuales se deshidrataran para que formen parte de la barra, estos dos elementos caracterizaran al producto como un alimento funcional por su contenido de ácido ascórbico, antioxidantes y fibra dietética.

El sorgo es un producto agrícola que se utiliza para diversos fines, como alimento humano y forrajero; en México es uno de los granos utilizados para consumo forrajero, es considerado como sustituto de otros granos. El crecimiento de la producción del sorgo va en incremento puesto que México es uno de los segundos consumidores de

este grano debido a su demanda como consumo pecuario.(FIRA, 2016) Países como Sudán, India, E.U., Etiopía y China, su uso es mayormente destinado al consumo humano e industrial. (U.S.D.A., 2018) En algunos países de Asia el sorgo se usa para la preparación de alimentos tradicionales como pan “chapati” o “kisra” distinguiéndose por su proceso de fermentación, bebidas fermentadas “tuwo”, “pito”, “dolo”, “mahewu”, “marewa” y “magou”. (Sefa-Dedeh, 1990)

En los países en desarrollo existe una mayor demanda de alimentos libres de gluten, proteína que se encuentra en el trigo, cebada y centeno, el cual causa alergias crónicas en algunas personas llamada “enfermedad celíaca”. (Dicko et al., 2006) El grano de sorgo es alto en fibra dietética y las proteínas, su almidón es de lenta digestibilidad que otros cereales, donde estas propiedades son benéficas para preparar alimentos para personas con problemas de diabetes y para el control de la obesidad. (Awika and Rooney, 2004)

Por lo tanto el elaborar una barra que contenga sorgo resulta beneficioso para el consumidor, por las propiedades nutricionales del “Noni” y del Sorgo, la presentación en barra es una opción muy distinta a las que se encuentran en el mercado actualmente y es una forma de introducir productos saludables en la dieta de nuestra cultura además de que es una presentación conveniente y de fácil consumo, aprovechando así al máximo los recursos naturales de México.

## II. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Alimentos funcionales

No hay una definición concreta para un Alimento Funcional por lo cual algunas empresas de alimentación han aprovechado este vacío conceptual en sus labores de marketing.

ILSI establece que un Alimento se puede considerar como Funcional si se ha demostrado de manera satisfactoria que posee un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas del organismo, más allá de los efectos nutricionales habituales siendo esto relevante para la mejoría de la salud y el bienestar y/o reducción del riesgo de enfermar. (Howlett, 2008)

Alimentos modificados o que contengan un ingrediente que demuestre una acción que incremente el bienestar del individuo o disminuya los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene. (CIDAF, 2014)

Los alimentos funcionales ante todo es un alimento por lo que no se consumirán en forma de píldoras, cápsulas, polvos, etc.

Según el ILSI un alimento funcional puede ser:

- Un alimento natural
- Un alimento al que se le ha agregado o eliminado un componente por alguna tecnología o biotecnología.
- Un alimento donde la naturaleza de uno o más componentes han sido modificados.  
(Leal et al., 2016)

El desarrollo de alimentos funcionales está asociado con:

- La identificación y caracterización de compuestos activos, de su biodisponibilidad y los efectos del procesamiento tecnológico.
- El mantenimiento científico de como modulan procesos biológicos involucrados en la salud.
- El descubrimiento y validación de biomarcadores para ser utilizados en la evaluación de estos nuevos productos en pruebas clínicas y para determinar tanto su seguridad como sus posibles efectos beneficiosos sobre la salud.

- La identificación de poblaciones en riesgo y con posibilidades de obtener beneficios de estos productos al consumirlos.  
(Leal et al., 2016)

Las áreas de aplicación de los alimentos funcionales son diversas, pues serán útiles al mejorar el estado de salud de la población dentro del marco de investigaciones fundamentadas, como: el crecimiento y desarrollo en la primera infancia, la regulación de los procesos metabólicos básicos, defensa contra el estrés oxidativo, fisiología cardiovascular, fisiología gastrointestinal, rendimiento cognitivo y mental incluidos el estado de ánimo y la rapidez de reacción, el rendimiento y mejora del estado físico.

Condiciones requeridas para que un alimento sea considerado funcional:

- Que ocasione un beneficio en la salud.
- Que se demuestren los beneficios saludables obtenidos del consumo del alimento funcional.
- Que exista una cantidad mínima definida de ingesta diaria para alcanzar el beneficio esperado.
- Que una ingesta mayor de la necesaria para el efecto beneficioso no ocasione ningún efecto dañino.
- Que se consuma en la dieta habitual como cualquier alimento tradicional.
- Que indique en su rotulación la presencia del ingrediente bioactivo y la cantidad en que se encuentra.
- Que exista una metodología analítica que permita identificar y cuantificar el agente bioactivo.
- Que se pueda demostrar las propiedades saludables del alimento funcional luego de su consumo a través de biomarcadores de efecto.  
(Leal et al., 2016)

### **2.1.1 Principios activos de alimentos funcionales**

- Pro bióticos (microorganismos vivos)
- Pre bióticos (carbohidratos; oligómeros y/o polímeros)
- Fibra (carbohidratos; oligómeros y/o polímeros)
- Productos con  $\omega$ -3 (lípidos)
- Productos con CLA (lípidos)
- Alimentos con soja (proteínas y flavonoides)
- Alimentos con Calcio (minerales)
- Alimentos con péptidos antihipertensivos (proteínas/péptidos)
- Alimentos con estanoles (fotoquímicos)
- Alimentos con antioxidantes (fitoquímicos)  
(Tomás-Barberán, 2010)

### 2.1.1.1 Fibra

La fibra dietética es uno de los constituyentes de nuestra dieta que más atención científica ha recibido en las últimas dos décadas debido a sus efectos positivos en la nutrición y salud. Está constituida por polisacáridos (celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas) y lignina en algunos vegetales; está formada por dos fracciones, la insoluble y la soluble en agua, sus propiedades nutricionales vienen determinadas por los porcentajes de dichas fracciones. La fibra no es atacada por las enzimas del estómago y del intestino delgado por lo que llega al colon sin degradar influyendo significativamente el grado de absorción de nutrientes (Juárez et al., 2005). Los principales efectos ocasionados por el paso de la fibra a través del tracto gastrointestinal se resume en la tabla 1. (Juárez et al., 2005)

*Tabla 1. Efectos asociados a la fibra dietética*

<i>Causas</i>	<i>Efectos</i>
<i>Sensación de saciedad</i>	<i>Menor ingesta de alimentos</i>
<i>Disminución del tiempo de tránsito intestinal de los alimentos</i>	<i>Regulación intestinal</i>
<i>Aumento de excreción</i>	<i>Control de estreñimiento</i>
<i>Mayor excreción de grasa y proteína</i>	<i>Menor utilización calórica de la dieta</i>
<i>Retraso de la absorción de glucosa</i>	<i>Menor índice glicérico</i>
<i>Mantenimiento y desarrollo de la flora bacteriana intestinal</i>	<i>Factor preventivo de cáncer intestinal</i>
<i>Acción hipocolesterolémica</i>	<i>Factor preventivo de enfermedades cardiovasculares</i>

*(Juárez et al., 2005)*

*Tabla 2. Patologías que pueden beneficiarse por una dieta rica en fibra*

<i>Patologías</i>	
<i>-Caries</i>	<i>-Hemorroides</i>
<i>-Estreñimiento</i>	<i>-Hipercolesterolemia</i>
<i>-Diverticulosis</i>	<i>-Obesidad</i>
<i>-Síndrome del colon irritable</i>	<i>-Cáncer de colon</i>

*(Aranceta Bartrina et al., 2011)*

La Unión Europea considera adecuada una ingesta de 25 g/día para la evacuación normal de los adultos, aunque admite la evidencia de que cantidades superiores podrían ser beneficiosas para la reducción del riesgo coronario, la diabetes tipo 2, así como el mantenimiento del peso corporal. La siguiente Tabla 3 muestra las recomendaciones del consumo de fibra por parte de la Autoridad europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). (Aranceta Bartrina et al., 2011)

*Tabla 3. IDR de fibra según EFSA*

<i>Población</i>	<i>g/día</i>
<i>Niños entre 1 y 3 años</i>	<i>10</i>
<i>Niños entre 4 y 6 años</i>	<i>14</i>
<i>Niños entre 7 y 10 años</i>	<i>16</i>
<i>Niños entre 11 y 14 años</i>	<i>19</i>
<i>Niños entre 15 y 17 años</i>	<i>21</i>
<i>Adultos</i>	<i>25</i>

*(Aranceta Bartrina et al., 2011)*

### **2.1.1.2 Compuestos antioxidantes**

El metabolismo de los sistemas biológicos genera continuamente especies reactivas de oxígeno que pueden producir importantes daños oxidativos en proteínas, lípidos y DNA, los cuales se asocian con la aparición de estrés oxidativo y en enfermedades neurodegenerativas.

Los compuestos antioxidantes son componentes minoritarios de los alimentos, aunque no son considerados como nutrientes han mostrado un efecto positivo en la salud, la estructura y fisiológicamente se diferencian de los micronutrientes, tienen una biodisponibilidad parcial puesto que los mecanismos de su función biológica y/o metabólica en el organismo humano no están completamente establecidos. Los principales compuestos de este tipo son los Polifenoles, Carotenoides y Fitoesteroles.

Los polifenoles y carotenoides ejercen su principal acción biológica a través de mecanismos de antioxidación y secuestro de radicales libres, mientras que el principal efecto de los fitoesteroles se produce a través de la inhibición de la absorción de colesterol. (Juárez et al., 2005)

### 2.1.2 Ingredientes funcionales

Existe una amplia gama de ingredientes funcionales en el mercado que se clasifican en tres grupos, los cuales se presentan en la Tabla 4.

*Tabla 4. Ingredientes funcionales.*

<i>Clásicos</i>	<i>Fibras y Carbohidratos</i>	<i>Bioactivos</i>
<i>Vitaminas</i>	<i>Cereales, Salvados</i>	<i>Fitoesteroles</i>
<i>Minerales</i>	<i>Gomas, Pectinas</i>	<i>Carotenoides: Licopeno, <math>\beta</math>-caroteno</i>
<i>Aminoácidos</i>	<i>B-glucanos</i>	<i>Polifenoles: Resveratrol, Quercetina, Ácido elágico</i>
<i>Probióticos: Lactobacilos, Bifidobacterias</i>	<i>Soja</i>	<i>Extractos antioxidantes: Romero, Pepita de uva, Cacao</i>
	<i>Almidón resistente</i>	<i><math>\omega</math>-3 y <math>\omega</math>-6</i>
	<i>Inulina, Oligosacáridos</i>	
	<i>Trehalosa</i>	
	<i>Quitosan</i>	
	<i>Fibras de frutas</i>	
	<i>Fibras antioxidantes</i>	

*(Saura-Calixto, 2004)*

### **2.1.3 Mercado de los alimentos funcionales en México**

Unos de los principales mercados son las personas que padecen alguna enfermedad... como es el caso de los diabéticos, las personas que padecen esta enfermedad necesitan una dieta especial que contribuya a mantener estable el nivel de azúcar en sangre, sus necesidades incluyen productos como endulzantes, el pan, los caramelos, gelatinas, mermeladas, postres. La asociación Mexicana para la Diabetes, la oferta de productos es muy escasa y tiene un alto costo económico por lo tanto se importan desde Estados Unidos un 63% y de la Unión Europea. (Leal et al., 2016)

Las tendencias observadas en las empresas del estado de México demuestran que las PyMES en particular consideran las tendencias de Salud y Bienestar un 53% junto con los Alimentos Funcionales con un 48% como los más importantes, mientras que las grandes empresas también resaltan la importancia del factor de Optimización de Costos con un 60% en el procesamiento de alimentos. (COMECYT and FUMEC, 2011)

## **2.2 Generalidades de *Morinda citrifolia* L.**

*Morinda citrifolia* comúnmente conocido como Noni es un pequeño arbusto nativo del Sudeste asiático (Indonesia) y Australia; debido a que su crecimiento tolera una amplia variedad de suelos y condiciones ambientales hostiles su distribución se ha ampliado, es decir, es pantropical abarcando la distribución del Indo-Pacífico, en las orillas abiertas de América Central y del Sur de América, partes de África y en diversas islas de las Indias Occidentales, las Bahamas, Bermudas y los Cayos de Florida. (Nelson, 2003)

En la Tabla 5 se muestran las estadísticas de cultivo de *Morinda citrifolia* L., que destaca a los estados de mayor producción son Guerrero, Veracruz y Michoacán, teniendo este último un valor de producción de 133.98. (S.I.A.P., 2014)

Tabla 5. Estadística del cultivo de *Morinda citrifolia* L. en México.

<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>Producción (Ton)</i>	<i>Valor producción (miles de pesos)</i>
<b>Guerrero</b>	<i>Técpán de Galeana</i>	<i>122.40</i>	<i>860.77</i>
<b>Jalisco</b>	<i>Cabo</i>	<i>4.00</i>	<i>30.00</i>
	<i>Corrientes</i>		
<b>Michoacán</b>	<i>Buenavista</i>	<i>25.20</i>	<i>133.98</i>
<b>Nayarit</b>	<i>Bahía de Banderas</i>	<i>14.00</i>	<i>40.71</i>
	<i>Compostela</i>	<i>139.75</i>	<i>492.80</i>
	<i>San Blas</i>	<i>74.91</i>	<i>409.62</i>
<b>Tabasco</b>	<i>Centro (Villahermosa)</i>	<i>7.33</i>	<i>13.77</i>
<b>Veracruz</b>	<i>Martínez de la Torre</i>	<i>10.50</i>	<i>27.30</i>
		<i>398.09</i>	<i>2,008.95</i>

(S.I.A.P., 2014)

### 2.2.1 Clasificación y descripción botánica

En la Tabla 6 se presenta la clasificación botánica del fruto de Noni.

Tabla 6. Clasificación botánica de *Morinda citrifolia* L. "Noni"

<i>Nombre científico</i>	<i>Morinda citrifolia</i> L.
<i>Familia</i>	<i>Rubiaceae</i>
<i>Subfamilia</i>	<i>Rubioideae</i>
<i>Nombres comunes</i>	<i>Noni, Morera (Indian mulberry), Canary Wood, Lada, Mangal'wag, Kesengel, Kura, Nen, Nin, Nono, Atogi, Gogu atogi, Weipwul, I, LeI, Ngel.</i>

(Nelson, 2003)

El Noni es un árbol pequeño de 3 a 10 m de altura con un troco recto, de hoja perenne opuestas, pinnadas veteadas y brillantes (hojas anchas elípticas 5-17 cm de largo y 10 a 40 cm de ancho) (Figura 1), sus flores aromáticas están dispuestas en cabezuelas

globosas, con el cáliz truncado y la corola tubular de color blanco (5 lóbulos de 7 mm de largo, el tubo de color blanco verdoso de 7-9 mm de largo, 5 estambres con estilos de 15 mm de largo) (Figura 2), que se encuentra creciendo en las regiones costeras abiertas a nivel del mar y en las zonas forestales hasta unos 1300 pies sobre el nivel del mar. (Nelson, 2003)



*Figura 1. Árbol de Morinda citrifolia L.*



*Figura 2. Floración de Morinda citrifolia L. ("Noni")*

Su fruto es climatérico de color amarillo tipo granada, este crece hasta 12 cm o más de largo y 3 a 6 cm de ancho, superficie llena de bultos que tratan las secciones poligonales (Figura 3); las semillas son de forma triangular y color amarillo rojizo, tiene un saco de aire unido por un extremo que lo hacen que sea una semilla boyante. El fruto maduro desprende un fuerte olor a rancio semejante al ácido butírico, la pulpa es

jugosa y amarga color amarillo opaco o blanco y de aspecto gelatinoso. En condiciones adecuadas y generosas el árbol tiene fruto alrededor de los 9-12 meses aunque su rendimiento es bajo pues el fruto es pequeño. El fruto en estado firme (blanco-firme) soporta el transporte en cestas y exposición a la luz o altas temperaturas inmediatamente después de su cosecha no afectando su calidad. La floración y fructificación es continua durante todo el año esto puede variar debido a efectos estacionales (temperatura, precipitaciones, intensidad de luz solar y duración). (Canales Santamaria, 2009)



*Figura 3. Fruto de Morinda citrifolia L. ("Noni")*

La producción de *Morinda citrifolia* comienza alrededor de los 8 a 10 meses después del trasplante definitivo, ya establecida la planta se realizan cosechas cada 7 o 10 días. Se colectan los frutos maduros de coloración blanco-porcelana a blanco hueso de contextura firme, una estimación proximal de la producción del fruto al tercer año es de 30 a 40 frutos por mes.

El fruto se puede cosechar cuando es al menos de 2-3 cm y hasta de 24 -36 cm de diámetro, tiene un color que va del verde oscuro a través de un amarillo verdoso hasta un color blanco (Figura 3). Al ser percedero el fruto tiene un lapso de 3 a 5 días después de la cosecha para alcanzar la madurez completa, volviéndose suaves y comenzando con su descomposición. (Nelson, 2003)

## 2.2.2 Composición química de *Morinda citrifolia* L.

Cerca de 160 compuestos fitoquímicos han sido encontrados en la planta de *Morinda citrifolia* L. (Noni), la mayor parte son compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y alcaloides. Entre los compuestos fenólicos los más importante encontrados son las antraquinonas como damnacanthal, morindona, moridina; acubinas , asperulósidos y escopolatina. Los principales ácido orgánicos son ácido caprico y ácido caprílico, el principal alcaloide es la xeronina. (Chan-Blanco et al., 2006)

*Tabla 7. Composición de macro y micro nutrientes del jugo de Noni por dosis de 30 mL.*

<i>Nutriente</i>	<i>Ración diaria recomendada</i>	<i>Cantidad encontrada en jugo de Noni</i>
<i>Vitamina A</i>	<i>800.0 µg de retinol (2,664 IU)</i>	<i>0.222 µg</i>
<i>Vitamina B1</i>	<i>1.5 mg</i>	<i>13.690 mg</i>
<i>Vitamina B2</i>	<i>1.7 mg</i>	<i>12.770 mg</i>
<i>Niacina</i>	<i>20.0 mg</i>	<i>17.540 mg</i>
<i>Vitamina B12</i>	<i>2.0 µg</i>	<i>11.560 mg</i>
<i>Vitamina C</i>	<i>60.0 mg</i>	<i>29.290 mg</i>
<i>Sodio</i>	<i>2,400.0 mg</i>	<i>2.450 mg</i>
<i>Potasio</i>	<i>3,500.0 mg</i>	<i>7.930 mg</i>
<i>Calcio</i>	<i>800.0 mg</i>	<i>7.030 mg</i>
<i>Hierro</i>	<i>15.0 mg</i>	<i>0.800 mg</i>
<i>Selenio</i>	<i>70.0 µg</i>	<i>2.760 µg</i>

El Noni presente una buena cantidad de la composición centesimal de la pulpa de Noni que marcan algunos artículos es: humedad 91.91 %, carbohidratos 0.63%, lípidos totales 0.08%, proteínas 1.06%, cenizas 6.32%, fibra 1.76%, valor energético 30.25 kcal/100 g. y el análisis físico-químico da valores de que el Noni tiene pH de 4.25, SST 9.2 °Brix, acidez titulable 0.63 g/100g, SST/AAT 14.66, vitamina C 122.54 mg/100g,

azúcares totales 5.45g/100g, azúcares reductores 5.32g/100g, fenólicos totales 216,67 mg de EAG/100 g, antioxidantes 6,27  $\mu$ mol TEAC/ g. (Canales Santamaria, 2009)

Otras fuentes reportan que el fruto de Noni contiene el 90% de agua y muchos de los componentes en base seca son sólidos solubles, fibra dietética y proteínas que representan el 11.3% de la base seca del jugo de *Morinda citrifolia* L. y los principales aminoácidos son: ácido aspártico, ácido glutámico e isoleucina. El contenido de Vitamina C es de 24 – 158 mg/ 100 g de base seca. (Chan-Blanco et al., 2006) El contenido de compuestos fenólicos totales es de  $1.99 \pm 0.23$  g AG equivalentes/100g extracto; el contenido de flavonoides encontrados son catequina  $193 \pm 40.1$  mg/g, epicatequina  $6.8 \pm 1.1$  mg/g, rutina  $6.9 \pm 1.3$  mg/g, quercetina  $7.4 \pm 0.8$  mg/g, luteolina  $7.7 \pm 1.3$  mg/g, kaempferol  $6.4 \pm 0.1$  mg/g, naringenina  $7.1 \pm 0.9$  mg/g, miricetina  $7.4 \pm 0.1$  mg/g. (Gooda Sahib et al., 2010)

Los compuestos químicos del Noni varían según la parte de la planta a utilizar, la composición físico-química de *Morinda citrifolia* L. no se ha reportado hasta el momento y solo hay una información parcial.

Damnacanthal es una antraquinona que ha sido caracterizada por poseer una función importante anticancerígena. La escopoletina es una cumarina que fue aislada en 1993 a la cual se le atribuyen propiedades analgésicas, controlar los niveles de serotonina en el cuerpo; también se le atribuye actividad antimicrobiana y efectos antipertensivos.

La existencia de proxeronina de *Morinda citrifolia* L. el cuál es el precursor de xeronina, un alcaloide que se encuentra combinado con proteínas humanas mejorando su funcionalidad.

Se han encontrado 51 compuestos volátiles en el jugo y fruta del Noni en los que incluyen ácidos orgánicos, alcoholes, ésteres, cetonas y lactonas.

El aceite esencial de *Morinda citrifolia* L. en el fruto (0.06% v/w), solo 6 compuestos que representan el 67.3% del aceite fueron identificados los cuales son: ácido hexanoico 10.3%, ácido butanoico 0.3%, ácido octanoico 2.4%, ácido caprílico 53.7%, ácido

decanoico 0.2%, isotocianato ciclopentílico 0.4%, ester 2.7%, ácido carboxílico 64.2% isotiocianato 0.4%. (Piaru et al., 2012)

En el Anexo 1 se encuentra una Tabla 43 de los compuestos aislados de *Morinda citrifolia* Linn respecto a la cada parte de la planta.

### 2.2.3 Funciones biológicas

Tradicionalmente *Morinda citrifolia* L. tiene una amplia variedad de usos medicinales, ya que es utilizado como tratamiento para acidez estomacal, enfermedades hepáticas, artritis, diabetes, presión arterial alta, dolores musculares, enfermedades del corazón, cánceres, úlceras gástricas, aterosclerosis, entre otros. Las tribus indígenas de Australia usan el fruto maduro para tratar infecciones y tuberculosis.

Algunos estudios demuestran que los extractos de etanol de la parte aérea de la planta tienen actividad antibacteriana y analgésica, mientras que el extracto de la raíz tiene efectos hipotensores y analgésicos. (Saludes et al., 2002; M.-Y. Wang et al., 2002)

Las primeras investigaciones sobre la fotoquímica de *Morinda citrifolia* L. se centraron en metabolitos secundarios en hojas, raíces y corteza; las raíces contienen una amplia gama de antraquinonas como rubiadin, damacanthal y alizarina-l-metil éter, derivados de naftoquinona y esteroides; en las hojas se reportaron una variedad de iridoides, glucósidos de flavonoles y triterpenos. Cultivos de células vegetales fueron analizados principalmente por su capacidad para la síntesis de los pigmentos antraquinoides.

Estudios llevados a cabo por Heinicke (2001) indican que el cuerpo humano produce xeronina sustancia cuya función principal es de ayudar al funcionamiento de las células humanas, sin embargo, existen factores que interfieren en la producción de xeronina tales como el estrés, la agricultura química, la inactividad el cuerpo humano. La xeronina es un alcaloide que al combinarse con proteínas humanas mejoran su funcionalidad. El fruto de *Morinda citrifolia* L. contiene un porcentaje abundante de pro-xeronina precursor de la xeronina, explicando así las hipótesis del porque el jugo de Noni ayuda en diversos problemas de salud. (Heinicke, 2001)

El extracto crudo del fruto de *Morinda citrifolia* L. a dosis de 10 ml/kg p.c. disminuye los niveles de malondialdehído en las membranas cerebrales de *Rattus rattus* var.

norvegicus con hiperglucemia inducida debido principalmente por la actividad antioxidante del extracto del fruto. (Arroyo Arroyo and Briones Anampa, 2017)

En otro estudio se demostró que el extracto del fruto participa en el efecto inhibitorio sobre la actividad de la Lipoproteína Lipasa (LPL), factor que contribuye al desarrollo de la obesidad, al compararla con *Momordica charantia* y *Centella* asiática, en donde a la concentración de 1 mg/ml *Morinda citrifolia* Linn obtuvo  $21.5 \pm 2.3$  % de inhibición de la enzima *in vitro*. (Gooda Sahib et al., 2010)

El jugo de Noni brinda un efecto protector sobre la muerte celular neuronal y la anormalidad del comportamiento, uno de los factores importantes en la muerte de células neuronales son los altos niveles de glucosa en pacientes diabéticos, estudios realizados por Harada et al., (2010) demostraron que el jugo de Noni aumento significativamente los niveles de insulina en suero sin que se afecten los niveles basales de la insulina sérica induciéndose un efecto hipoglucémico. (Harada et al., 2010)

Hay estudios donde se evaluó los efectos protectores del jugo de Noni en una lesión hepática aguda inducida por carbono tetracloruro en ratas Sprague-Dawley hembras, demostrándose que hay una disminución en las lesiones hepatotóxicas, además la alanina aminotransferasa sérica y los niveles de aspartato aminotransferasa fueron significativamente más bajos en el grupo de ratas que se les administro el jugo de Noni que en el grupo con placebo. El jugo de Noni es efectivo en la protección contra hepatías inducidas por productos extrínsecos agudos al inhibir la respuesta inflamatoria y la supresión de actividad de enzimas hepáticas elevadas evitando el daño a la membrana celular. (M. Y. Wang et al., 2008)

#### **2.2.4 Productos elaborados a partir de *Morinda citrifolia* L.**

Los polinesios han cultivado Noni más de 1000 años, teniendo un uso tópico, como agente colorante, medicina y comida.

El jugo comercial de Noni se hace tradicionalmente por fermentación del fruto en envases sellados por 2 meses a temperatura ambiente. El jugo de Noni fresco se hace

apretando directamente las frutas, algunos se preparan hirviendo las frutas. Como el Noni se considera una fruta de sabor amargo se le adiciona algún edulcorante y el uso de otros jugos que permiten cambios organolépticos que facilitan su comercialización. (Bramorski et al., 2010)

Al comparar el contenido fenólico total del jugo comercial de Noni con blueberry y jugo de uva contiene 65.56% de polifenoles totales contra 27.90% y 6.54% que representan el 5% de jugo de arándano y uva. (Bramorski et al., 2010)

Debido a las propiedades nutricionales y funcionales del Noni (*Morinda citrifolia* L.), actualmente existen en el mercado diferentes productos, la mayoría de ellos son elaborados a partir de la pulpa del fruto, principalmente destinada a la extracción de jugo encontrándose:

- Jugo natural
- Jugo fermentado
- Jugo natural o fermentado mezclado con otros jugos de frutas y/o extractos
- Pulverizado de la pulpa del fruto deshidratado sin semilla que es utilizado para elaborar bebidas, tabletas o cápsulas.

El producto principal que se elabora con “Noni” es el jugo, el cual se obtiene mediante la fermentación del fruto, desechándose la mayor parte de la pulpa, cascara y semillas, los cuales se usan como abono, todo el gabazo se vuelve a incorporar como materia orgánica a los cultivos. (SAGARPA, 2009) En la Tabla 8 se muestra la composición fisicoquímica de algunos de los jugos de Noni que se encuentran en el mercado.

Tabla 8. Composición fisicoquímica del jugo de Noni

<i>Características</i>	<i>Chunhueng (2003)<sup>a</sup></i>	<i>Shovic y Whistler (2001)<sup>a</sup></i>	<i>Comisión Europea (2002)<sup>b</sup></i>
<i>Valor de pH</i>	3.72	-	3.4 – 3.6
<i>Materia seca</i>	9.8±0.4%	-	10 – 11 %
<i>Total de Sólidos Solubles (°Brix)</i>	8	-	-
<i>Contenido de proteínas</i>	2.5%	0.4 g/100 g	0.2 – 0.5 %
<i>Lípidos</i>	0.15%	0.30 g/100 g	0.1 – 0.2 %
<i>Glucosa</i>	11.9±0.2 g/L	-	3.0 – 4.0 g/100 g
<i>Fructuosa</i>	8.2±0.2 g/L	-	3.0 – 4.0 g/100 g
<i>Potasio</i>	3900 mg/L	188 mg/100 g	30 – 150 mg/100 g
<i>Sodio</i>	214 mg/L	21 mg/100 g	15 – 40 mg/100 g
<i>Magnesio</i>	14 mg/L	14.5 mg/100 g	3 – 12 mg/100 g
<i>Calcio</i>	28 mg/L	41.7 mg/100 g	20 – 25 mg/100 g
<i>Vitamina C</i>	-	155 mg/100 g	3 – 25 mg/100 g

<sup>a</sup>Fruta de Noni

<sup>b</sup>Tahitian Noni™ Juice (jugo comercial de Noni que contiene 89% de jugo de Noni y 11% de concentrado de jugo de uva y arándano)

(Chan-Blanco et al., 2006)

### 2.3 Generalidades del Sorgo de grano

El sorgo tiene su origen en África Central (Etiopía o Sudán) ya que es el lugar donde se encuentra la mayor diversidad, no obstante, hay informes de que el sorgo existió en India en el siglo I d.C. representado en esculturas de las ruinas asirias de 700 años a.C.

El sorgo es un alimento básico esencial en muchas partes del mundo en desarrollo, especialmente en zonas áridas y marginales de los trópicos semiáridos; el consumo de sorgo como alimento es más estable y mucho más elevado en las zonas productoras rurales que en los núcleos urbanos, en regiones más pobres aquejadas de una mayor seguridad alimentaria. En general se consume como grano entero o como harina, con

la cual se preparan platos tradicionales, básicamente existen cuatro alimentos elaborados a base de sorgo:

- Pan plano, generalmente sin levadura y preparado con masa fermentada o sin fermentar en Asia y algunas partes de África
- Gachas consistentes o delgadas, fermentadas o sin fermentar que se consumen principalmente en África.
- Productos cocidos similares a los que se preparan con sémola de maíz o con arroz.
- Preparado fritos en aceite.  
(FAO, 1997)

El sorgo es el quinto cereal en el mundo por su producción y superficie cosechada. A nivel nacional Michoacán ocupa el 7° lugar en la producción de sorgo de grano con un rendimiento de 4.362 ton/ha (Tabla 9).

*Tabla 9. Producción de Sorgo de grano en México*

<i>Estado</i>	<i>Producción (ton)</i>	<i>Estado</i>	<i>Producción (ton)</i>
	<i>Obtenida</i>		<i>Obtenida</i>
<b><i>BAJA CALIFORNIA SUR</i></b>	<i>2,745</i>	<b><i>NAYARIT</i></b>	<i>193,487</i>
<b><i>CAMPECHE</i></b>	<i>73,752</i>	<b><i>NUEVO LEON</i></b>	<i>14,423</i>
<b><i>COAHUILA</i></b>	<i>428</i>	<b><i>OAXACA</i></b>	<i>15,138</i>
<b><i>COLIMA</i></b>	<i>681</i>	<b><i>QUINTANA ROO</i></b>	<i>6,504</i>
<b><i>CHIAPAS</i></b>	<i>9,788</i>	<b><i>SAN LUIS POTOSI</i></b>	<i>78,050</i>
<b><i>GUERRERO</i></b>	<i>4,097</i>	<b><i>SINALOA</i></b>	<i>292,753</i>
<b><i>HIDALGO</i></b>	<i>180</i>	<b><i>SONORA</i></b>	<i>2,815</i>
<b><i>JALISCO</i></b>	<i>3,816</i>	<b><i>TABASCO</i></b>	<i>15,194</i>
<b><i>MICHOACAN</i></b>	<i>37,051</i>	<b><i>TAMAULIPAS</i></b>	<i>2,076,921</i>
<b><i>MORELOS</i></b>	<i>164</i>	<b><i>VERACRUZ</i></b>	<i>22,002</i>
<b><i>PRODUCCIÓN TOTAL (ton)</i></b>		<i>2,849,990</i>	

(SIAP, Producción Agrícola, cíclico y perennes, 2017)

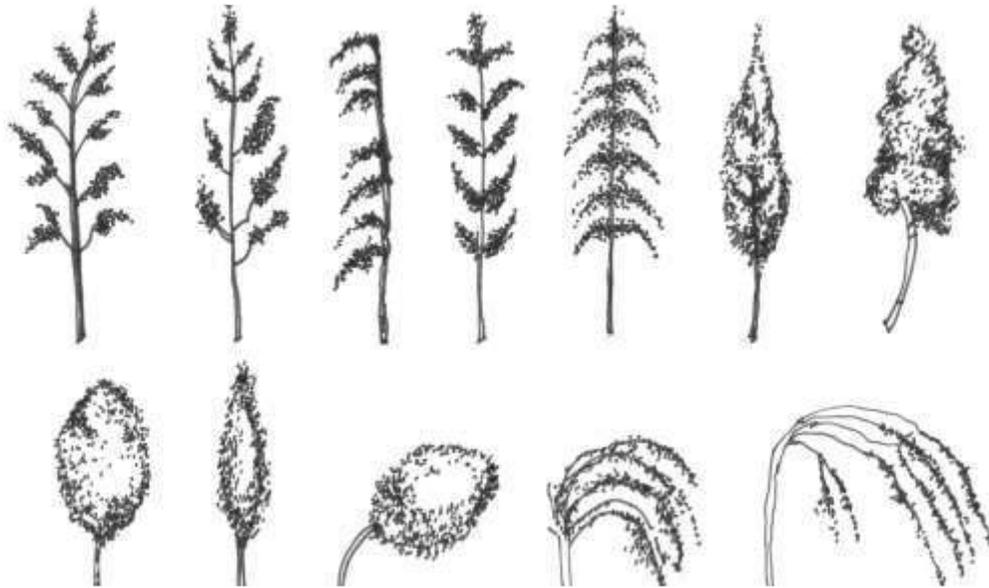
### 2.3.1 Clasificación y descripción botánica del Sorgo

El sorgo pertenece a la Familia *Poaceae* y se encuentran las especies *Sorghum vulgare* L. y *Andropogum sorgum sudanensis*.

La planta de sorgo tiene una altura de 1 a 2 m. puede llegar a terrenos permeables a 2 m. de profundidad, tiene tres clases de raíces laterales, adventicias y aéreas; su tallo o caña es compacto a veces esponjoso con nudos engrosados, pueden originar macollos de maduración tardía que el tallo principal, la presencia de macollos es varietal y está influenciada por la fertilidad, las condiciones hídricas y la densidad. Se desarrollan entre 7 y 24 hojas dependiendo de la variedad, alternas, opuestas, de forma linear lanceolada, la nervadura media es blanquecina o amarilla en los sorgos de médula seca y verde en los de médula jugosa. Tiene lígula en la mayoría de los casos. El borde de las hojas presenta dientes curvos, filosos y numerosas células motoras ubicadas cerca de la nervadura central del haz facilitando el arrollamiento de la lámina durante periodos de sequía (Figura 4). Presenta inflorescencias en panojas compactas, semicompactas o semilaxas con espiguillas que nacen a pares, una fértil y la otra estéril. (Valladares, 2010) La panícula puede tener de 4 a 25 cm de largo, 2 a 20 cm de ancho y contener de 400 a 800 granos, según el tipo de panícula (Figura 5). (Zeledón et al., 2007)



*Figura 4. Planta de Sorgo*



*Figura 5. Diferentes formas de panículas de Sorgo*

El grano de sorgo varía en el color que va desde el blanco a tonalidades oscuras de rojo y pardo, pasando por el amarillo pálido, hasta pardo púrpura profundo (Figura 7). Los colores más comunes son el blanco, el bronce y el pardo. Los granos son por lo general esféricos, pero varían en la dimensión y forma. La cariopsis puede ser redondeada y con puntas romas, de 4-8 mm de diámetro, el grano está cubierto de glumas, para el consumo humano se suelen preferir los granos largos con endospermo córneo, el endospermo amarillo con caroteno y xantofila aumenta el valor nutritivo del cereal. El grano de sorgo con testa contiene tanino en diversas proporciones según la variedad. (FAO, 1997)



*Figura 6. Espiga de Sorgo*

Varios factores influyen el color del grano del sorgo; dentro de estos factores están la genética del color del pericarpio, el espesor del pericarpio, la presencia o ausencia de la testa, color y espesor de la testa presente y el color del endospermo (Figura 6 y Figura 7).

En los E.U.A el estándar de comercialización presenta cuatro clases, las cuales se definen en la presencia o no de testa y/o color del pericarpio. Las cuatro clases fueron establecidas por el Servicio Federal de Inspección de Granos (FGIS) en 1993.

- Sorgo: sorgo sin taninos debido a la ausencia de la testa; contiene menos del 98% de sorgo de color blanco y no más del 3 % de sorgos con taninos. El color del pericarpio de esta clase puede ser blanco, amarillo, rosa, anaranjado, rojo o bronce.
- Sorgo taninoso: sorgo que contienen taninos debido a la presencia de la testa, contienen no más del 10% de taninos. El color del pericarpio de esta clase es usualmente marrón, pero puede ser también blanco, amarillo-rosado, anaranjado, rojo o bronce.
- Sorgo blanco: sorgo sin taninos debido a la ausencia de testa, el color del pericarpio es blanco translúcido e incluye sorgos que contengan manchas que no cubran más del 25% de la superficie del grano.
- Sorgo mezclado: sorgo que no reúne ninguno de los requerimientos de las anteriores.

(USDA and Grain Inspection, 2008)



*Figura 7. Variedades de sorgo dependiendo de su color*

Los taninos condensados que se ligan a una porción de la proteína del grano, convirtiéndola en no digestible y limitando la disposición de proteínas. Los taninos condensados inhiben el metabolismo normal de los nutrientes digeridos y absorbidos, especialmente las proteínas, los altos niveles de taninos son suficientes para causar efectos anti nutricionales significados, especialmente si las dietas son bajas en proteínas. (Victoriano Jasso, 2013)

### **2.3.2 Composición química y propiedades nutricionales del Sorgo**

El contenido de proteína es similar a la del maíz y en el trigo pero su alto contenido en fibra y escasa digestibilidad de sus elementos nutritivos influyen en la aceptabilidad del consumidor.

El contenido de almidones en el sorgo es alrededor del 70-80% de amilo pectina mientras que el 20-30% es de amilasa. La presencia de taninos en el grano es otro factor que atribuye a la mala digestibilidad del almidón en algunas variedades de sorgo. La composición de la proteína es variable en cuanto aminoácidos esenciales, pero los polifenoles condensados con los taninos presentes influyen desfavorablemente en la digestibilidad de la proteína y aminoácidos esenciales. Sin embargo, estudios *in vitro* realizados en el sorgo extruido se muestra que el proceso de extrusión mejora su digestibilidad y valor nutritivo. El contenido de grasa en el sorgo es del 13.4% superior al trigo y arroz, las capas de germen y aleurona son principales determinantes de la fracción de los lípidos, el germen aporta el 80% de los lípidos totales.

En cuanto a vitamina el sorgo es rico en vitamina B, la tiamina, rivo flavina y niacina que son comparables a las del maíz, algunas variedades de endospermo amarillo contienen  $\beta$ -caroteno, gluteína y ceaxantina, el contenido de carotenoides respecto a las variedades de sorgo es grande conteniendo de 0 a 0.097 mg/100 g de muestra de

grano, los  $\beta$ -carotenos podrían ser convertido en vitamina A por el cuerpo humano. También se han detectado otras vitaminas liposolubles D, E y K, el sorgo tal como se consume comúnmente no es una fuente de vitamina C, pues al germinar se sintetiza cierta cantidad de esta vitamina. (Victoriano Jasso, 2013)

Las Tablas 10 y 11 muestran la comparación de la composición proximal del sorgo y otros cereales como el maíz, trigo y arroz.

*Tabla 10. Promedio de los principales constituyentes de algunos granos básicos*

<i>Componente</i>	<i>Sorgo</i>	<i>Maíz</i>	<i>Trigo</i>	<i>Arroz Decorticado</i>
<i>Proteínas %</i>	<i>7.0 - 14.0</i>	<i>10.0</i>	<i>11.5</i>	<i>8.0</i>
<i>Lípidos %</i>	<i>2.4 - 6.5</i>	<i>4.5</i>	<i>2.0</i>	<i>1.5</i>
<i>Carbohidratos %</i>	<i>70.0 - 90.0</i>	<i>71.0</i>	<i>12.0</i>	<i>77.0</i>
<i>Fibra %</i>	<i>1.2 - 3.5</i>	<i>2.0</i>	<i>2.0</i>	<i>0.5</i>
<i>Energía (kcal)</i>	<i>329</i>	<i>358</i>	<i>348</i>	<i>362</i>
<i>Ca (mg)</i>	<i>11.0 - 58.6</i>	<i>12.0</i>	<i>30.0</i>	<i>10.0</i>
<i>Fósforo (mg)</i>	<i>167.0 - 751.0</i>	<i>340.0</i>	<i>380.0</i>	<i>290.0</i>
<i>Hierro (mg)</i>	<i>0.9 - 20.0</i>	<i>2.5</i>	<i>3.5</i>	<i>2.0</i>
<i>Tiamina (mg)</i>	<i>0.2 - 0.5</i>	<i>0.4</i>	<i>0.4</i>	<i>0.</i>
<i>Niacina (mg)</i>	<i>2.9 - 6.4</i>	<i>2.0</i>	<i>5.0</i>	<i>2.0</i>
<i>Rivoflavina (mg)</i>	<i>0.1 - 0.2</i>	<i>0.2</i>	<i>0.1</i>	<i>0.1</i>

(FAO, 1991)

Tabla 11. Composición proximal del grano de Sorgo

Macro-componentes (g/100 g f. m.)		Aminoácidos esenciales		Vitaminas (mg/ 100 f d. m.)		Minerales (mg /100 g d. m.)	
<b>Carbohidratos</b>	65 - 80	<i>Leu</i>	832 -	<i>Vit. A</i>	21 RE**	<i>Ca</i>	21
<b>Almidón</b>	60 - 75	<i>Ile</i>	215 -			<i>Cl</i>	57
<b>-Amilosa</b>	12 - 22	<i>Met/Cys*</i>	190 -	<i>Tiamina</i>	0.35	<i>Cu</i>	1.8
<b>-Amilopectina</b>	45 - 55	<i>Lys</i>	126 -	<i>Rivoflavina</i>	0.14	<i>I</i>	0.029
<b>No almidón</b>	2 - 7	<i>Phe/Tyr*</i>	567 -	<i>Niacina</i>	2.8	<i>Fe</i>	5.7
<b>Bajos <math>M_w</math> carbohidratos</b>	2 - 4	<i>Thr</i>	189 -	<i>Piridoxina</i>	0.5	<i>Mg</i>	140
		<i>Trp</i>	63-187	<i>Biotina</i>	0.007	<i>P</i>	368
<b>Proteínas</b>	7 - 15	<i>Val</i>	313 -	<i>Vit. B</i>	1.0	<i>K</i>	220
<b><math>\alpha</math>-kafirina</b>	4 - 8	<i>Arg*</i>	500 -	<i>Vit. C</i>	< 0.001	<i>Na</i>	19
<b><math>\beta</math>-kafirina</b>	0.2 - 0.5	<i>His*</i>	200 -			<i>Zn</i>	2.5
<b><math>\gamma</math>-kafirina</b>	0.7 - 1.6						
<b>Otras proteínas</b>	2 - 5						

\*Aminoácidos no estrictamente esenciales, \*\* RE = equivalente de retinol; f.m. = materia fresca, d. m. = materia seca; NSP = polisacáridos sin almidón.

(Dicko et al., 2006)

Los compuestos fenólicos del sorgo pueden clasificarse en ácidos fenólicos, flavonoides y fenoles poliméricos condensados (taninos). Los flavonoides derivados del polifenol manomérico flavonor, se denomina antocianidinos, los dos flavonoides identificados por su abundancia en los granos son el luteoforol (Bate-Smith and Rasper, 1969) y el apiforol. (Watterson and Butler, 1983)

Los ácidos fenólicos, libres o enlazados como ésteres, se concentran en las capas exteriores del grano e inhiben el crecimiento de microorganismos y probablemente lo hacen resistente al moho. La presencia de taninos le da la ventaja a la planta de hacerla resistente a las aves pero repercuten en su calidad nutricional pues se combinan con proteínas exógenas y endógenas, inclusive enzimas de tracto digestivo y

por lo tanto afectan la utilización de proteínas. Pince et al (1980) han observado que el contenido de tanino de la harina de sorgo se reducía cuando se mezclaba formando una masa y que todavía se reducían más con la cocción, también se vio que el contenido de tanino en la germinación reducía pero al secarlo aumentaba de nuevo considerablemente. (FAO, 1995)

### **2.3.3 Usos del Sorgo blanco**

El sorgo se ubica en el tercer lugar en el mundo de los granos usados para la alimentación y aproximadamente el 75% de cultivo de sorgo en todo el mundo lo consumen las personas. En zonas de la India, África y China constituye más del 70% del total de calorías y suministra gran parte de las proteínas en la dieta. (Hahn, 2007)

Un importante mercado para el sorgo, especialmente en África es la fabricación de bebidas alcohólicas, el grano se utiliza para obtener malta o como ingrediente en la fabricación de dos tipos de cerveza, la cerveza clara y la cerveza opaca que son cervezas tradicionales de bajo contenido de alcohol que contiene finas partículas en suspensión. También en México y los Estados Unidos es usado en la industria cervecera; en China la tercera parte de la producción de sorgo se destina a la fabricación de un fuerte licor tradicional. (FAO, 1997)

El sorgo como alimento energético en la dieta animal en las producciones porcinas, avícolas y ganaderas, el sorgo es procesado para incrementar el valor alimenticio, su alto contenido de celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos en la fibra bruta, lo convierten en una fuente energética y proteínica de alta calidad nutricional en la crianza y engorde de los animales. También el sorgo tiene fines industriales similares al maíz donde se destaca la producción de almidón, dextrosa, miel de dextrosa, aceites comestibles y bebidas. (Pérez et al., 2010)

Actualmente se promueve la producción de sorgo blanco a través de tecnologías y técnicas para la elaboración de productos de la canasta básica al construirse como una alternativa viable de alimento nutricional con mayor rentabilidad, adaptación a climas y suelos. El sorgo es recomendado como alimento para pacientes con la enfermedad celiaca al no contener gluten por lo que se pueden elaborar varios productos. Además,

es destacable que el sorgo blanco es una buena fuente de vitaminas del complejo B como a tiamina, la rivo flavina y niacina, así como potasio, fosforo, hierro y calcio. (Rodríguez, 2017)

## **2.4 Producción barras tipo snack como alimento funcional**

Las principales tendencias en el desarrollo de productos se orientan a los alimentos de conveniencia, fáciles de preparar o listos para consumir debido a los hábitos de la vida del consumidor procurando que estos alimentos sean lo más saludables posibles.

Las barras nutricionales son el vehículo más lógico para fortificar un alimento, las barras de cereales están compuestas típicamente de avena, trigo entero o combinaciones de varios cereales, miel, aceite (maíz, soya o palma), suero deslactosado y saborizantes. También se usan cereales expandidas con masas azucaradas que favorecen al ligamiento de partículas.

### **2.4.1 Barra de Sorgo y granola**

La barra de sorgo y granola contiene 21 g. de sorgo blanco var. tortillero (*Shorghum bicolor*) el cual fue procesado para la obtención de hojuelas, 17 g. de hojuelas de granola, 7 g. de avena integral, estos insumos se mezclaron con los agentes aglutinantes miel, sirope y aceite por un determinado tiempo, almidón de maíz, soya y sal, para el sabor se usó el extracto de banano y vainilla, horneándose a 250 °F/ 45 min. Es una barra rica en proteína en comparación a las que se encuentran en el mercado. (Aubourg, 2008)

### **2.4.2 Barra de granola y frijol rojo**

La barra de frijol rojo y granola contiene hojuelas de frijol que previamente se obtuvieron de la cocción, triturado y deshidratado de la pasta en un 30 %, 17% de hojuelas de granola, 4% de arroz crocante, agentes aglutinantes como sirope, glicerina, sucrosa, almidón, saborizantes como esencia de vainilla, mantequilla. Y finalmente atenuante de sabor los cuales se hornearon, cortaron y empaclaron. La barra se caracteriza por su bajo contenido en grasa y el aporte de proteína, adicionando los

efectos benéficos aportados por los antioxidantes presentes en el frijol y la fibra contenida en la granola. (Herrera Medina, 2006)

### **2.4.3 Barra de cereal con aceite de lino**

Las barras con aceite de lino se lleva a cabo mediante la microencapsulación del aceite de lino el cual es un producto rico en Omega 3, un ácido graso saludable para el organismo porque previene enfermedades cardiovasculares, neurológicas e hipertensión, pero su consumo directo suele ser rechazado debido a que el sabor rancio, pues es oxidación es rápida.

Para procesar el aceite se preparó una emulsión simple que contiene una base acuosa y otra oleosa, se colocó en el equipo de secado por aspersion, donde de esta manera se elimina el agua que tenía la emulsión y se obtiene el aceite microencapsulado en polvo. Con este procedimiento se solucionan problemas de olores, sabores desagradables. (NCYT, 2016)

### **2.4.4 Barras de cereales disponibles en la Ciudad de México**

La Tabla 12 muestra algunas de las barras que se encuentran en el mercado de la Ciudad de México. Todas las barras de cereales muestran distintas formulaciones y presentaciones respecto a la cantidad del alimento, por lo que se tomara en cuenta las barras de Nutrigrain Kellogg's® y Barras de avena Quarker® las cuales son similares a la formulación y presentación de la barra elaborada con Noni y Sorgo.

Tabla 12. Composición nutrimental de las “barras” de cereales disponibles en el mercado de la Ciudad de México

Marca	Nombre comercial	Barra (g)	Ingredientes	Energía (kcal)	Proteína (g)	Energía/Proteína+ (kcal)	Grasas (g) (% kcal)	HC++ (g)	Fibra (g)
Granvita	Mordy	30	Amaranto con chocolate cacahuete y pasas	144	2.6	55	7.0 (44)	19	-
	Mordy	30	Granola*** con chips de chocolate	128	2.0	64	4.0 (28)	22	0.02
	Mordy	30	Granola con malvavisco y chips de chocolate	108	2.8	38	1.7 (14)	24	0.2
	Mordy	30	Granola con miel	142	3.0	47	6.0 (38)	19	2.0
	Mordy	30	Granola con chocolate	140	2.9	48	6.0 (38)	19	0.2
Kellogg's	Kuadrikrispis*	27	Arroz tostado con sabor fresa, vainilla o chocolate	110	1.0	110	2.0 (16)	21	-
	Milkers	27	Cereal de maíz con leche sabor vainilla o chocolate	130	3.0	43	4.5 (31)	20	-
	Nutrigrain	39	Trigo con fruta (guayaba, manzana, piña o fresa)	140	2.0	70	3.0 (19)	27	1.0
	Crusli	25	Multicereal con manzana	110	1.0	110	4.0 (33)	17	1.0

Continuación Tabla 12

Marca	Nombre comercial	Barra (g)	Ingredientes	Energía (kcal)	Proteína (g)	Energía/Proteína + (kcal)	Grasas (g) (% kcal)	HC++ (g)	Fibra (g)
Marinela	Energy up (arroz)	30	Arroz inflado con sabor a chocolate o vainilla con malvaviscos y chips de chocolate	121	1.6	75	5.0 (37)	18	-
	Energy up (granola)	35	Granola c/miel, chocolate y cacahuete	154	3.3	47	6.3 (37)	22	-
Nestlé	Snackattack **	28	Cereal de trigo con malvaviscos. Vainilla y chocolate	132	1.6	82	4.1 (37)	22	0.1
Quaker	Barras de avena	37	Harina de avena y trigo con manzana; fresa; plátano y fresa o frambuesa y fresa	130	1.0	130	3.0 (21)	26	1.0
	Barras de avena	37	Harina de avena y trigo con fresa y queso	130	2.0	65	3.0 (21)	26	<1
	Chewy	28.3	Trigo integral y chipas de chocolate	110	2.0	55	2.0 (16)	22	1.0
	Chewy	28.3	Trigo integral con chocolate y malvavisco. Granola	110	1.0	110	2.0 (16)	22	1.0

+ Razón energía/por gramo de proteínas.

++ Hidratos de carbono.

Costo por unidad, en paquete: \* < \$2.50. \*\* > \$5.00 El resto entre: \$2.50 y \$3.50

\*\*\* Granola: contiene avena de grano entero, hojuelas de trigo entero, azúcar moscabado, pasas, coco, almendras, miel.

(Iñarritu and Vega Franco, 2001)

### III. JUSTIFICACIÓN

El fruto de *Morinda citrifolia* L. es poco conocido y consumido en la sociedad debido a que presenta un sabor y olor desagradable para el consumidor, sin embargo, el Noni se destaca por ser un fruto con propiedades nutricionales importantes, ya que presenta ingredientes biológicamente activos como alcaloides, flavonoides, triterpenoides, minerales y vitaminas que son responsables de su acción antihiper glucémico y sus propiedades antioxidantes. Dichas propiedades han sido tomadas en cuenta por la industria alimentaria para elaborar productos funcionales, entre ellos destacan el jugo de Noni con extractos de plantas medicinales como ginseng entre otras, encapsulado, jabón y como polvo. La elaboración de estos productos, principalmente la extracción de jugo trae como consecuencia la generación de altas cantidades de deshecho, particularmente cáscara y bagazo de la pulpa. Este deshecho posee un alto potencial para ser utilizado como materia prima para la elaboración de otros subproductos teniendo en cuenta el contenido en fibra y la actividad antioxidante de su pulpa.

Las barras nutricionales son el vehículo más lógico para agregar fortificación a un alimento pues cumple con las características de ser un alimento conveniente, fácil y rápido de consumir debido a los hábitos de los consumidores sin dejar de ser un alimento nutritivo. Por lo tanto al desarrollar una formulación que involucre al Noni que es un fruto que se caracteriza por su fuerte olor, donde se aprovechara la mayor cantidad del fruto (pulpa y cascara) para la elaboración de mermelada de Noni y usando la cascara en forma deshidratada será parte de la barra que se complementara con el harina de sorgo blanco debido a su valor nutricional en el contenido de antioxidantes, fibra, vitaminas y otros nutrientes que beneficiaran al consumidor y debido a su características proteicas ya que muchas personas tienden a ser celíacos adicionando así un valor extra al producto.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Es factible formular un alimento en presentación de barra tipo snack a base de harina de cáscara de Noni y harina de Sorgo blanco, adicionada con mermelada de *Morinda citrifolia* L., preservando las propiedades funcionales de la materia prima.

## **V. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Formular un alimento con características funcionales a base de *Morinda citrifolia* L. y Sorgo blanco.

### **Objetivos Específicos**

1. Caracterización del fruto de Noni y sorgo blanco como materia prima.
2. Obtención de harina de cáscara de *Morinda citrifolia* L. y harina de sorgo blanco.
3. Formulación de una barra con mermelada a base de *Morinda citrifolia* L. y sorgo blanco.
4. Establecer el nivel de agrado de la barra con mermelada de *Morinda citrifolia* L. y sorgo blanco.
5. Determinación de las características funcionales y fisicoquímicas del producto formulado.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Estrategia Metodológica

A continuación, se presenta a través de un diagrama, la estrategia metodológica utilizada para llevar a cabo la presente investigación. (Figura 8).

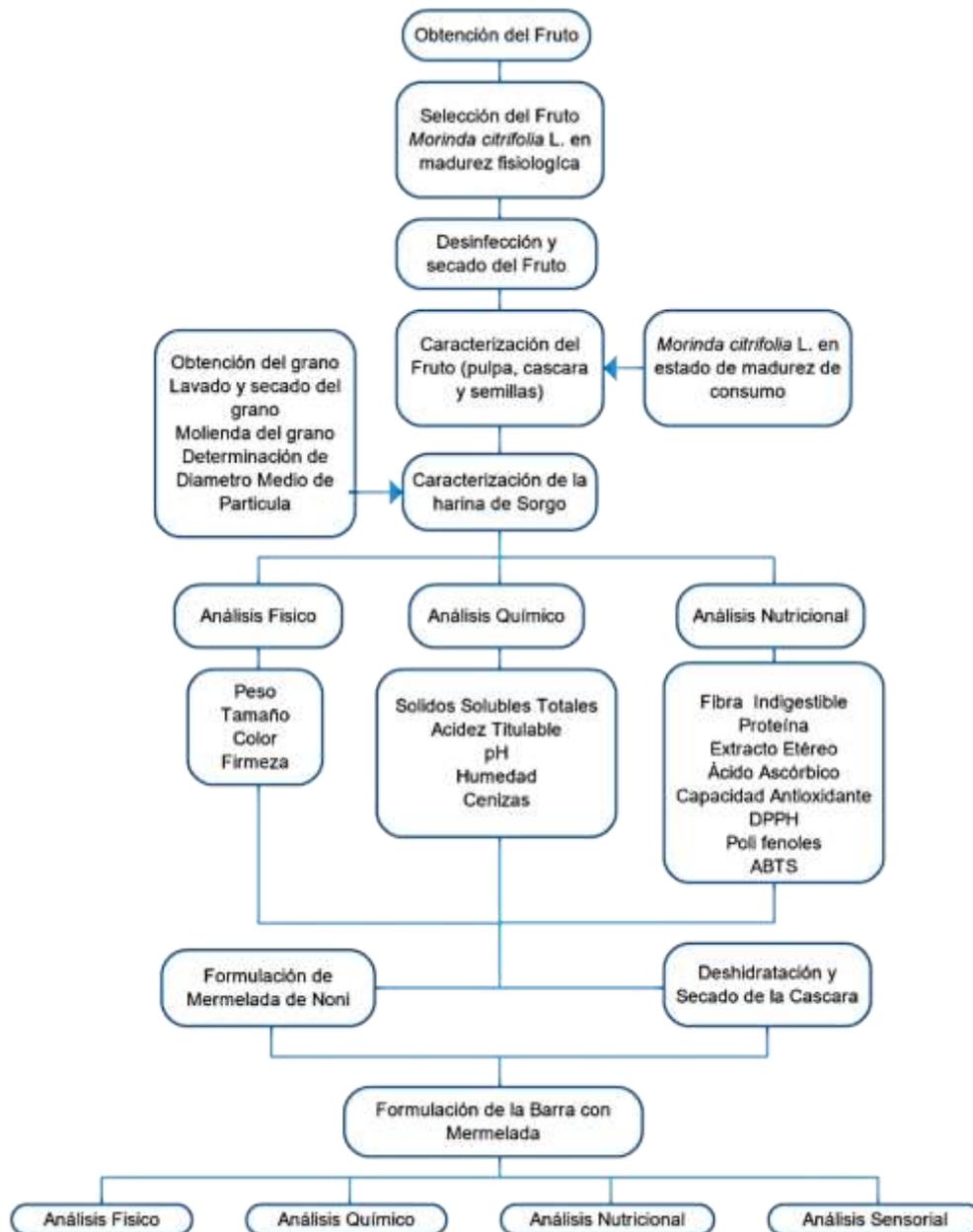


Figura 8. Diagrama de Estrategia Metodológica

## **6.2 Material de estudio**

Se utilizaron frutos de *Morinda citrifolia* L. en estado de madurez fisiológica recolectados en el municipio de Nueva Italia, Michoacán. Los frutos fueron trasladados al laboratorio de Investigación en Biotecnología “M.C. Víctor Manuel Rodríguez Alcocer” de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Michoacán y fueron almacenados a 4 °C hasta su uso. Para la harina de Sorgo blanco (*Shorghum bicolor*), el grano fue adquirido en un mercado local de la Cd. de Morelia proveniente de Álvaro Obregón, Michoacán y almacenado a 4 °C en el Laboratorio antes citado hasta su uso.

La desinfección del fruto primero se lavó con agua y jabón para eliminar la tierra o partículas extrañas, se escurrió el fruto y seco, después se sumergió el fruto en agua con 8 gotas de solución desinfectante en un litro por 10 min. se escurrió y seco. Cuando el fruto se encontró en el estado de madurez deseado se pelo para proceder la deshidratación de la cascara, el resto del fruto fue procesado en el extractor para poder separar la pulpa de las semillas sin que haya fragmentación de estas, la metodología de la deshidratación se presenta más adelante. (Figura 10)

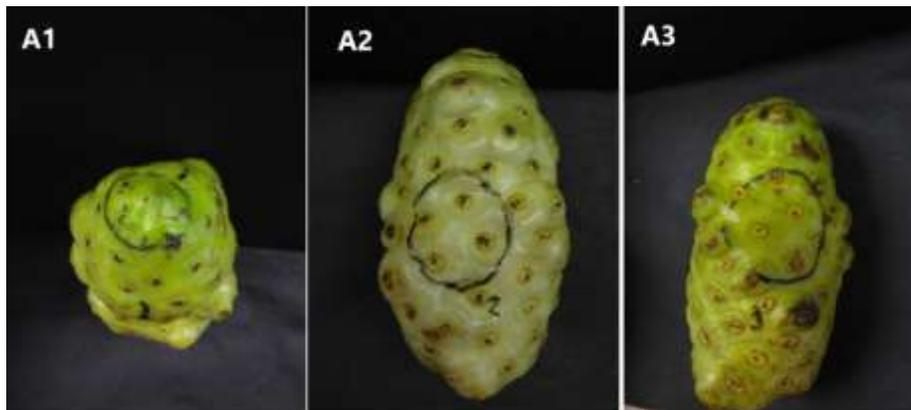
## **6.3 Caracterización del fruto de *Morinda citrifolia* L.**

El fruto de *Morinda citrifolia* L. seleccionado, se caracterizó mediante parámetros fisicoquímicos, análisis químico proximal y determinación de ácido ascórbico como parte de los indicativos nutricionales de los frutos y su capacidad antioxidante que se describe en el apartado 6.6. A continuación, se describen las metodologías utilizadas para la caracterización de *Morinda citrifolia* L.

### **Determinación de color y firmeza de *Morinda citrifolia* L.**

El color del fruto se determinó mediante un espectrofotómetro ColorFlex EZ de HunterLab. Los parámetros de color se evaluaron en el fruto desde su madurez fisiológica a su madurez de consumo. Se evaluaron 66 frutos en 3 regiones diferentes de cada uno, debido a que hay una diferencia de color por su estado de madurez

donde ocurren cambios fisiológicos, bioquímicos y estructurales que influyen en los atributos del fruto.(Figura 9)



*Figura 9. Regiones del fruto de Morinda citrifolia L.*

El espacio de color CIE-L\*a\*b\* describe todos los colores que puede percibir el ojo humano a partir de sus tres coordenadas:

- L\* mide el brillo de la superficie
- a\* representa la intensidad del color verde o rojo
- b\* representa la intensidad del color azul o amarillo

Se realizaron los cálculos referentes al CROMA que es el tono (Ecuación 1) y el °H (Ecuación 2) con los valores a\* y b\*; Estos valores se interpolan en la Escala de CIELCH (Anexo 4).(Jha, 2010)

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\theta = \left( \frac{\tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)}{6.2832} \right) 360 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\text{Si } a > 0 \text{ y } b \geq 0 \text{ entonces } H^\circ = \theta$$

$$\text{Si } a < 0 \text{ y } b \geq 0 \text{ entonces } H^\circ = 180 + \theta$$

$$\text{Si } a > 0 \text{ y } b < 0 \text{ entonces } H^\circ = 180 + \theta$$

$$\text{Si } a < 0 \text{ y } b < 0 \text{ entonces } H^\circ = 360 + \theta$$

Para la determinación de firmeza de los frutos en los dos estados de maduración caracterizados se utilizaron 66 frutos. La firmeza fue evaluada con un Texture Analyser Modelo TA-XT2i.

Los parámetros usados en el ensayo de la medida de Fuerza máxima de la primera compresión y su prenetración es decir la Dureza, la cual es una variable que representa la madurez, velocidad pre-ensayo de 2.0 mm/s, velocidad de ensayo de 0.5 mm/s, velocidad post-ensayo de 2.0 mm/s, test. Dist. Ruptura de 0.2 mm, con una distancia de 2.0 mm, F de 0.96 N y t de 2.00 s.; con la sonda P2 Cilindrica acero INOX 2mm DIA, retorno de 60 mm. y un nivel de sensibilidad de 0.95 N.

### **Peso y tamaño de los frutos de *Morinda citrifolia* L.**

Se tomó el peso individual de 66 frutos de *Morinda citrifolia* L. en una balanza analítica, el peso se determinó en los dos estados de maduración del fruto, fisiológico y de consumo. El peso se registró en gramos. Con respecto al tamaño, se midió el diámetro ecuatorial (DE) y el diámetro longitudinal (DL) de los 66 frutos en ambos estados de maduración para ello se utilizó un vernier.

### **Determinación de acidez titulable**

Expresando los resultados de acuerdo a NMX-F-102-S-1978 se realizó la metodología tal cual marca la norma mexicana.

### **Determinación de sólidos solubles totales (SST)**

Mediante la lectura con refractómetro se tomó una gota de muestra, realizándose la lectura en ° Brix, la determinación de SST se hizo por triplicado.

#### **6.3.1 Análisis químico proximal para la caracterización de los frutos de *Morinda citrifolia* L.**

### **Determinación de humedad**

El contenido de humedad se determinó tanto en la pulpa como en la cascara del fruto de *Morinda citrifolia* L., esta se realizó de acuerdo con la NOM-116-SSA1-1994 registrada como la pérdida en peso que sufre el alimento al someterlo en condiciones de tiempo y temperatura establecidos.

$$\% \text{ Humedad} = \left( \frac{(w_c + w_m)w_s}{w_m} \right) 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$W_c$ : peso de la capsula a peso constante

$W_m$ : peso de la muestra húmeda

$W_s$ : peso de la capsula y muestra seca a peso constante

### **Determinación de cenizas**

Cantidad de cenizas presentes en las muestras se determinó por incineración NMX-F-607-NORMEX-2013.

### **Determinación de proteína, Método de Kjeldhal**

Basado en NMX-F-608-NORMEX-2011 método basado en la cuantificación de Nitrógeno y convertido por un factor a contenido de proteína.

### **Determinación de fibra indigestible**

De acuerdo con la metodología de NMX-090-S-1978, donde la muestra se somete a una digestión acida y básica cuyo residuo se seca y cuantifica.

### **Determinación de lípidos, Método Soxhlet**

Método Soxhlet por la cuantificación gravimétrica del extracto etéreo al ser extraído de la muestra con un solvente orgánico NMX-F-615-NORMEX-2004.

### 6.3.2 Parámetro de caracterización nutricional del *Morinda citrifolia* L.

#### Determinación de ácido ascórbico (Vitamina C)

El método utilizado para la determinación de ácido ascórbico se basa en la extracción de ácido metafosfórico, así como la valoración visual oxido métrica del ácido ascórbico en el extracto de la muestra con una solución de 2,6-diclorofenol-indofenol. Calculando los mg con la Ecuación 4.

Para la extracción se pesó 25 g. de la muestra (pulpa con cascara, barra y harina de sorgo); se transfirió a un matraz volumétrico de 100 mL adicionándole 20 mL de la solución de ácido metafosfórico y se aforo con agua destilada, se agito y filtro con papel filtro de poro pequeño. Se tomaron alícuotas de 10 mL con pipeta volumétrica de cada solución por triplicado los cuales se titularon con la solución de 2,6-diclorofenol-indofenol hasta un color rosado persistente por 10 segundos. También se titula un blanco. Todo el proceso se realiza en ausencia de luz.

$$\text{Vitamina C} \left( \frac{\text{mg}}{\text{g o mL}} \right) = (v - v_1) \left( \frac{f}{m} \right) \left( \frac{u}{y} \right) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

V= mL gastados para titular la muestra

V<sub>1</sub>= mL gastados para titular blanco

F= mg de ácido ascórbico contenido en 1 mL de la solución titulada de la sal sódica del 2,6-diclorofenol-indofenol

M= peso en gramos de la muestra o volumen en mL

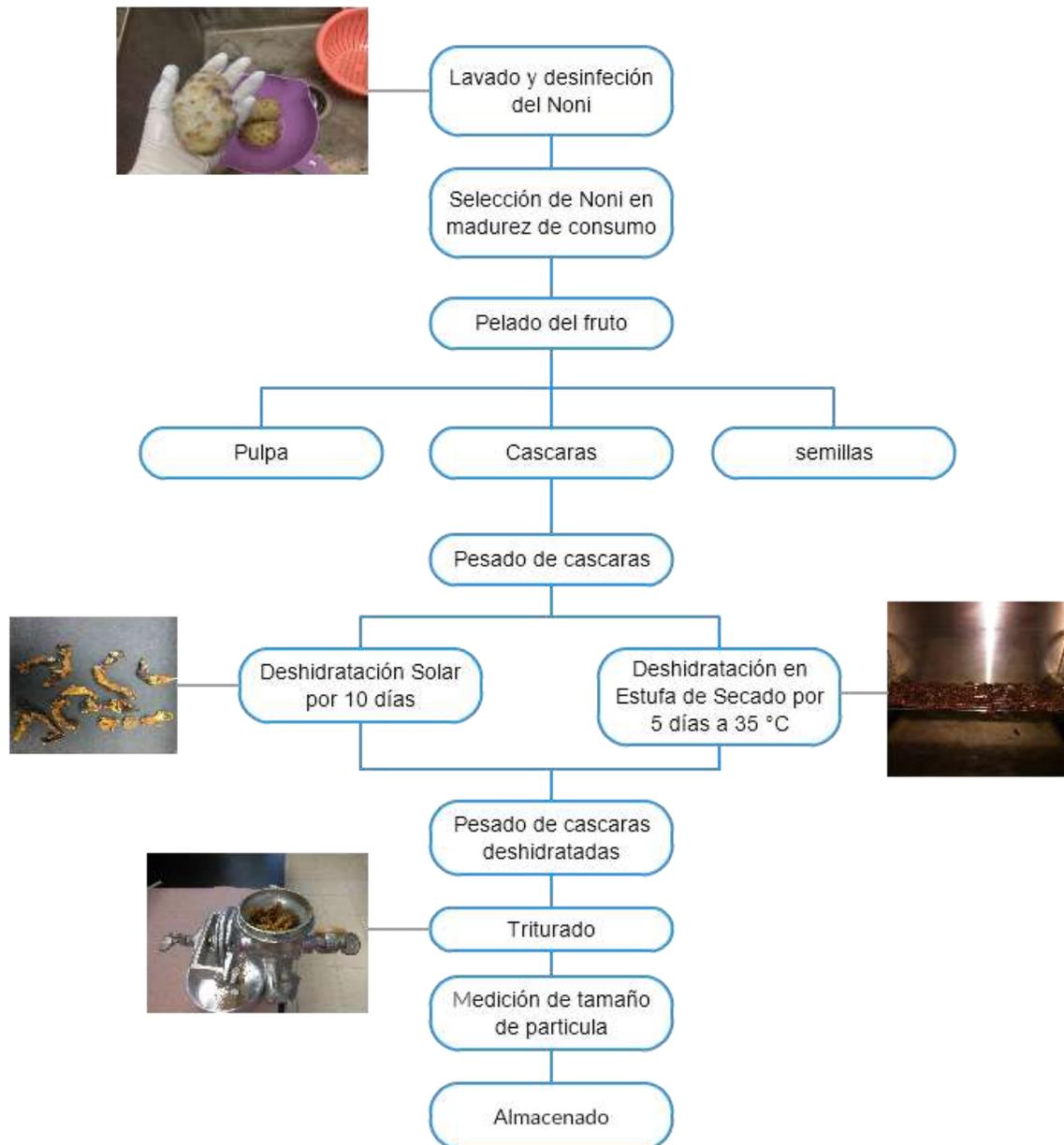
U= volumen inicial conocido

Y= volumen de la alícuota tomada en la titulación

### 6.4 Metodología para la obtención de la harina de *Morinda citrifolia* L. y de Sorgo blanco

#### Harina de cáscara de *Morinda citrifolia* L.

En la Figura 10 se presenta el diagrama del metodología de la deshidratación de las cáscaras del Noni.



*Figura 10. Diagrama de metodología de la deshidratación de la cascara de Noni*

En el proceso de la harina de Noni solo se usó la cascara y el gabazo que se obtuvo de la extracción de la pulpa, se llevó a cabo la deshidratación mediante dos métodos: deshidratación solar que usa la radiación solar para calentar aire y así retirar el agua de

los tejidos de productos como frutas, verduras, semillas, carne, hiervas o madera, se colocó 60 g. de cascara y gabazo en el deshidratador solar por un periodo 10 días; y por la deshidratación con la estufa donde se evapora el agua manteniendo una temperatura constante para obtener un producto reducido en el contenido de agua, productos con elevado contenido en azúcares, ricos en sustancias volátiles como las especias y carnes son inadecuados para este método, se colocó 60 g. de cascara y gabazo a una temperatura de  $35\pm 2$  °C por 5 días .

Se pesaron ambas muestras en fresco y una vez deshidratados. Se trituraron en molino y con la ayuda de la licuadora se disminuyó se tamaño, para el tamaño de partícula se utilizó la metodología de DMP con tamices estándar del No. 20, 40 y 60 donde se pesó 50 g. de la harina de Noni y se agito por 30 min. pesándose el contenido retenido en cada tamiz, calculando el DMP con la Ecuación 5. Se almaceno a 4 °C en bolsa hermética hasta su uso.

### **Harina de Sorgo blanco**

El sorgo fue lavado con agua 4 veces para poder eliminar la materia extraña y suciedad se escurrió eliminando el exceso de agua, este proceso se llevó en intervalos de 3 min. de manera que el grano no absorbiera el agua y se hinchara, posteriormente el grano se extendió para que se secara a una temperatura de  $25\pm 3$  °C por 24 hrs. Una vez transcurrido lo anterior, el sorgo fue triturado con un molino manual y posteriormente para reducir a un menor tamaño la partícula del grano molido se llevó a un segundo molido en licuadora (Figura 11). El diámetro medio de partícula (DMP) se determinó mediante el uso de Tamices estándar del No. 20, 40 y 60 pesándose 50 g. de harina de Sorgo blanco y se agito por un 30 min. pesándose el contenido de cada tamiz, el DMP se calculó mediante la Ecuación 5.

$$DPM = \frac{(W_1D_1+W_2D_2+W_3D_3)}{TS} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

$W_{1-3}$  = Peso de partículas retenidas en cada tamiz

$D_{1-3}$  = Diámetro de cada una de las mallas

TS = Total de la muestra



*Figura 11. Obtención de la harina de *Shorghum bicolor* (Sorgo blanco o de grano)*

### **6.5 Caracterización de la harina de *Sorgo blanco***

A la harina de sorgo blanco se le realizaron las determinaciones anteriormente mencionadas en el apartado 6.3.1, Se hizo un análisis indicativo de parámetros nutricionales además de la cuantificación de ácido ascórbico tal como se describe en el apartado 6.3.2, como capacidad antioxidante por DPPH, ABTS y polifenoles totales, metodologías que se exponen a continuación.

### **6.6 Determinación de la actividad antioxidante**

Para llevar a cabo la determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS se procedió en primer lugar a la extracción de los compuestos antioxidantes mediante el uso de solventes.

#### **Extracción de compuestos antioxidantes.**

La extracción de los compuestos antioxidantes de las muestras analizadas se realizó con solventes hasta la obtención de una solución madre. El primer método fue una maceración compuesta (MC) donde se pesaron un 1 gr., 2 g. y 5 g. de muestra y se adiciono 40 mL de Metanol: Agua pH 2, agitación por 5 min., maceración por 1 hora a  $25 \pm 5$  °C y centrifugación a 4000 rpm/10 min, el sobrenadante se almaceno en un recipiente cubierto; después al residuo se la adicionaron 40 mL de Acetona:Agua, se repitió el proceso anterior mezclando ambos sobrenadantes y finalmente se

adicionaron 20 mL de agua destilada. La mezcla se preparó en matraces cerrados y sin exposición a la luz durante todo el proceso de extracción. Las soluciones madre se almacenaron a 20 °C en frascos cerrados y cubiertos.

El otro método fue una maceración simple (MS) donde se realizó la mezcla de 5 g. de muestra con 100 mL de la solución extractora Metanol al 80 % y Acetona al 70 %. La maceración se llevó a cabo por 18 – 19 hrs. a 20 °C, después se centrifugo a 5000 rpm/15 min. almacenándose el sobrenadante; la extracción se realizó en total ausencia de luz y se resguardo en frascos cerrados y tapados a 20 °C.

Las extracciones se realizaron al fruto de Noni en fresco (JK), la harina de sorgo (HS) y a la barra tipo snack de harina de Noni (BN).

### **Determinación de la actividad antioxidante por DPPH**

Este método desarrollado por BRAND-WILLIAMS *et al* se basa en la medida fotométrica del radical DPPH' a 517 nm en el espectrómetro UV-Vis.

Tomando 3800 µL del Radical DPPH' 100 µM y 200 µL de la solución Madre anteriormente obtenida, en tubos falcón cubiertos, agitación del tubo y se leyeron las absorbancias en el espectrofotómetro a los tiempos 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 30 y 60 min. lo cual permitió la obtención del porcentaje de inhibición del radical libre en la Ecuación 6 y los resultados se expresaron en TEAC (Capacidad Antioxidante como Equivalentes Trolox/ 100 g de muestra). Las muestras se procesaron por triplicado.

$$\% \text{ inhibición} = \left( \frac{Abs_{DPPH} - Abs_M}{Abs_{DPPH}} \right) 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$Abs_{DPPH}$  = Absorbancia inicial del radical DPPH

$Abs_M$  = absorbancia de la muestra

### **Determinación de actividad antioxidante por ABTS<sup>o+</sup>**

La metodología desarrollada por RE *et al.* Y descrita por KUSKOSKI *et al.* El radical se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM) que se incubaba a temperatura ambiente  $\pm 25$  °C en oscuridad por 16 h., ya formado el radical se diluye con etanol hasta una absorbancia de  $0.70 \pm 0.02$  a 734 nm.

Se toman 970  $\mu$ L del radical ABTS al cual se le adiciona 30  $\mu$ L de la solución madre, realizando las lecturas de absorbancia por 6 min. consecutivos. Se realizó por triplicado y en ausencia de luz.

Los resultados se expresan en TEAC (Capacidad Antioxidante como Equivalentes Trolox/100 g de muestra) y su porcentaje de inhibición (Ecuación 7)

$$\% \text{ inhibición} = \left( \frac{Abs_{ABTS} - Abs_M}{Abs_{ABTS}} \right) 100 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

$Abs_{ABTS}$  = Absorbancia inicial del radical ABTS

$Abs_M$  = absorbancia de la muestra

### **Cuantificación de polifenoles totales**

Se determinaron polifenoles totales aplicando la técnica de Folin-Ciocalteu, este método consiste básicamente en generar cierto color a través de la adición del reactivo de Folin-Ciocalteu en un medio alcalino a una determinada muestra.

En tubo falcón se colocaron 100  $\mu$ L de la solución madre, adicionando 7400  $\mu$ L de agua destilada, 500  $\mu$ L del Reactivo Folin-Ciocalteu, 2000  $\mu$ L de Carbonato de sodio al 20 %, se dejó en reposo por 2 horas y se realizó la lectura de las absorbancias a 756 nm en un Espectrofotómetro UV/Vis. Se realizó por triplicado y en ausencia de luz.

Se realizó la curva de calibración con ácido gálico para reportar los resultados en mg GAE/100 g (mg equivalentes de Ácido Gálico por 100 g de muestra fresca).

## **6.7 Formulación de la barra tipo snack a base de harina de cáscara de *Morinda citrifolia* L. y harina de Sorgo blanco**

En la formulación de la barra se tomó en cuenta las propiedades de la harina de sorgo en productos terminados, los cuales suelen ser de consistencia arenosa por la cual se optó por implementar harina de maíz nixtamalizada que nos ayuda a crear un producto libre de gluten y pectinas para darle una mayor estabilidad en consistencia de la barra y a la vez resguardar humedad, harina de cáscara de Noni; se utilizó un edulcorante con 0.06% de Stevia para reducir el aporte calórico, en la realización de las masas se usó levadura y polvo para hornear para darle una consistencia esponjosa y suave, huevo, mantequilla, sorbato de potasio como conservador y L-ácido ascórbico como protector antioxidante.

La mermelada se realizó con la pulpa del Noni y edulcorante con 0.06% de Stevia, se acidificó con ácido cítrico y para atenuar el sabor característico del Noni se hicieron adiciones de guayaba en distintas concentraciones y canela.

En la parte de Resultados se encuentra descrito el proceso para la formulación de la Barra tipo snack a base de harina de cáscara de Noni, harina de sorgo blanco y mermelada de Noni.

La barra formulada fue caracterizada con respecto a sus principales propiedades fisicoquímicas, nutricionales y funcionales.

## **6.8 Determinación de las características funcionales y fisicoquímicas del producto formulado.**

Las determinaciones realizadas para la caracterización de la barra tipo snack a base de harina de cáscara de Noni y harina de sorgo blanco consistieron en un análisis químico proximal, capacidad antioxidante y cuantificación de ácido ascórbico; en los apartados 6.3.1, 6.6 y 6.3.2 respectivamente.

### **6.9 Determinación del nivel de agrado de la barra tipo snack a base de harina de cáscara de *Morinda citrifolia* L. y harina de sorgo blanco con mermelada de *Morinda citrifolia* L.**

La evaluación sensorial se realizó con un panel no entrenado y aleatorio de 45 personas, en un rango de edad de 18 a 30 años en ambos sexos. Se montó un panel con 5 barras diferentes valorándose el nivel de agrado por escala hedónica: 1 (disgusta mucho) al 5 (gusta mucho), se evaluó Sabor, Dulzor, Color, Olor y Textura. Se elaboró una hoja de datos con las instrucciones correspondientes (Anexo 2). De la evaluación, se eligieron las dos barras de mayor preferencia y se mejoró su formulación y se evaluó nuevamente su nivel de agrado (Anexo 3)

### **6.10 Análisis estadístico**

De los datos obtenidos se obtuvo la media de tres repeticiones más menos la desviación estándar, para los análisis realizados a la caracterización del fruto de *Morinda citrifolia* L. y la harina de *Shorghum bicolor*, posteriormente fueron procesados con el software JMP® 6.0, mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Tukey-Kramer con  $\alpha = 0.05$  con la finalidad de comparar las formulaciones de las barras con mermelada de Noni en cada uno de sus atributos. También se realizó la comparación de las variables nutricionales del producto.

Se hizo un análisis de distribución para el tamaño, color, textura y peso del fruto de *Morinda citrifolia* L en madurez fisiológica y madurez de consumo.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación de las variables de respuesta en la caracterización del *Morinda citrifolia* L., harina de Sorgo blanco y posteriormente la formulación de la barra comestible y la determinación de sus características fisicoquímicas, sensoriales y nutrimentales.

### 7.1 Caracterización del fruto de *Morinda citrifolia* L.

#### 7.1.1 Peso de *Morinda citrifolia* L. en estado de madurez fisiológico y de consumo

El Noni fue recolectado en estado de madurez fisiológica, con un peso promedio de  $142.70 \pm 33.61$  g. en la Figura 12a se observa una distribución normal, donde se muestra que el 24.2 % de los frutos se encuentra en un rango de 131 - 135 g. respecto al peso, le sigue un 21.2 % en un peso de 153 -170 g., como peso mínimo solo el 1.5 % de los frutos está en 80 g. y como peso máximo el 3 % de los frutos pesan 217 g.

Cuando el fruto alcanza el estado de madurez de consumo (Figura 12b) su peso fue de  $135.0 \pm 30.19$  g. observándose una distribución normal, el peso de los frutos oscila en un intervalo de 120 - 180 g., el 25.8 % se encuentra entre los 120 – 139 g., el 21.2 % entre 144 – 160 g, con un 3 % con un peso mínimo de 75 g. y 1.5 % con un peso máximo de 204 g. Por otro lado, es importante resaltar que hay una pérdida del  $5.0 \pm 1.50$  % de la masa total del fruto al pasar de un estado de madurez a otro, debido principalmente a la pérdida de agua y transformación de sus moléculas.

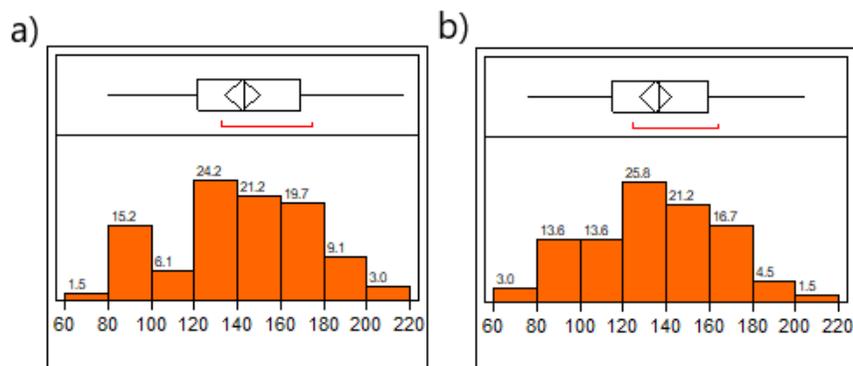


Figura 12. a) Distribución normal de los pesos del fruto de *Morinda citrifolia* L. en madurez fisiológica, b) Distribución normal de los pesos del fruto de *Morinda citrifolia* L. en madurez de consumo

### 7.1.2 Tamaño del fruto

En la Figura 13, se observa que el 25.8 % de los frutos tiene un diámetro longitudinal de  $8.4 \pm 1.0$  cm, mientras que el 13.6 % tiene  $4.3 \pm 0.8$  cm de diámetro ecuatorial en estado verde del fruto, la variabilidad en el parámetro de DE se debe a la forma irregular del fruto, ya que estos muestran diversas protuberancias (Figura 14).

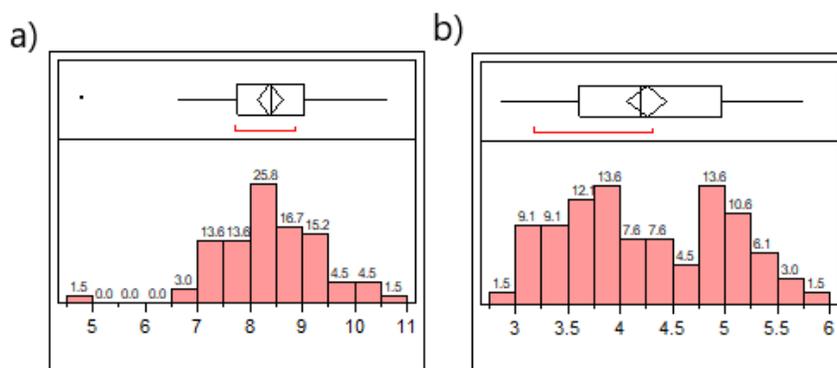


Figura 13. a) Histograma de Distribución normal del DL, B) Histograma de Distribución normal y una Distribución inclinada a la derecha del DE del fruto de Noni en madurez fisiológica



Figura 14. Fruto de *Morinda citrifolia* L. (Noni)

El DL del 22.7 % de los frutos se encuentra en  $8.0 \pm 0.95$  cm y 10.6 % entre  $4.1 \pm 0.74$  cm de diámetro ecuatorial en madurez de consumo (Figura 15), al comparar los parámetros de DL solo pierde  $3.91 \pm 2.29$  % y DE  $3.67 \pm 3.55$  % respecto a su tamaño al pasar del estado de maduración verde a maduro, se puede decir que no es un cambio significativo.

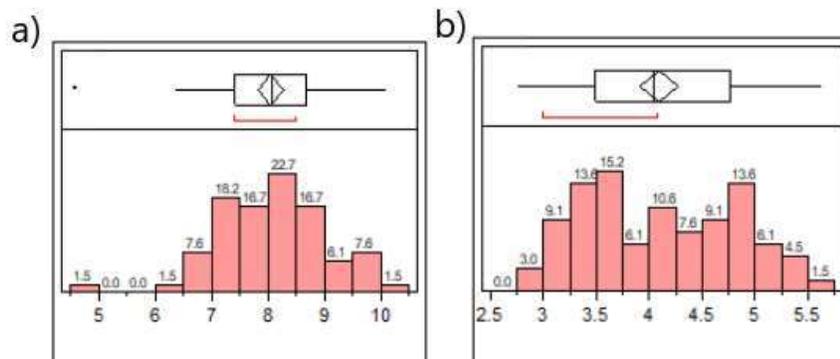
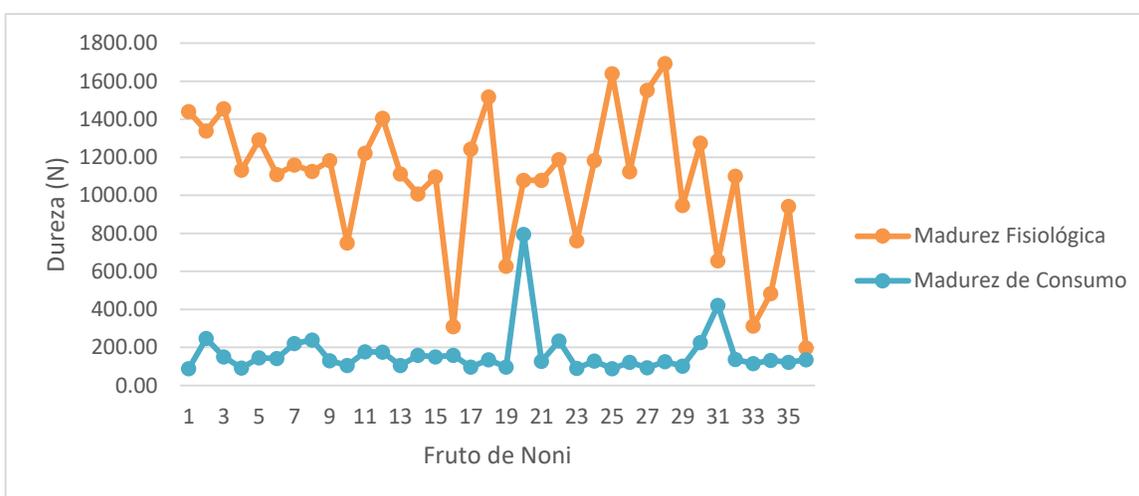


Figura 15. a) Histograma de Distribución normal de DL, b) Histograma de distribución atípica de DE del fruto de *Morinda citrifolia* L. (Noni) en madurez de consumo

### 7.1.3 Resistencia a la compresión de los frutos de Noni.

En la Figura 16 se muestran los resultados de la dureza de los frutos analizados en dos estados de maduración fisiológica y de consumo. Es importante resaltar que los frutos en estado verde (fisiológico) poseen una mayor firmeza en comparación con los frutos

maduros requiriendo los primeros una mayor fuerza de resistencia a la compresión ( $1024.86 \pm 417.85$  N) en comparación al fruto maduro ( $166.77 \pm 1.25E^{+02}$  N), perdiendo un 67.77% de su dureza al pasar de un estado de madurez al otro, debido a los cambios que hay en el fruto, en la cantidad y naturaleza de los polisacáridos presentes en la pared celular de las células vegetales, el tejido se va ablandando, perdiendo cohesividad y presenta una disminución de las uniones intermoleculares debido a un incremento en la solubilidad de los constituyentes de la pared celular, primordialmente de la pectina. (Figura 17 y 19)



*Figura 16. Comparación de la modificación de Dureza en los frutos en los dos estados de madurez fisiológica y de consumo en el fruto de *Morinda citrifolia* L.*

#### **7.1.4 Determinación del color de los frutos de *Morinda citrifolia* L.**

En la Tabla 13 se muestran los resultados obtenidos en la determinación del color de los frutos analizados. Cabe destacar que conforme los frutos avanzaron en su etapa de almacenamiento el color paso de tonalidades verdes a verde-amarillo y finalmente a amarillo-naranja translúcido, cada uno de ellos posee un °H característico, como se mencionó anteriormente en el apartado 6.3 el Chroma es la saturación y al tener un valor bajo este se acerca más al “blanco” en la escala CIELCH. Es importante resaltar que los frutos que poseen coloraciones amarillo-naranja y que se encuentran en estado

de madurez de consumo poseen una mayor concentración de compuestos como el contenido de Vitamina C. (Chan-Blanco et al., 2006)

*Tabla 13. Resultados de Chroma y °H del fruto de Noni respecto a su estado de maduración*

<i>Día</i>	<i>CHROMA</i>	<i>°H</i>	<i>Color Escala CIELCH</i>
<b>1</b>	$16.75 \pm 1.16$	$102 \pm 0.15$	<i>Verde-Amarillo</i>
	$21.76 \pm 0.51$	$92.04 \pm 2.92$	<i>Verde-Amarillo</i>
	$24.84 \pm 1.87$	$92.30 \pm 1$	<i>Verde-Amarillo</i>
<b>2</b>	$15.64 \pm 0.90$	$101.61 \pm 0.63$	<i>Verde-Amarillo</i>
	$28.22 \pm 5.23$	$76.66 \pm 22.35$	<i>Amarillo-Naranja</i>
	$25.13 \pm 1.19$	$91.75 \pm 0.90$	<i>Amarillo</i>
<b>3</b>	$15.77 \pm 1.22$	$99.18 \pm 1.73$	<i>Verde-Amarillo</i>
	$16.80 \pm 2.63$	$71.33 \pm 12.61$	<i>Amarillo-Naranja</i>
	$20.31 \pm 6.34$	$77.21 \pm 13.85$	<i>Amarillo-Naranja</i>
<b>4</b>	$8.6 \pm 4.69$	$91.54 \pm 7.91$	<i>Amarillo</i>
	$15.85 \pm 2.74$	$70.41 \pm 9.74$	<i>Amarillo-Naranja</i>
	$13.28 \pm 2.23$	$63.86 \pm 3.3$	<i>Amarillo-Naranja</i>

En las Figuras 17, 18 y 19 se aprecia el cambio en las características físicas: color y firmeza del Noni, en relación al etapa de madurez en que se encuentra, además de hacerse notorio un cambio en la apariencia referida a la textura y color interno del fruto, ya que entre más avanza la maduración, la consistencia del fruto es blanda, gelatinosa y translúcida al contrario del fruto inmaduro, mostrando una consistencia dura y firme, tales resultados concuerdan con lo reportado por Chan-Blanco et al. 2006.



*Figura 17. Etapa de madurez fisiológica del fruto de Morinda citrifolia L. (Noni)*



*Figura 18. Etapa de transición de madurez fisiológica a madurez de consumo del fruto de Morinda citrifolia L. (Noni)*



*Figura 19. Etapa de madurez de consumo de Morinda citrifolia L. (Noni)*

En la Tabla 14 se muestra la relación existente entre el color y la textura del fruto respecto a su estado de madurez. Se observa que a medida que avanza el estado de madurez, el fruto pasa de un color verde oscuro a un translúcido grisáceo, en tanto que la firmeza a los mismos estados de madurez va de muy duro a suave.

*Tabla 14. Evolución del color y la firmeza del fruto de Noni durante el proceso de maduración*

<i>Etapas de madurez</i>	<i>Color</i>	<i>Firmeza</i>
<i>1</i>	<i>Verde oscuro</i>	<i>Muy duro</i>
<i>2</i>	<i>Verde-Amarillo</i>	<i>Muy duro</i>
<i>3</i>	<i>Amarillo pálido</i>	<i>Muy duro</i>
<i>4</i>	<i>Amarillo pálido</i>	<i>Bastante duro</i>
<i>5</i>	<i>Translúcido, grisáceo</i>	<i>Suave</i>

*(Chan-Blanco et al., 2006)*

### **7.1.5 Determinación de Acidez titulable y Sólidos Solubles totales (SST)**

La relación entre la acidez y los SST son una de las características químicas que influyen en el sabor de frutas y hortalizas por la combinación entre lo dulce y ácido; los ácidos orgánicos tienden a disminuir a medida que el fruto madura por lo que la relación con los sólidos solubles tiende a aumentar. (López Camelo, 2003)

El fruto de Noni contiene  $0.92 \pm 0.03$  % de ácido acético anhidro por cada 100 g. de pulpa de Noni, tomado en cuenta que el ácido acético como factor debido a su presencia en el fruto, puesto que las frutas son ricas en ácidos orgánicos y solo es un aproximado pues en la determinación no es específica para un ácido. El fruto de Noni tiene un pH de  $4.17 \pm 0.01$ . El contenido de SST es de  $11.33 \pm 0.12$  °Brix a 25 °C.

## 7.1.6 Caracterización Nutricional del Noni

### 7.1.6.1 Vitamina C

La FAO establece que se necesitan hasta 75 mg diarios para que el cuerpo permanezca saturado a plenitud con vitamina C, pero las personas pueden mantenerse saludables con consumos tan bajos como 10 mg por día, por lo que 25 mg/día para adultos, 30 mg/día para adolescentes, 35 mg/día durante el embarazo y 45 mg/día durante la lactancia con cantidades razonables (Latham, 2002); el contenido de ácido ascórbico en el fruto de Noni es de  $20.69 \pm 0.99$  mg de Vit. C/ 100 g. de fruta, por lo tanto es una opción viable para obtener lo requerido nutricional de la dieta diaria.

### 7.1.6.2 Actividad Antioxidante

Se evaluaron 3 solventes en el proceso de extracción de compuestos antioxidantes, mediante dos técnicas de maceración MC y MS, realizándose 5 extracciones:

- JK1: 1 g. de pulpa de Noni por el método MC
- JK2: 2 g. de pulpa de Noni por el método MC
- JK3: 5 g. de pulpa de Noni por el método MS
- JK4: 5 g. de pulpa de Noni por el método MS
- JK5: 5 g. de pulpa de Noni por el método MC

#### ***7.1.6.2.1 Determinación de la actividad antioxidante por DPPH***

La capacidad antioxidante del fruto de Noni se expresó en porcentaje de inhibición ante el radical DPPH, en los extractos JK1, JK2 y JK5 obtenidas mediante la MC diferenciadas por la cantidad de muestra se obtuvieron los siguientes porcentajes  $21.07 \pm 2.42\%$ ,  $30.73 \pm 3.33\%$  y  $28.33 \pm 1.87\%$  de inhibición del radical DPPH respectivamente, siendo el extracto JK2 el de mayor porcentaje, en la se demuestra que los extractos JK2 y JK5 no hay una diferencia estadística significativa ya que si se pesara más de la muestra el porcentaje de inhibición no tendría un cambio significativo en la evaluación de la inhibición del radical por este método de extracción y solventes usados; en cambio el extracto JK1 si muestra una diferencia estadística significativa entre los extractos JK2 y JK5 (Tabla 15).

Los valores de TEAC obtenidos de los extractos de pulpa de Noni fueron: en JK1 de  $15074 \pm 6837.84 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ , en JK2 de  $16041.31 \pm 1397.65 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  que no muestran diferencia estadística significativa entre sí, en cambio el extracto JK5 tiene  $5558.51 \pm 692.95 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  que es menor a las anteriores.

*Tabla 15. Comparación de los extractos JK1, JK2 y JK5 en porcentaje de inhibición del radical DPPH*

<i>Nivel</i>	<i>Significancia</i>	<i>Numero</i>	<i>Media</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Intervalo de confianza 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<i>JK1</i>	<i>B</i>	<i>9</i>	<i>21.07</i>	<i>1.41</i>	<i>18.16</i>	<i>23.99</i>
<i>JK2</i>	<i>A</i>	<i>9</i>	<i>30.73</i>	<i>1.41</i>	<i>27.82</i>	<i>33.65</i>
<i>JK5</i>	<i>A</i>	<i>9</i>	<i>28.33</i>	<i>1.41</i>	<i>25.42</i>	<i>31.24</i>

Al comparar el porcentaje de inhibición de los extractos JK3, JK4 y JK5 se obtuvo que el extracto JK3 tiene un  $71.64 \pm 1.87\%$ , JK4 tiene un  $53.47 \pm 2.62\%$  de inhibición del radical, que se obtuvieron mediante el método MS mientras que el extracto JK5 solo se obtuvo  $28.33 \pm 6.07\%$  como porcentaje de inhibición la cual se extrajo por el método MC, siendo así el Metanol al 80% el solvente que extrajo mejor los compuestos antioxidantes de la pulpa de *Morinda citrifolia* L. mediante el análisis de Tukey-Kramer se comprueba que las soluciones son totalmente diferentes (Figura 20).

Al expresar los resultados en TEAC se obtuvieron que el extracto JK3 tiene  $20668.79 \pm 1402.49 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ , en el extracto JK4 contiene  $14359.66 \pm 600.03 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  y el extracto  $5558.51 \pm 692.95 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ , las tres soluciones son totalmente diferentes entre sí, siendo el Metanol al 80% un buen extractor de antioxidantes respecto a los otros dos solventes.

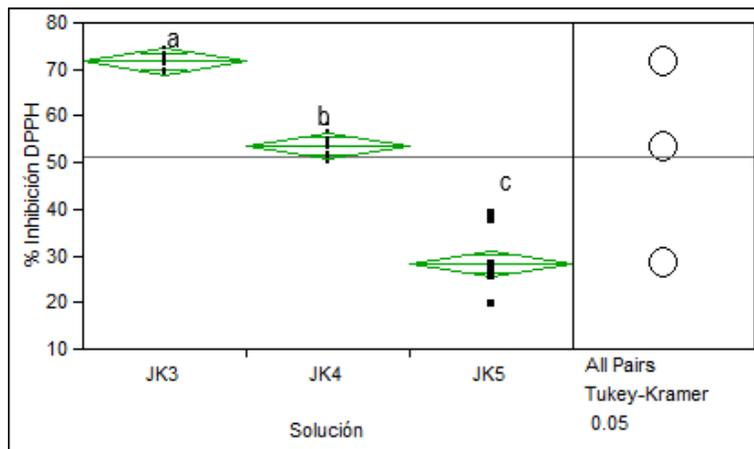


Figura 20. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de los extractos JK3, JK4 y JK5 en la inhibición del radical DPPH Diferencia entre los extractos con un nivel de  $p < 0.05$

#### 7.1.6.2.2 Determinación de actividad antioxidante por ABTS<sup>°+</sup>

Respecto a la actividad antioxidante evaluada con el radical ABTS<sup>°+</sup> el extracto JK5 fue la que obtuvo un mayor porcentaje de inhibición del radical con un  $34.18 \pm 4.15\%$  y JK2 de  $30.48 \pm 4.99\%$  de inhibición en los cuales no hay una diferencia estadística significativa a diferencia del extracto JK1 con  $15.41 \pm 0.1$  en la cual es casi la mitad de las anteriores (Tabla 16).

Expresado como TEAC el extracto JK1 tiene  $20581.1 \pm 145.84 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ , el extracto JK2 de  $21072.9 \pm 3525.9 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  y el extracto JK5  $9439.2 \pm 1170.58 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ . donde solo hay una diferencia estadísticamente significativa entre JK5 respecto a JK1 con  $11141.91 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  y JK2 con  $11633.70 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ .

Tabla 16. Comparación de las extracto JK1, JK2 y JK5 en porcentaje de inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$

Nivel	Significancia	Numero	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
JK1	B	3	15.41	2.16	10.12	20.71
JK2	A	3	30.48	2.16	25.19	35.78
JK5	A	3	34.18	2.16	28.88	39.47

Al comparar las extracciones respecto a los solventes usados el mayor porcentaje de inhibición se obtuvo con el extracto JK3 de  $69.34 \pm 13.14\%$ , siguiéndole el extracto JK4 con  $62.77 \pm 5.87\%$  de inhibición los cuales no muestran una diferencia estadística significativa mientras que el extracto JK5 tiene  $34.17 \pm 4.15\%$  de inhibición diferenciándose significativamente de los otros extractos (Figura 21).

Expresados como TEAC de los extractos JK3, JK4 y JK5 obtenemos  $19415.5 \pm 3716.61 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ ,  $17585.4 \pm 1661.58 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  y  $9439.2 \pm 1170.58 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  respectivamente. El método MS con el solvente de Metanol 80% resulto un buen extractor de compuestos antioxidantes.

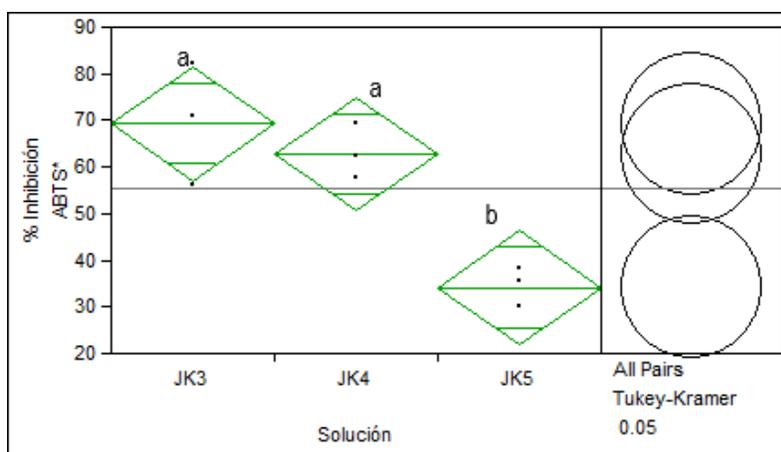


Figura 21. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de los extractos JK3, JK4 y JK5 en la inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$ . Diferencia entre los extractos con un nivel de  $p < 0.05$

### 7.1.6.2.3 Cuantificación de Polifenoles totales

En la cuantificación de polifenoles totales de los extractos de pulpa de Noni, en la Tabla 17 el extracto JK1 contiene la mayor cantidad de compuestos poli fenólicos de  $41.79 \pm 2.37$  mg GAE/100 g, el extracto JK2  $32.17 \pm 6.03$  y el extracto JK5 la menor cantidad con  $14.45 \pm 0.38$  mg GAE/100 g, que fueron extraídos por el método MC; es evidente que a pesar de ser la misma metodología de extracción y solventes usados si hay una influencia respecto a la cantidad de muestra utilizada en la extracción a diferencia de los ensayos con DPPH y ABTS<sup>o</sup>+ mostrando una diferencia estadística significativa.

Tabla 17. Comparación de los extractos JK1, JK2 y JK5 respecto a los mg de GAE en 100 g.

Nivel	Significancia	Numero	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
JK1	A	3	41.79	2.16	36.5	47.09
JK2	B	3	32.17	2.16	26.88	37.47
JK5	C	3	14.45	2.16	9.16	19.75

En la comparación de solventes el extracto con una mayor cantidad de compuestos poli-fenólicos presentes es el extracto JK3 con  $23.01 \pm 2.10$  mg GAE/100 g, el extracto JK4 con  $20.69 \pm 1.41$  mg GAE/100 g que no presenta una diferencia estadística significativa, estos fueron extraídos mediante la metodología MS, el extracto JK5 tiene una menor cantidad de compuestos poli-fenólicos de  $14.45 \pm 0.38$  mg GAE/100 g donde se usó el método MC (Figura 22), en este ensayo se muestra que el método MS y solvente mas eficiente en la extracción es el Metanol 80%, teniendo en cuenta que en la tabla 17 la influencia en la cantidad de muestra utilizada se supone que la cantidad de compuestos poli fenólicos será mayor con una menor cantidad.

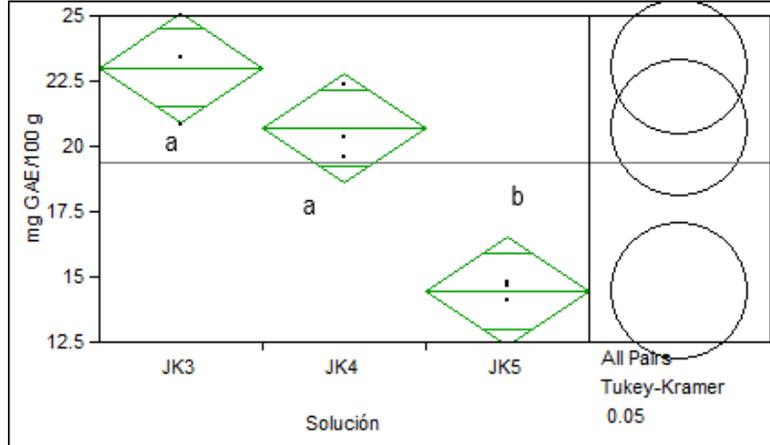


Figura 22. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de extractos JK3, JK4 y JK5 en la cuantificación de compuestos poli-fenólicos. Diferencia entre los extractos con un nivel de  $p < 0.05$

### 7.1.7 Análisis químico proximal del fruto de *Morinda citrifolia* L.

En la Tabla 18 se presentan los resultados de la caracterización químico proximal del fruto de Noni en la madurez de consumo pues es cuando el fruto contiene la mayor cantidad de nutrientes, en comparación con la bibliografía el contenido de fibra, proteína y E.L.N. es mayor a lo reportado por Canales Santamaria 2009.

Tabla 18. Determinación del análisis químico proximal del material de estudio Noni

DETERMINACIÓN	Noni
Humedad (%)	87.80
Materia seca (%)	12.20
Extracto etéreo (%)	0.65
Fibra cruda (%)	13.76
Proteína cruda (%)	7.74
Ceniza (%)	8.48
E.L.N. (%)	69.37

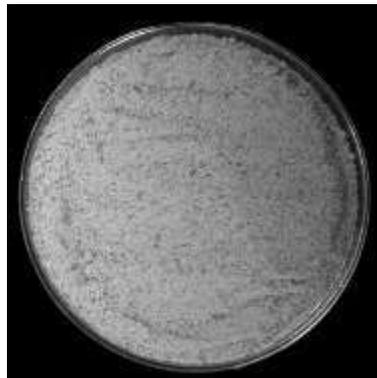
## 7.2 Caracterización del Sorgo blanco

### 7.2.1 Determinación del color en el grano de Sorgo blanco y la harina de Sorgo blanco

El grano de sorgo blanco tiene un Chroma de  $15.70 \pm 0.01$  y un  $^{\circ}H$  de  $71.84 \pm 0.09$  y al interpolarlos en la Escala de Color CIELCH en los Amarillo-Naranja. (Figura 23). El color de la harina de sorgo según la escala se encuentra entre Amarillo-Naranja con un Chroma de  $10.71 \pm 0.02$  y un  $^{\circ}H$  de  $75.06 \pm 0.23$  (Figura 24).



*Figura 23. Grano de Sorgo blanco*



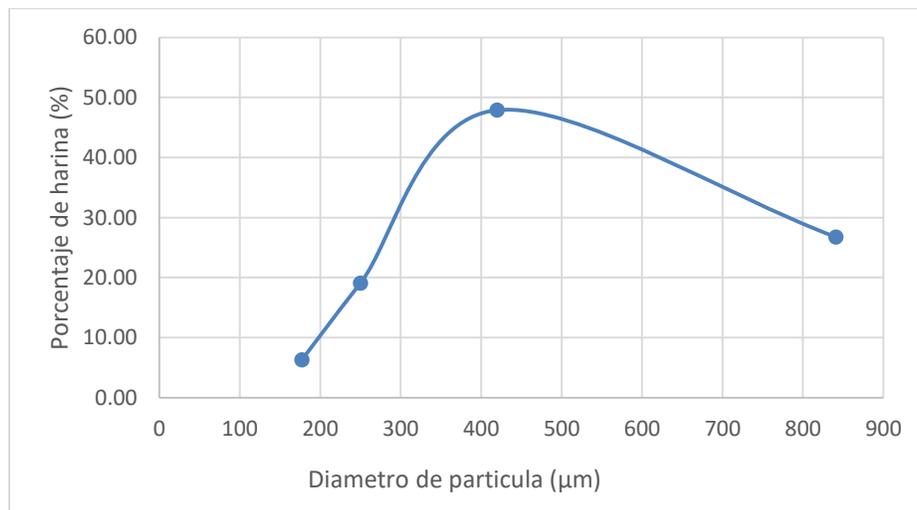
*Figura 24. Harina de Sorgo blanco*

### 7.2.2 Diámetro Medio de Partícula de la Harina de Sorgo blanco

El DMP de la harina de sorgo es de 464.40  $\mu\text{m}$ , es decir que el tamaño de las partículas de la harina es grueso según la clasificación de polvos de la USP; el 48% de la harina tiene un DMP de 420  $\mu\text{m}$  y solo el 7% es considerado harina fina con un DMP de 177  $\mu\text{m}$  (Figura 25).

La USP clasifica el tamaño de partícula de la siguiente forma:

- Muy gruesa >1000  $\mu\text{m}$
- Gruesos >350-950  $\mu\text{m}$
- Fino ligero >180-350  $\mu\text{m}$
- Finos >90-180  $\mu\text{m}$
- Muy finos >90  $\mu\text{m}$



*Figura 25. Relación del tamaño de partícula y el porcentaje de harina de Sorgo respecto al tamaño de partícula*

### 7.2.3 Determinación de acidez titulable

La acidez presente en la harina se debe a la presencia de fosfatos ácidos ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) y a pequeñas cantidades de ácidos orgánicos como el ácido láctico y el fórmico; la acidez nos orienta acerca del estado de conservación de la materia prima pues puede haber cambios debido a una descomposición de las grasas a causa de lipasas, también nos orienta acerca del grado de extracción pues el valor de acidez es diferente en cada

parte del grano, las zonas de las envolturas ricas en minerales y proteínas son las que contienen mayor grado de acidez y el endospermo es el más bajo.

Se obtuvo  $0.12 \pm 0.05\%$  de ácido láctico por cada 100 g y un pH de  $7.36 \pm 0.1$ , al no haber antecedentes acerca de estos datos se concluye que forma parte de la caracterización de la harina de sorgo, para saber cómo afecta la conservación de la harina se podrían hacer varias evaluaciones en diferentes tiempos y condiciones, y así comparar los cambios respecto a su acidez, como se mencionó anteriormente con la acidez se evalúan ciertos estándares de calidad.

## **7.2.4 Caracterización nutricional de la harina de Sorgo blanco**

### **7.2.4.1 Vitamina C**

El sorgo raramente contiene Vit. C, solo algunas especies lo contiene y en cantidades mínimas, al evaluar este parámetro nutricional en la Harina de Sorgo se demuestra que la cantidad es de nula.

### **7.2.4.2 Actividad Antioxidante**

Para la evaluación de actividad antioxidante de la harina de sorgo blanco se usó el método MC para la extracción, se hicieron dos extracciones que difieren de la cantidad de harina usada:

- SA: 1.5064 g de harina de sorgo blanco
- SB: 3.0056 g de harina de sorgo blanco

#### ***7.2.4.2.1 Determinación de la actividad antioxidante por DPPH***

Al solo evaluarse si hay diferencia respecto al peso de la muestra en la extracción se nota que no hay una diferencia estadística significativa entre la solución SA y SB siendo  $10.01 \pm 3.5\%$  de inhibición con  $5013.32 \pm 797.31 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  y  $11.6 \pm 4.4 \%$  de inhibición con  $4871.04 \pm 420.98 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  respectivamente (Figura 26).

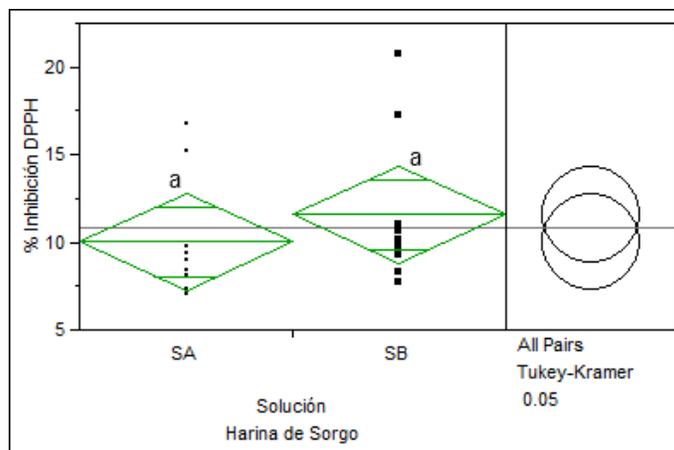


Figura 26. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de SA y SB en la inhibición del radical DPPH. Diferencia entre los extractos con un nivel de  $p < 0.05$

#### 7.2.4.2.2 Determinación de la actividad antioxidante por $ABTS^{\circ+}$

En la inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$  la Figura 27 se muestra como la solución SA tiene  $8.1 \pm 2.04$  % de inhibición y  $6939.58 \pm 1919.51$   $\mu\text{M}$  TEAC/100 g, mientras que la solución SB tiene  $17.7 \pm 2.62$ % de inhibición y  $8000.66 \pm 63$   $\mu\text{M}$  TEAC/100 g existiendo una diferencia estadística significativa entre ambas soluciones influenciada por la cantidad de muestra en la extracción.

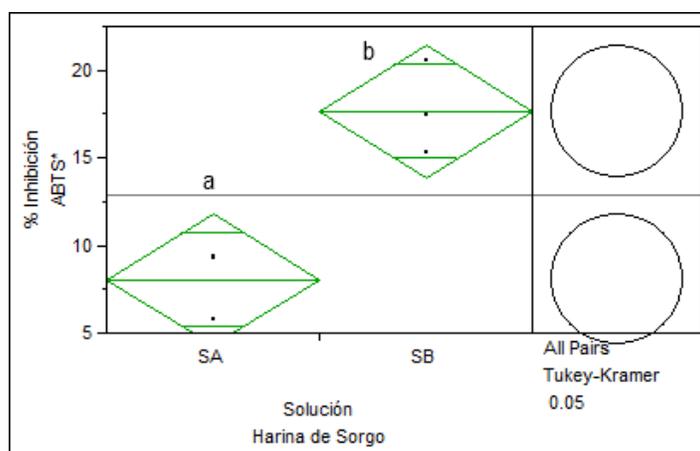


Figura 27. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de SA y SB en la inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$ . Diferencia entre los extractos con un nivel de  $p < 0.05$

### 7.2.4.2.3 Cuantificación de polifenoles totales

En la cuantificación de compuestos poli-fenólicos en la solución SA hubo una mejor extracción de los compuestos pues se obtuvo  $21.71 \pm 0.35$  mg GAE/100 g mientras que en la solución SB solo se extrajo  $14.40 \pm 0.30$  mg GAE/100 g como se muestra en la Figura 28 son soluciones totalmente diferentes.

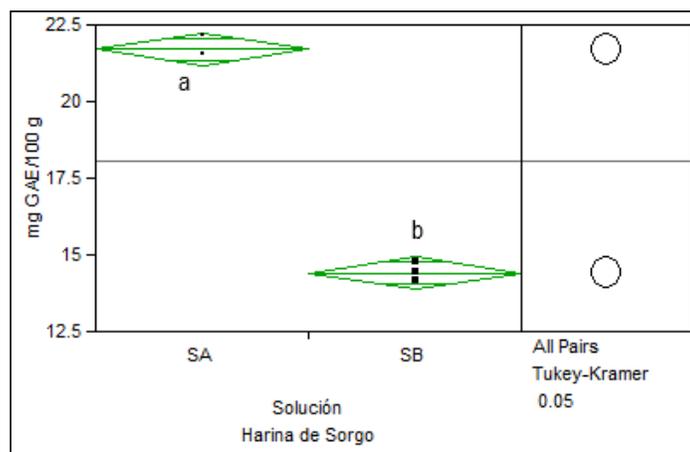


Figura 28. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de SA y SB en la cuantificación de polifenoles totales. Diferencia entre los extractos con un nivel de  $p < 0.05$

### 7.2.5 Análisis químico proximal de la harina de Sorgo blanco

En la siguiente Tabla 19 se muestra el Análisis químico proximal de la caracterización de la harina de Sorgo, los valores obtenidos muestran que tiene una buena cantidad de fibra respecto a otros granos como el maíz, trigo, arroz hasta el sorgo según lo reportado por la FAO, los demás parámetros se encuentran dentro de lo establecido no obstante el sorgo contiene mayor porcentaje en comparación al arroz decortinado.

Tabla 19. Análisis Bromatológico de la Harina de Sorgo Blanco

<i>DETERMINACIÓN</i>	<i>Harina de Sorgo</i>
<i>Humedad (%)</i>	<i>11.40</i>
<i>Materia seca (%)</i>	<i>88.60</i>
<i>Extracto etéreo (%)</i>	<i>2.59</i>
<i>Fibra cruda (%)</i>	<i>11.48</i>
<i>Proteína cruda (%)</i>	<i>9.58</i>
<i>Ceniza (%)</i>	<i>1.31</i>
<i>E.N.L. (%)</i>	<i>75.03</i>

### **7.3 Formulación de la barra tipo snack a base de harina de cáscara de Noni y harina de Sorgo blanco.**

En el presente apartado se muestra el proceso de desarrollo de la barra tipo snack, se elaboró a base de harina de cáscara de Noni y de harina de sorgo blanco, la barra fue adicionada con mermelada formulada a partir de pulpa de Noni como materia mayoritaria pues se usaron guayaba y canela para brindarle un mejor sabor y olor.

#### **7.3.1 Deshidratación de la cáscara**

La cáscara se deshidrato mediante dos procesos: la deshidratación solar y la deshidratación en la estufa, en el primer caso no se tenía un control de la temperatura ya que se depende de la radiación solar, donde varios factores alteraron al producto como la oxidación de la cáscara al tener las cáscaras un color oscuro (pardeamiento enzimático) y por un periodo de tiempo de 10 días; en el segundo método al colocar las cáscaras dentro de la estufa a una temperatura de  $35\pm 2$  °C durante 5 días se obtuvo mejores resultados pues las cáscaras no sufrieron una oxidación, el tiempo fue más corto, se controló perfectamente la temperatura la cual se seleccionó a modo que no fuera demasiado destructivo respecto a sus componentes nutricionales (Figura 29).

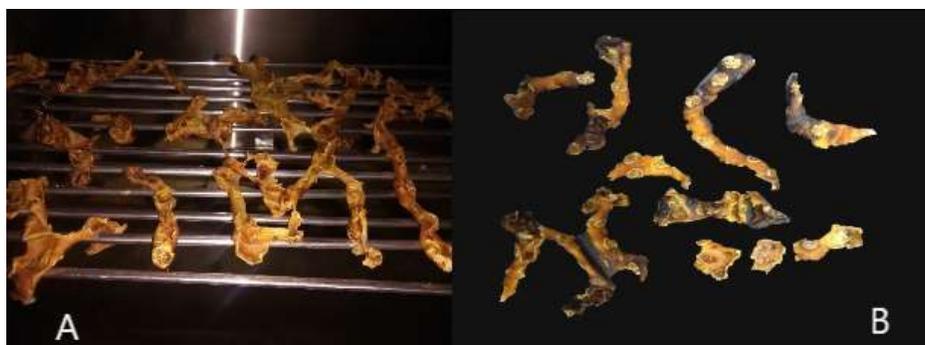


Figura 29. Cascaras deshidratadas estufa (A) y Cascaras deshidratación solar (B)

El rendimiento del secado del fruto de Noni se muestra en la siguiente Tabla 20 con esto se determinó si es viable el usar al fruto de Noni completo para obtener la harina de Noni, por lo tanto se concluyó que no era rentable el deshidratar el fruto completo pues el rendimiento era aproximadamente de un 10- 12 %.

Tabla 20. Rendimiento del fruto de Noni al Deshidratarse por el método de secado en estufa

<i>Pesos (g)</i>	<i>N1</i>		<i>N2</i>		<i>N3</i>		<i>N4</i>	
	<i>Fresco</i>	<i>Seco</i>	<i>Fresco</i>	<i>Seco</i>	<i>Fresco</i>	<i>Seco</i>	<i>Fresco</i>	<i>Seco</i>
<b><i>Fruto completo</i></b>	132.0	-	150.86	-	128.36	-	137.32	-
<b><i>Cáscara del fruto</i></b>	28.30	4.41	28.11	4.17	27.90	4.19	25.73	3.77
<b><i>Pulpa</i></b>	55.17	6.68	75.62	9.58	60.64	7.37	73.24	8.89
<b><i>Semillas</i></b>	34.23	11.57	33.88	11.92	29.45	10.55	31.42	10.30

La Figura 30 muestra como solo se aprovechó el  $15.02 \pm 0.27\%$  de la cáscara, el  $12.27 \pm 1.24\%$  de pulpa y el  $34.4 \pm 0.78\%$  semillas después de su deshidratación. Considerando la gran cantidad de agua en el fruto y el objetivo se usar los desechos del fruto solo se deshidrataron las cáscaras y la pulpa se usó para la formulación de la mermelada, pues el 23.51% le corresponde a las semillas y se usara el 76.49% del fruto para la formulación de la barra.

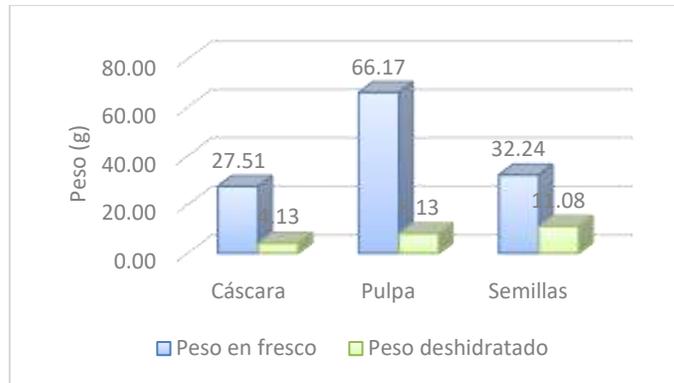


Figura 30. Comparación de pesos de cascara, pulpa y semillas en fresco y deshidratado.

### 7.3.1.1 Diámetro medio de partícula de la harina de cáscara de *Morinda citrifolia* L.

El DMP en la harina de Noni es de 552.55  $\mu\text{m}$ , en la Figura 31 se muestra como el 44% de la harina de cáscara de Noni se encuentra 841  $\mu\text{m}$ , el 37 % en 420  $\mu\text{m}$  que la harina se clasifica como tamaño grueso, y siendo el 12 % clasificado como fino en la totalidad de la alícuota; según la clasificación de la UPS.

La USP clasifica el tamaño de partícula de la siguiente forma:

- Muy gruesa >1000  $\mu\text{m}$
- Gruesos >350-950  $\mu\text{m}$
- Fino ligero >180-350  $\mu\text{m}$
- Finos >90-180  $\mu\text{m}$
- Muy finos >90  $\mu\text{m}$

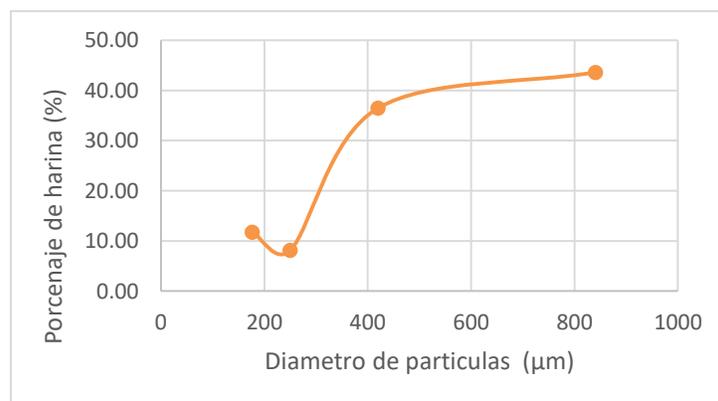


Figura 31. Relación del tamaño de partícula y el porcentaje de Harina de Cáscara de Noni respecto al tamaño de partícula

### 7.3.2 Formulación de la barra a base de harina de cáscara de Noni y harina de Sorgo blanco

#### Materia prima



*Figura 32. Pesado de insumos para la barra*

Para la formulación de la barra de harina de cáscara de Noni y harina de sorgo blanco se emplearon las siguientes materias primas: Harina de sorgo, harina de cáscara de Noni deshidratada, harina de maíz, Huevo, Royal, Levadura, Pectina, Edulcorante con Stevia 0.06 % Savien®, Canela en polvo, Sorbato de Potasio, L- ácido ascórbico, Mantequilla,

Sal y Vainilla (Figura 32).

En la Tabla 21 se presentan las diferentes formulaciones utilizadas con las materias primas seleccionadas que se identificaron con los siguientes códigos:

- B1828: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y canela
- B1956: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni
- B1646: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (3:1)
- B1370: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (1:1)
- B9096: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (1:3)

#### Proceso de elaboración de la barra

Considerando las distintas formulaciones presentadas en el apartado anterior, el proceso de elaboración de las barras general se presenta en la Figura 33



*Figura 33. Diagrama de flujo para formulación de la barra*

### **Mezclado de materias primas**

Para proceder al mezclado de las materias primas, se elaboraron dos masas: En la primera (Masa 1) se llevó a cabo la activación de la levadura para esto se utilizó agua a 32 °C con una cucharada de edulcorante y una pizca de sal se dejó un reposo de 10 min., después se mezcló con el 50% de peso de las harinas manteniendo la misma temperatura hasta obtener una masa homogénea.

Una vez obtenida la masa se llevó a reposo por 30 min. con una temperatura entre 32 – 36 °C (Figura 34).

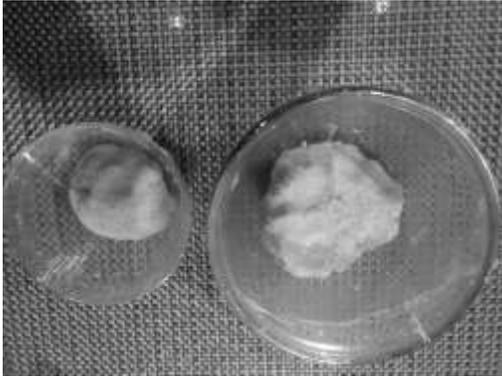


*Figura 34. Mezclado de harinas y levadura activada (masa 1)*

El 50% de harinas restantes se mezclaron con el polvo para hornear Royal® edulcorante, sal, mantequilla, huevo, extracto de vainilla y agua hasta lograr una masa homogénea (Masa 2). Reposo por 30 min a temperatura ambiente (Figura 35).



*Figura 35. Mezcla de insumos de la (masa 2)*



Después del reposo (Figura 36) la masa 1 y masa 2 se mezclaron, se les adiciono: pectina, canela, fibra, el conservador y un antioxidante; se amaso hasta que se incorporaron los ingredientes y se obtuvo una masa homogénea la cual se dejó en reposo por 15 min a temperatura ambiente.

*Figura 36. Reposo de masas*



*Figura 37. Pesado de masa*

### **Formación de la Barra**

Se pesó la masa y se dividió en dos, cada una de las masas se estiraron hasta tener un espesor de 5 mm cada una, cada lamina se colocó sobre papel encerado y a una de ellas se le extendió la mermelada de Noni con espesor de 5 mm, posteriormente se colocó la otra lámina de masa encima de esta, formando así la barra (Figura 37 y 38).



*Figura 38. Láminas de masa y mermelada*

## Horneado

Se horneó a 365 °F por 35 min. y se dejó enfriar para poder cortar las barras 5x12 cm cada una, previamente se marcó el tamaño de la barra para facilitar su corte (Figura 39).



Figura 39. Extendido, horneado y cortado de las barras de Mermelada de Noni y sorgo

Tabla 21. Formulación para la elaboración de barra tipo snack de Noni y Sorgo

<i>Ingredientes</i>	<i>B1828</i>	<i>B1956</i>	<i>B1647</i>	<i>B1370</i>	<i>B9096</i>
<i>Harina de Sorgo</i>	<i>130 g</i>				
<i>Harina de Maíz</i>	<i>130 g</i>				
<i>Mantequilla</i>	<i>123 g</i>				
<i>Huevo</i>	<i>22 g</i>				
<i>Agua</i>	<i>67 g</i>				
<i>Polvo para hornear</i>	<i>5.46 g</i>				
<i>Levadura</i>	<i>3.64 g</i>				
<i>Edulcorante</i>	<i>13 g</i>				
<i>Pectina</i>	<i>13 g</i>				
<i>Sorbato de potasio</i>	<i>0.4 g</i>				
<i>L-ácido ascórbico</i>	<i>0.2 g</i>				
<i>Extracto de vainilla</i>	<i>0.5 mL</i>	<i>1.5 mL</i>	<i>1.5 mL</i>	<i>1.5 mL</i>	<i>1.5 mL</i>
<i>Canela</i>	<i>5 g</i>	<i>1 g</i>	<i>1 g</i>	<i>1 g</i>	<i>1 g</i>
<i>Sal</i>	<i>0.5 g</i>				
<i>Mermelada</i>	<i>150 g</i>				
<i>Fibra</i>	<i>15 g</i>				

### 7.3.3 Formulación de mermelada de Noni

Para la formulación de la mermelada de Noni se tomaron en cuenta las siguientes formulaciones:

- Pulpa de Noni (NN)
- Pulpa de Noni con Pulpa de Guayaba (1:1, 3:1, 1:3) (NG1, NG2, NG3)
- Pulpa de Noni con Canela (NC)

Se realizaron 5 barras que se distinguieron por su relleno de mermelada (NN, NG1, NG2, NG3, NC), la base de la masa para la barra se realizó con el 50:50 de Harina de Sorgo:Harina de maíz. En el siguiente diagrama se muestran las operaciones unitarias para la formulación de las mermeladas (Figura 40).

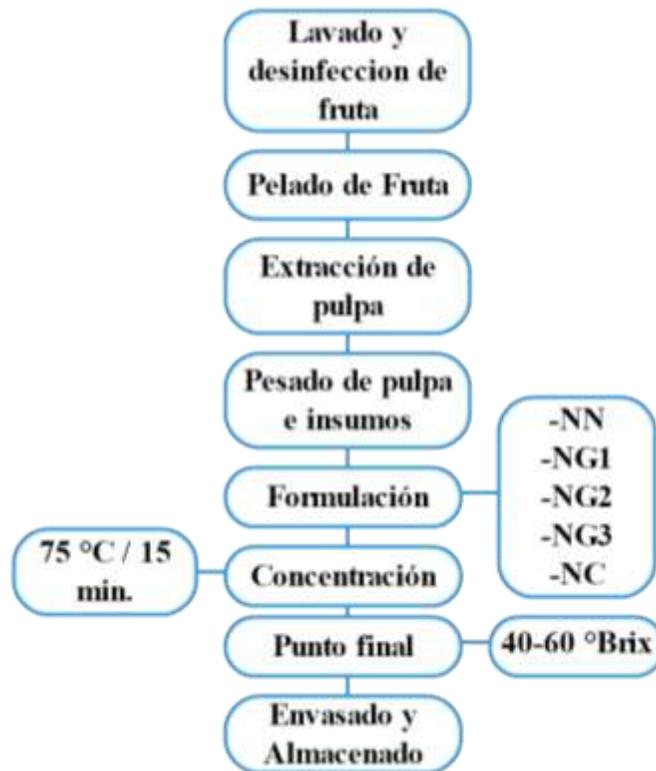


Figura 40. Diagrama de operaciones para la elaboración de mermelada

Como se mencionó anteriormente se formularon 5 mermeladas diferentes, manejando la pulpa de Noni, pulpa de guayaba y canela para probar cuál de las combinaciones sería la preferida para público ya que la fruta de Noni se caracteriza por su olor y sabor

tratando así que se enmascare el olor y sabor con el uso de la guayaba en distintas concentraciones y la canela; las proporciones se especifican en la Tabla 22.

El lavado y desinfección de la fruta de Noni y guayaba se menciona en el punto 6.2, una vez retirada la cascara del Noni se procesó en el extractor obteniendo la pulpa, la guayaba también se procesó en el extractor; se llevó a cabo el pesaje de los insumos y pulpas.

Se mezclaron las cantidades correspondientes de pulpa para pasar al proceso de cocción para romper los tejidos celulares de la fruta, unificar la pectina contenida en el fruto, se adiciono el edulcorante paulatinamente mezclando y se checo el pH que se encontró entre 4 y 5 agregándole ácido cítrico hasta un pH de 3 el cual nos ayuda a la extracción de la pectina de los tejidos celulares, unifica la glucosa y la clarifica, al final se adiciono L-ascórbico y el Sorbato de potasio, la cocción se mantuvo a una temperatura de 75 °C por 15 min. obteniendo una consistencia untable y se midieron los °Brix. Envasando y almacenando hasta su uso.

*Tabla 22. Cantidad de insumos para la elaboración de mermelada*

<i>Insumos (g)</i>	<i>NN</i>	<i>NG1</i>	<i>NG2</i>	<i>NG3</i>	<i>NC</i>
<i>Pulpa de Noni</i>	<i>300</i>	<i>150</i>	<i>225</i>	<i>75</i>	<i>300</i>
<i>Pulpa de Guayaba</i>	<i>-</i>	<i>150</i>	<i>75</i>	<i>225</i>	<i>-</i>
<i>Canela (baritas)</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>7.5</i>
<i>Edulcorante</i>	<i>180</i>	<i>165</i>	<i>165</i>	<i>165</i>	<i>180</i>
<i>Ácido cítrico</i>	<i>1.4</i>				<i>1.4</i>
<i>Sorbato de Potasio</i>	<i>0.31</i>	<i>0.31</i>	<i>0.31</i>	<i>0.31</i>	<i>0.28</i>
<i>L-ascórbico</i>	<i>0.15</i>	<i>0.15</i>	<i>0.15</i>	<i>0.15</i>	<i>0.15</i>

Se utilizó un edulcorante que contiene dextrosa, azúcar y Stevia 0.06% Savien®, L-ascórbico como protector de antioxidantes, Sorbato de potasio como conservador y ácido cítrico para regular el pH, siguiendo la normativa de CODEX-STAN-079-1981 Norma del CODEX para Compotas (Conservas de frutas) y Jaleas, y CODEX-STAN-296-2009 la Norma del CODEX para las Confituras, Jaleas y Mermeladas (Tabla 23, Figura 41), el pH de cada una de las mermeladas se encuentra dentro de la normativa la acidez influye durante el proceso y también funciona como un método de conservación, los SST según lo marcado por CODEX-STAN-296-2009 respecto a las especificaciones del punto 3.2 los productos terminados deben tener entre el 40 - 65 % o menos SST, por lo cual cumple el requisito, la medición de este parámetro indica que se llegó al punto de gelificación y la cantidad de SST presentes en la mermelada.

*Tabla 23. Parámetros evaluados en cada una de las formulaciones de la mermelada de Noni*

	<i>NN</i>	<i>NG1</i>	<i>NG2</i>	<i>NG3</i>	<i>NC</i>
<i>pH</i>	<i>3-4</i>	<i>3-4</i>	<i>3-4</i>	<i>3-4</i>	<i>3-4</i>
<i>°Brix</i>	<i>55.8</i>	<i>57.4</i>	<i>52.2</i>	<i>53.6</i>	<i>53.4</i>



*Figura 41. Insumos para la Mermelada*

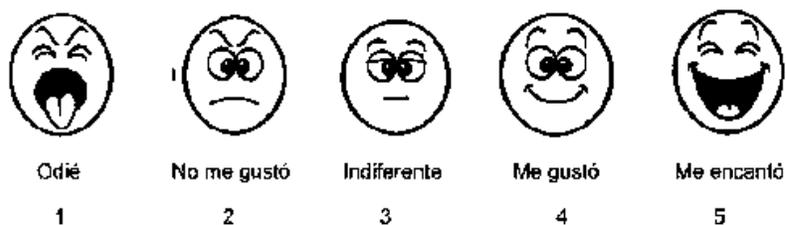
Finalmente, cabe destacar que de acuerdo con las formulaciones de mermeladas desarrolladas, se elaboraron 5 barras rellenas (NN, NG1, NG2, NG3, NC), las cuales fueron evaluadas sensorialmente para seleccionar la barra de mayor preferencia.

#### **7.3.4 Análisis sensorial de las formulaciones de barras rellenas de mermelada de Noni.**

Para el análisis sensorial se organizó un panel de 45 jueces aleatorios no entrenados en un rango de edad de 18 a 30 años en ambos sexos para compararlas. Se aplicó el test de preferencia que evalúa distintos atributos sensoriales para seleccionar dos barras rellenas de mermelada de mayor preferencia, posteriormente con ambas barras se diseñó otro test donde se evaluó el nivel de agrado de ambas barras para seleccionar las de mayor preferencia. Lo anterior con base en la hoja de evaluación presentada en el apartado 6.9.

Se evaluaron los atributos de Sabor, Dulzor, Textura, Color y Olor; con una escala hedónica (Figura 42). Para identificar cada una de las barras formuladas se utilizó una tabla de números aleatorios para que no influya en la decisión de los panelistas, los códigos fueron:

- B1828: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y canela
- B1956: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni
- B1646: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (3:1)
- B1370: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (1:1)
- B9096: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (1:3)



*Figura 42. Escala hedónica*

## Sabor y Dulzor

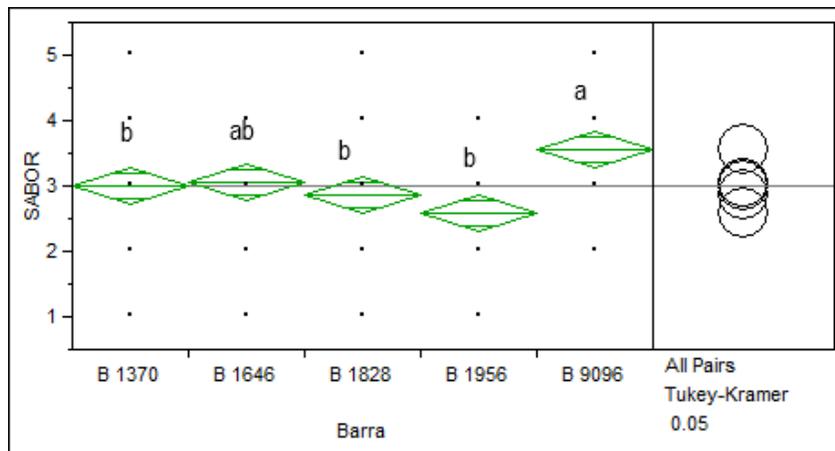
El sabor es un conjunto complejo de propiedades olfativas y gustativas percibidas en la degustación, pueden estar influidas por las propiedades táctiles, térmicas, álgicas y cenestésicas, se identifican las diferentes sustancias químicas que se encuentran en los alimentos, las sensaciones sápidas primarias son: dulce, ácido, salado, amargo y umami.

Los botones gustativos se alojan en toda la lengua, las sustancias químicas de los alimentos se disuelven en la saliva y entran en contacto con las células gustativas (no están afinadas para un único tipo de estímulo gustativo) donde hay una interacción través de receptores y con proteínas poriformes, los canales iónicos, que desencadenan cambios eléctricos estimulando la emisión de señales químicas que se traduce en impulsos enviados al cerebro. El origen de las señales yace en la concentración de átomos dotados de carga eléctrica o iones, las células gustativas presentan en reposo una carga neta negativa en su interior y positiva en su exterior, entonces las sustancias químicas de los alimentos modifican las concentraciones a través de distintos mecanismos incrementando la carga positiva en las células y resultando la despolarización, enviando neurotransmisores a las neuronas. (Smith and Margolskee, 2001)

Los sabores ácidos y salados interactúan con las células gustativas mediante su paso por canales iónicos; los estímulos dulces, amargos y aminoácidos (umami), se unen a receptores del complejo proteína G ( $\alpha, \beta, \gamma$ ) y segundos mensajeros, en los estímulos dulces indirectamente se cierran los canales de potasio y en los estímulos amargos la liberación de iones calcio, para el umami aún no se conocen con certeza el intermediario entre los segundos mensajeros y la liberación de neurotransmisores. (Smith and Margolskee, 2001)

En la Figura 43 la respuesta de los 45 panelistas en la evaluación del atributo de sabor la barra de mayor preferencia fue la barra B9096 el valor dado fue de  $3.56 \pm 0.84$  que se

encuentra según la escala hedónica entre la “indiferencia y gustar”, mientras que la barra B1956 fue la que obtuvo el valor más bajo como “no me gusto”, podemos ver como la barra B9096 solo tiene una similitud con la barra B1646 y es distinta de las demás barras, mientras que B1646 no muestra una diferencia estadística significativa entre B1370, B1828 y B1956. Por lo tanto se puede decir que para los panelistas respecto al sabor les es indiferente a excepción de la barra B9096 que les gusto.



*Figura 43. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Sabor entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de  $p < 0.05$*

Respecto al atributo de dulzor la barra B9096 les resulto más agradable mientras que el resto de las barras en el dulzor les resulto “indiferente”, en la Figura 44 se muestra como se encuentran con valores de 3, donde la barra B9096 es diferente de la barra B1956 mientras que las barras B1370, B1646 y B1828 no muestran una diferencia significativa con las barras B9096 y B1956.

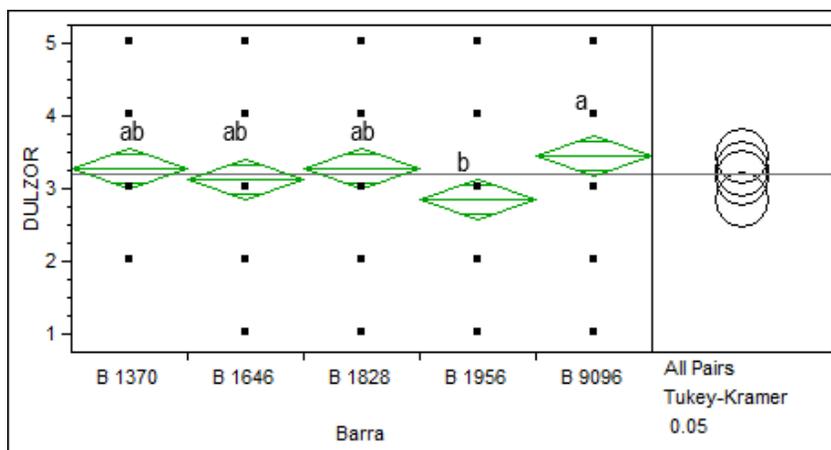


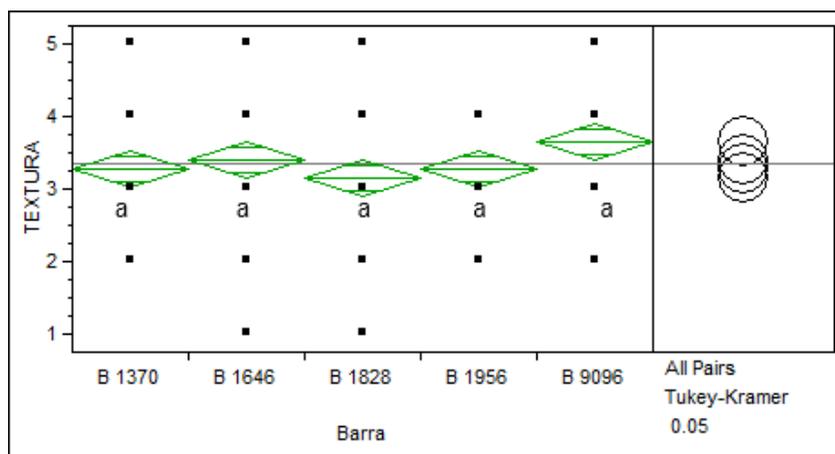
Figura 44. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Dulzor entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de  $p < 0.05$

## Textura

Es una característica del estado sólido de un producto cuyo conjunto es capaz de estimular los receptores mecánicos de la boca durante la degustación; la textura del producto se valora por el esfuerzo mecánico no solo total sino el tipo y que viene dado por el consumo de ATP necesario para el enclavamiento-desenclavamiento actina-miosina. (Elearning S. L., 2014)

En la norma ISO 5492:2008 la textura hace referencia a todos los atributos mecánicos, geométricos, de cuerpo y de superficie de un producto perceptible a través de los receptores cenestésicos y somáticos y/o visuales y auditivos desde el primer bocado hasta la deglución final. Atributos mecánicos: los relacionados con la reacción de un producto a un esfuerzo (dureza, la cohesión, la viscosidad, la elasticidad y la adherencia); atributos geométricos: aquellos relacionados con el tamaño, forma y disposición de las partículas del producto (densidad, granulosidad y conformación); atributos de superficie: relacionados con las sensaciones producidas en la boca por la humedad y/o grasa, sobre y cerca de la superficie del producto; atributos de cuerpo: relacionados con las sensaciones producidas en la boca por la humedad y/o grasa presentes en la masa del producto y la forma en que se liberan estos constituyentes. (AENOR, 2010)

En la Figura 45 se muestra como las 5 formulaciones de la barra son similares estadísticamente, referente a los comentarios de los panelistas algunos les pareció agradable la textura granulosa que tenían las barras, mientras que a otros sugieren que sea menos granulosa, se puede concluir que en el atributo de textura se encuentre entre “me gusta” y la “indiferencia”, la barra B9096 es la de mayor preferencia y la barra B1828 la menos preferida.



*Figura 45. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Textura entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de  $p < 0.05$*

### Color

El color es la cualidad de la sensación provocada en la retina de un observador por las ondas luminosas de  $\lambda$  entre 380 - 760 nm, resultado de la interacción de la luz en la retina y un componente físico que depende de las características de la luz (tono o matiz, la saturación o pureza, luminosidad o brillo). El tono se refiere a aquella característica que permite clasificar un color como rojo, verde o azul y depende de la  $\lambda$  dominante de la luz; la saturación describe la intensidad con la que el color se separa del gris neutro y se acerca a un color puro del espectro (pureza de cualquier color del espectro es del 100% y la pureza del blanco es cero); la luminosidad es la característica de una sensación de color que la hace equivalente a la producida por algún elemento de la escala de grises (blanco al negro). Los colores pueden ser

acromáticos (blanco, negro y gris) o cromáticos (azul, rojo, amarillo y verde). (Sancho et al., 1999)

Respecto al color la barra B9096 es la más atractiva a la vista por los panelistas y la barra B1370 resulta menos atractiva a los panelistas, también en la Figura 46 se puede ver como las barras B9096 y B1828 parecen ser similares estadísticamente y las barras B1370, B1646 y B1956 tienen una diferencia estadística significativa con las dos barras anteriores pero similares entre sí.

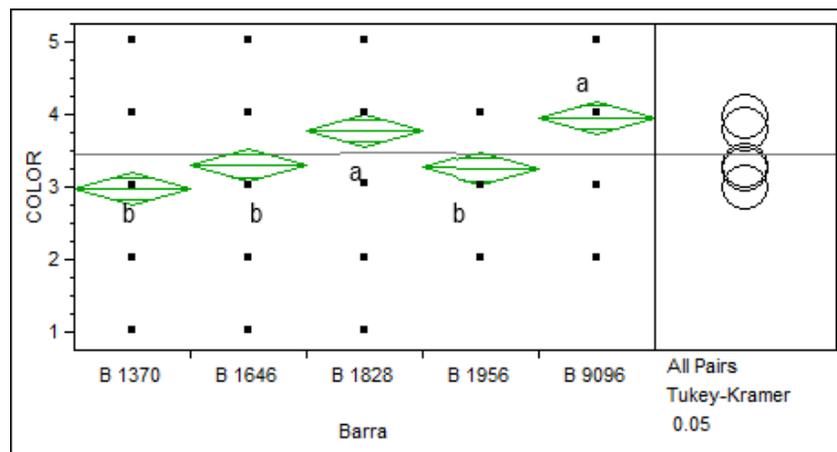


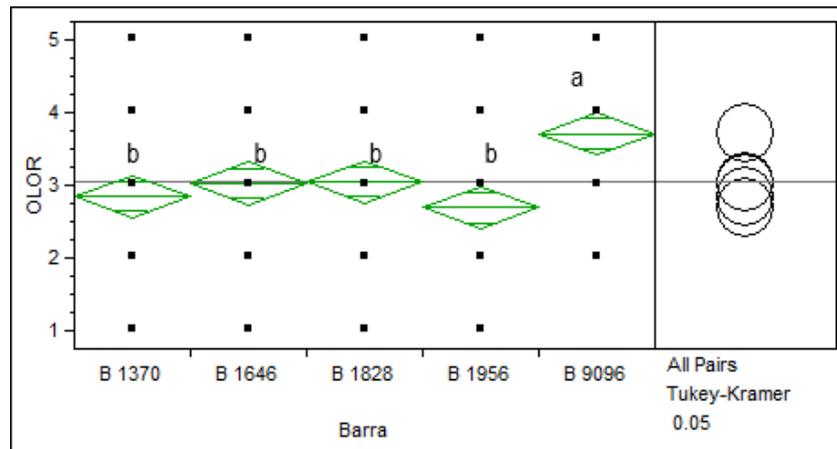
Figura 46. Análisis estadístico comparativo de la evaluación del atributo de Color entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de  $p < 0.05$

## Olor

El olor son sustancias volátiles y para poder definirlo hay que relacionarlo con un alimento o compuesto determinado en que se presenta como característico; el flavor de un alimento está claramente influido por la presencia decisiva de uno o dos compuestos, se detectan durante la masticación y se difunde en la mucosa del paladar y la faringe a través de la vía retro nasal. Se sabe que las células olfatorias se encuentran en la cavidad nasal, donde son percibidos los olores en fase gaseosa, las sensaciones olfativas no son fijas ni duraderas.

Referente al olor que se puede ver que no hay diferencia estadística significativa entre las barras B1370, B1646, B1828 y B1956 evaluadas como “indiferente” mientras que

con la barra B9096 hay una diferencia significativa en donde a los panelistas les “gusto” su olor, la barra B1956 que fue la que menos les gusto el olor (Figura 47).



*Figura 47. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de atributo de Olor entre las barras formuladas. Diferencia con un nivel de  $p < 0.05$*

En la Figura 48 se muestra un gráfico que representa ampliamente la similitud y diferencias de las barras respecto a los atributos evaluados, eligiendo la barra B9096 que es la preferida por los panelistas y la barra B1828 la cual le sigue en preferencia en sabor y dulzor ya que estos dos factores son importantes para la aceptabilidad del producto, se seleccionó también debido al relleno de la barra y tomando en cuenta los comentarios de la mayoría de los panelistas, del mismo modo nos muestra en que atributos son deficientes y así hacer las modificaciones necesarias para mejorar las barras.

En la Figura 49 se muestran los resultados de la aceptabilidad de las barras, el 71% los panelistas eligieron la barra B9096 fue la preferida, el 37% de panelistas considero la barra B1828 como la segunda en preferencia; esto influyo en la elección para la segunda ronda de evaluación sensorial.

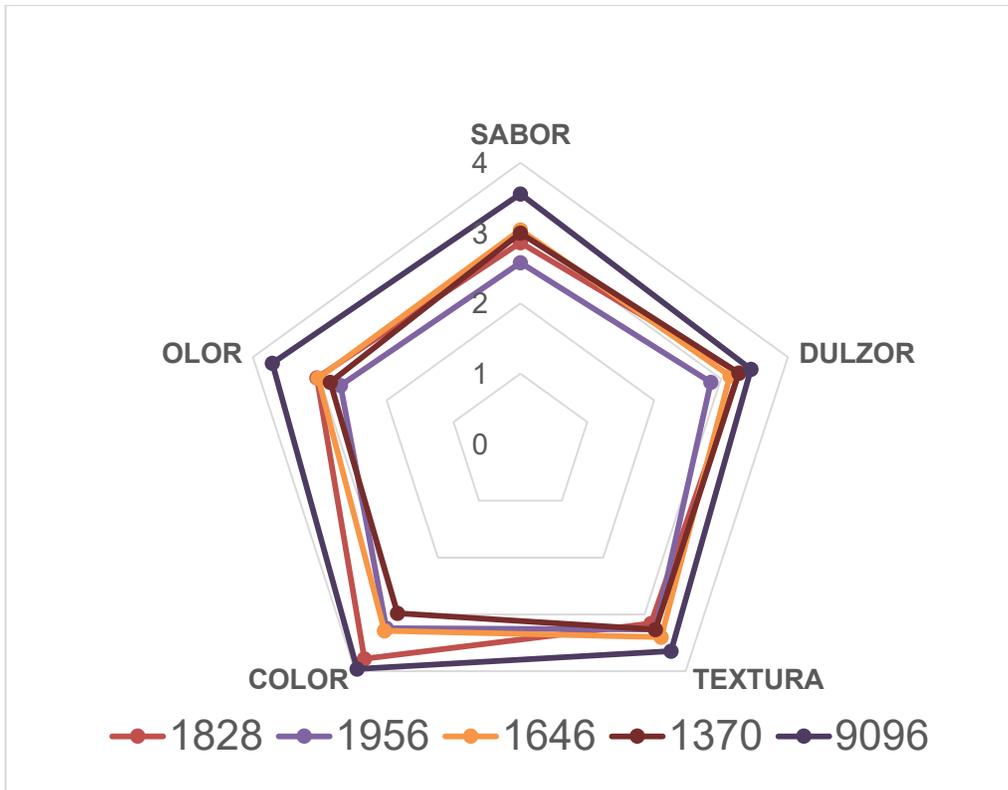


Figura 48. Comparación de las barras respecto a los atributos de sabor, dulzor, textura, color y olor.

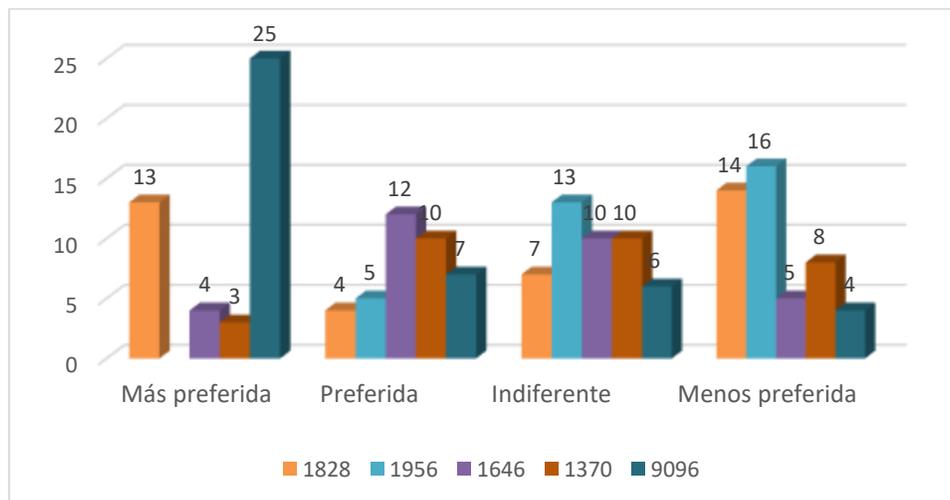


Figura 49. Preferencia de las barras 1828, 1956, 1646, 1370 y 9096 respecto al nivel de agrado

Se seleccionaron dos de las barras que fueron las barras B9096 y B1828, estas son las preferidas por los panelistas a las cuales se les modificaron algunos aspectos como el tamaño de partícula de la harina de sorgo y la harina de Noni, moliéndola más con la ayuda de la licuadora mejorando así la granulosis de la barra, a la B1828 se agregó solo 5 g. más de pectina para poder darle más estabilidad y esponjosidad a la masa y además se adicione 1 mL de extracto de vainilla y 1.5 g de canela en polvo en el mezclado de la masa 2, para mejorar el color se usó un barniz de huevo con leche el cual se puso en la superficie de las barras antes de hornear y así darle un color brillante y dorado, los demás ingredientes y metodología se muestran en el apartado 7.3.2, se montó un panel de 45 personas no entrenadas y aleatorias en un rango de edad de 18 a 30 años en ambos sexos para compararlas, para identificar las barras se usaron los códigos:

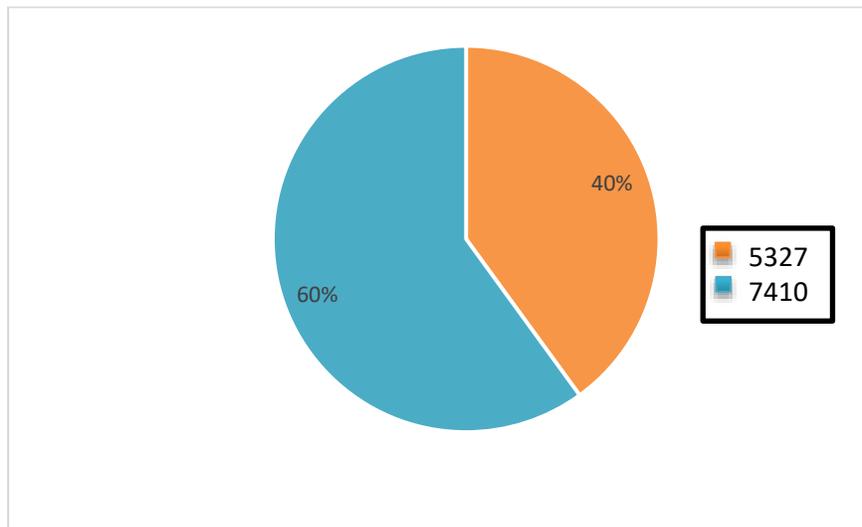
- B5327: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y guayaba (1:3)
- B7410: barra de Noni y sorgo con mermelada de Noni y canela

En la Tabla 24 muestra como el panel prefirió la barra B7410 siendo la mejor barra en todos los atributos evaluados (Sabor, Dulzor, Textura, Color y Olor) pero no hay una diferencia estadística significativa con la barra B5327, el error estándar de las evaluaciones se encuentra entre 0.15 y 0.11 el cual representa la probabilidad de que se obtengan estos resultados en pruebas futuras en las barras.

*Tabla 24. Análisis estadístico one-way ANOVA y Tukey-Kramer HSD de la evaluación del atributo de Sabor, Dulzor, Textura, Color y Olor*

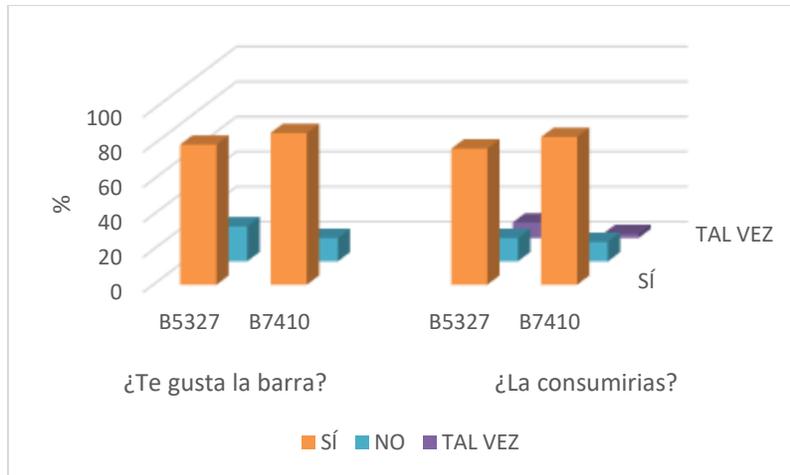
<i>Nivel</i>	<i>Sabor</i>	<i>Dulzor</i>	<i>Textura</i>	<i>Color</i>	<i>Olor</i>
	<i>Std Error</i>				
	<i>0.15157</i>	<i>0.14075</i>	<i>0.13380</i>	<i>0.11035</i>	<i>0.15469</i>
<b><i>B5327</i></b>	<i>3.00 a</i>	<i>3.20 a</i>	<i>3.31 a</i>	<i>3.82 a</i>	<i>3.31 a</i>
<b><i>B7410</i></b>	<i>3.42 a</i>	<i>3.51 a</i>	<i>3.49 a</i>	<i>3.91 a</i>	<i>3.44 a</i>

En la evaluación del producto al comparar las dos barras seleccionadas se determinó que el 60% de los panelistas prefieren la barra B7410 y solo un 40% la barra B5327 (Figura 50), donde al mejorar la formulación de la barra B7410 supero el agrado respecto a la barra B5327 la cual obtuvo la mayor preferencia en la primera evaluación, aunque como se mencionó anteriormente no hay una diferencia estadística significativa entre ambas.



*Figura 50. Preferencia de las Barras B7410 y B5327*

Se le pregunto a los panelistas si les gustaron las barras, para la barra B7410 el 86.7% si les gusto la barra, el 13.3% dijo que no les gusto; la barra B5327 el 80% si les gusto la barra mientras que al 20% no les gusto. También se les cuestiono si estuviera en venta si la consumirían obteniendo como respuesta para la barra B5327 el 77.8% dijo que si, el 13.3% no y el 8.9% talvez, mientras que para la barra B7410 el 84.4% dijo que si, el 11.1% no y el 2.2% talvez siendo esta barra la de mayor preferencia para el consumidor si saliera al mercado (Figura 51).



*Figura 51. Respuesta del consumidor a la evaluación de preferencia de las barras B5327 y B7410*

La barra seleccionada para las evaluaciones nutricionales es la barra B7410 la cual fue seleccionada por los panelistas como la de mejor en los atributos evaluados y en su preferencia si saliera al mercado, no obstante la barra B5327 tuvo una buena aceptación.

## 7.4 Características de la Barra de Noni

### 7.4.1 Determinación del color de la barra de Noni

La barra de Noni B7410 tiene un Chroma de  $20.01 \pm 0.02$  y un ángulo de  $^{\circ}H$  de  $71.26 \pm 0.02$ , interpolándose estos resultados en la escala CIELCH se encuentra entre los Amarillos-Naranjas, el barnizado previo al horneado le dio una apariencia dorada y brillante lo cual resulta atractivo para el panelista (Figura 52).



*Figura 52. Barra B7410*

## **7.4.2 Caracterización nutricional de la Barra de Noni**

La barra de Noni B7410 se le evaluaron las propiedades nutricionales, vitamina C y la actividad antioxidante para esta se llevó a cabo la extracción de los compuestos con la metodología mencionada en el apartado 6.6, se compararon los resultado con los apartados correspondientes en cada determinación.

### **7.4.2.1 Vitamina C**

En la cuantificación de la Vitamina C en la barra de Noni B7410 contiene  $1.13 \pm 0.011$  mg Vit. C/ 100 g conservándose solo el 5.4% del encontrado en el fruto de Noni en fresco (apartado 7.1.6.1), se concluye que la perdida de Vit. C se debe al procesamiento que obtuvo la pulpa en la elaboración de la mermelada y al horneado de la barra, se consideraría la barra como complementario en la dieta en el aporte de Vit. C.

### **7.4.2.2 Actividad Antioxidante**

Al igual que los extractos del fruto de Noni se evaluó la extracción con los solventes y diferentes de pesos de barra para realizar la comparación con los resultados del apartado 7.1.6.2 y 7.2.4.2. Cada extracto se identificó con los siguientes códigos:

- BN1: 1 g. de barra de Noni B7410 por el método MC
- BN2: 2 g. de barra de Noni B7410 por el método MC
- BN3: 5 g. de barra de Noni B7410 por el método MS
- BN4: 5 g. de barra de Noni B7410 por el método MS
- BN6: 5 g. de barra de Noni B7410 por el método MC

#### ***7.4.2.2.1 Determinación de la actividad antioxidante por DPPH***

En la Tabla 25 se muestran los porcentajes de inhibición obtenidos de las soluciones BN1, BN2 y BN6 los cuales solo difieren en la cantidad de muestra usada en la extracción que se llevó acabo por MC comparando así su influencia en la inhibición del radical DPPH, donde se obtuvo el  $60.82 \pm 8.34$  % de inhibición en la solución BN6 el cual tiene una diferencia estadísticamente significativa de 43.36% y 39.86% respectivamente a las soluciones BN1 y BN2; le sigue en porcentaje el solución BN2

con un  $20.95 \pm 5.2\%$  de inhibición y el solución BN1 con  $17.45 \pm 2.93\%$  de inhibición del radical estos dos extractos no muestran una diferencia estadística significativa. Interpolando los resultados en la curva de calibración con TROLOX se tiene que BN1 contiene  $16003.5 \pm 1370.61 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ , BN2 contiene  $14971.2 \pm 946.45 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$  y en BN6 contiene  $22414.6 \pm 965.59 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ .

*Tabla 25. Comparación de las soluciones BN1, BN2 y BN6 en porcentaje de inhibición del radical DPPH*

<i>Nivel</i>	<i>Significancia</i>	<i>Numero</i>	<i>Media</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Intervalo de confianza 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<i>BN1</i>	<i>B</i>	<i>9</i>	<i>17.45</i>	<i>1.98</i>	<i>13.38</i>	<i>21.53</i>
<i>BN2</i>	<i>B</i>	<i>9</i>	<i>20.95</i>	<i>1.98</i>	<i>16.87</i>	<i>25.02</i>
<i>BN6</i>	<i>A</i>	<i>9</i>	<i>60.82</i>	<i>1.98</i>	<i>56.74</i>	<i>64.89</i>

Al comparar las soluciones por los solventes utilizados en la extracción y metodología se puede ver como la solución BN6 tiene el mayor porcentaje de inhibición con  $60.82 \pm 8.34\%$  y  $22414.6 \pm 965.59 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ ., la solución BN3 tiene un  $48.1 \pm 1.82\%$  de inhibición y  $12904.9 \pm 1546.40 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ . y la de menor porcentaje es la solución BN4 con un  $41.9 \pm 3.52\%$  y  $11775.7 \pm 1738.57 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ . No hay una diferencia estadísticamente significativa entre las soluciones BN3 y BN4 en cambio sí la hay una diferencia con la solución BN6 (Figura 53). También se puede ver como los solventes y la metodología MC extrae mejor los compuestos en el caso de la barra de Noni ya que en el caso del extracto del fruto de Noni el mejor solvente y metodología fue MS con metanol 80%.

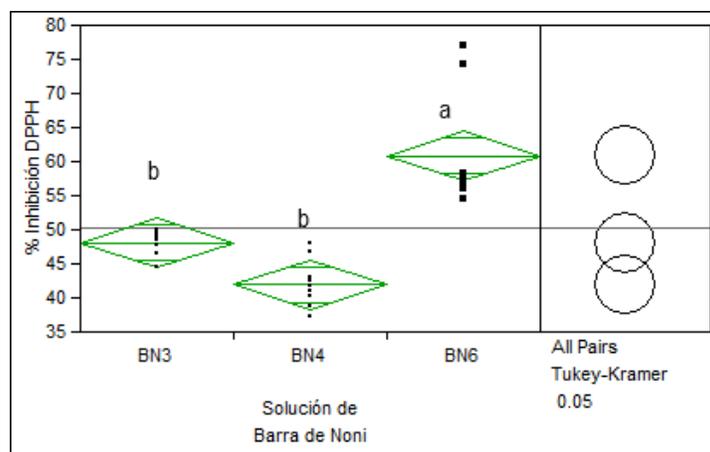


Figura 53. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de solventes BN3, BN4 y BN6 en la inhibición del radical DPPH. Diferencia entre las soluciones con un nivel de  $p < 0.05$

#### 7.4.2.2.2 Determinación de Actividad Antioxidante por ABTS<sup>°+</sup>

En la comparación de las diferentes cantidades de muestra en la extracción de las soluciones de la barra de Noni por el mismo método MC se puede ver en la Tabla 26 como la solución BN6 tiene el mayor porcentaje de inhibición del radical ABTS<sup>°+</sup> con un  $77.13 \pm 16.84\%$  y  $21595.6 \pm 4756.42 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ , la solución BN2 muestra un  $28 \pm 4.70\%$  inhibición y  $17.994.3 \pm 3096.47 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ . y la de menor porcentaje es la BN1 con un  $14.02 \pm 6.57\%$  y  $16162.6 \pm 7954.27 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g}$ . Las soluciones BN1 y

Tabla 26. Comparación de las soluciones BN1, BN2 y BN6 en porcentaje de inhibición del radical ABTS<sup>°+</sup>

Nivel	Significancia	Numero	Media	Error estándar	Intervalo de confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
<b>BN1</b>	<i>B</i>	3	14.02	6.23	-1.22	29.25
<b>BN2</b>	<i>B</i>	3	28.00	6.23	12.77	43.23
<b>BN6</b>	<i>A</i>	3	77.13	6.23	61.90	90.36

BN2 no muestran diferencia estadística significativa pero si la hay con la solución BN6.

Al comparar la metodología y solventes en la inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$  la solución BN6 obtuvo el mayor porcentaje con  $77.13 \pm 16.84\%$  de inhibición y  $21595.6 \pm 4756.42 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g.}$ , le sigue la solución BN3 con un  $60.61 \pm 6.51\%$  de inhibición y  $16969.5 \pm 1843.03 \mu\text{M TEAC}/100 \text{ g.}$  y la solución BN4 con  $60.35 \pm 11.88\%$  de inhibición y  $16656.4 \pm 3314.57 \mu\text{M TEAC}/100$ . No hay una diferencia estadística significativa entre las tres soluciones (Figura 54), el método y solvente que mejor extrajo los compuestos fue MC, comparando con el extracto de Noni el mejor método fue MS y metanol 80% como solvente.

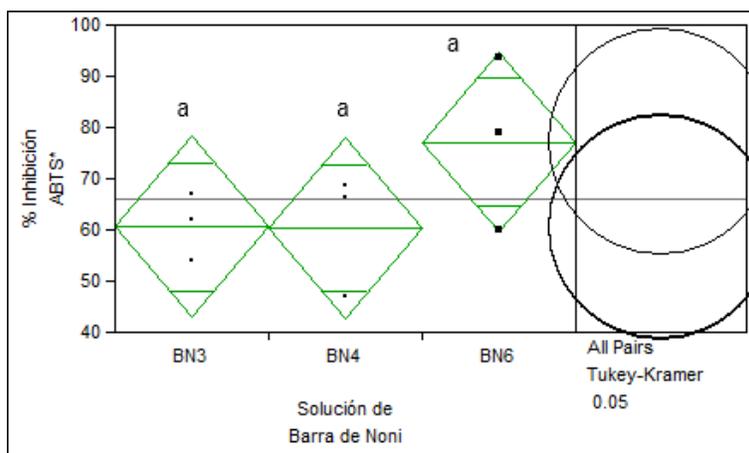


Figura 54. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de solventes BN3, BN4 y BN6 en la inhibición del radical  $ABTS^{\circ+}$ . Diferencia entre los solventes con un nivel de  $p < 0.05$

#### 7.4.2.2.3 Cuantificación de Poli fenoles totales

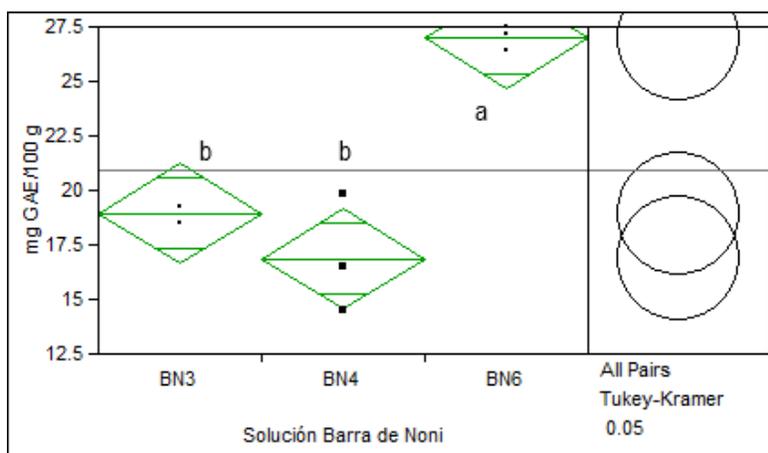
En la cuantificación de compuestos poli-fenólicos la solución que contiene mayor cantidad es la solución BN1 con  $33.40 \pm 3.91 \text{ mg GAE}/100 \text{ g}$ , la solución BN2 contiene  $27.30 \pm 4.07 \text{ mg GAE}/100 \text{ g}$  y en la solución BN6 contiene  $26.97 \pm 0.55 \text{ mg GAE}/100 \text{ g}$  (Tabla 27), no hay una diferencia estadística significativa entre las tres soluciones, la reducción de la cantidad de compuestos poli-fenólicos puede que sea por su foto

sensibilidad, ya que la extracción se llevó a cabo por la misma metodología y los mismos solventes.

*Tabla 27. Comparación de las soluciones BN1, BN2 y BN6 en la cuantificación de Polifenoles Totales*

<i>Nivel</i>	<i>Significancia</i>	<i>Numero</i>	<i>Media</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Intervalo de confianza 95%</i>	
					<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
<b><i>BN1</i></b>	<i>A</i>	<i>3</i>	<i>33.40</i>	<i>1.89</i>	<i>28.78</i>	<i>38.02</i>
<b><i>BN2</i></b>	<i>A</i>	<i>3</i>	<i>27.30</i>	<i>1.89</i>	<i>22.68</i>	<i>31.92</i>
<b><i>BN6</i></b>	<i>A</i>	<i>3</i>	<i>26.97</i>	<i>1.89</i>	<i>22.35</i>	<i>31.59</i>

En la comparación de metodologías y solventes en la extracción en la cuantificación de los compuestos poli-fenólicos la solución que contiene la mayor cantidad de los compuestos poli-fenólicos es la solución BN6 contiene  $26.97 \pm 0.55$  mg GAE/100 g, le sigue la solución BN3 la cual contiene  $18.93 \pm 0.42$  mg GAE/100 g y en la solución BN4 contiene  $16.87 \pm 2.71$  mg GAE/100 g, las soluciones BN3 y BN4 no muestran una diferencia estadística significativa mientras que con la solución BN6 si hay una diferencia significativa con las otras dos soluciones (Figura 55). Se puede ver como el



*Figura 55. Análisis estadístico comparativo de la evaluación de solventes de BN3, BN4 y BN6 en la cuantificación de compuestos poli-fenólicos. Diferencia entre los solventes con un nivel de  $p < 0.05$*

método y solventes MC resulto ser el mejor extractor de compuestos poli-fenólicos en comparación de la metodología MS y sus solventes que en la extracción de los extractos del fruto de Noni resultaron con una cantidad mayor.

### 7.4.3 Análisis químico proximal de la Barra de Noni

En la Tabla 28 se muestran los resultados del análisis químico proximal de la barra de Noni, la barra proporciona un valor energético de 478.99 Kcal/100 g de producto y por barra de 143.70 Kcal/30 g. tomando como referencia los factores Atwater (FAO, 2002), al compararla con las barras comerciales que se muestran en la Tabla 12 como Nutri Grain de Kellogg's®, Barras de avena Quaker® que son similares a la barra formulada, la barra de Noni contiene más fibra, proteína y aporte calórico, aunque contiene más lípidos comparándola con las barras anteriores.

*Tabla 28. Análisis Bromatológico de Barra de Noni*

<i>DETERMINACIÓN (%)</i>	<i>BARRA CON MERMELADA DE NONI</i>
<i>Humedad</i>	<i>32.80</i>
<i>Materia seca</i>	<i>67.20</i>
<i>Extracto etéreo</i>	<i>20.85</i>
<i>Fibra cruda</i>	<i>7.35</i>
<i>Proteína cruda</i>	<i>7.48</i>
<i>Ceniza</i>	<i>2.65</i>
<i>E.L.N.</i>	<i>61.68</i>

## VIII. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La barra comestible a base de *Morinda citrifolia* L. (Noni) y Sorgo posee una actividad antioxidante importante relacionada con la existente en su materia prima, se obtuvo en las evaluaciones: DPPH el 87%, en ABTS<sup>o+</sup> el 78%, en Polifenoles totales el 60% y Vit. C 5.5% de la materia prima. Posee un alto contenido de fibra ya que aporta el 8.96% de fibra referente a la IDR en adultos recomienda la FAO, OMS y EFSA.

La aceptación de la barra a base de *Morinda citrifolia* L. fue satisfactoria ya que se eligió la formulación que contenía canela (B7410) pues se logró enmascarar de cierta forma el olor y sabor característico de la fruto de Noni, la formulación con guayaba tuvo también buenos resultados en la evaluación sensorial pero se notó que tendía a intensificar el sabor característico del Noni.

La formulación de la barra y su proceso de elaboración permiten el aprovechamiento del 77% del fruto del Noni pues como se mencionó anteriormente se usó la cascara y pulpa en la formulación de la barra, se considera que la semilla es una alternativa para trabajar en algún subproducto (extracción de aceite), ya que es de consistencia dura y difícilmente se puede fracturar para así aprovechar el fruto al 100%.

Como trabajo a futuro se maneja implementar la evaluación de la biodisponibilidad de los antioxidantes y fibras presentes en la barra de Noni y Sorgo con modelos biológicos, realizar etiquetado siguiendo las especificaciones de la NOM-051-SCFI/SSA1-201, evaluar la fecha de caducidad y presentación del producto.

## IX. REFERENCIAS

- AENOR. (2010). Análisis sensorial, vocabulario ISO 5492:2008. Madrid, España. Retrieved from <http://tastelab.es/atributos-sensoriales-textura/>
- Amparo, H. S. (2013). Alimentación y Nutrición. Retrieved January 26, 2018, from <https://www.uv.es/hort/alimentacion/alimentacion.html>
- Aranceta Bartrina, J., Blay Cortés, G., Echevarría Guitiérrez, F. J., Inmaculada, G. C., Hernández Cabria, M., Iglesias Barcia, J. R., & López Díaz-Ufano, M. L. (2011). *Atención primaria de calidad: Guía de buena práctica clínica en Alimentos funcionales*. Madrid, España: OMC.
- Arroyo Arroyo, F. J., & Briones Anampa, S. A. (2017). *Efecto del extracto crudo del fruto de Morinda citrifolia L. "Noni" sobre los niveles de malondialdehído en membranas cerebrales de Rattus rttus var. norvegicus con hiperglicemia inducida*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Aubourg, N. (2008). *Desarrollo de una barra de desayuno a base de sorgo (Sorghum Bicolor, (L.) Moench) y granola*.
- Awika, J. M., & Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65(9), 1199–1221. <https://doi.org/10.1016/J.PHYTOCHEM.2004.04.001>
- Bate-Smith, E. C., & Rasper, V. . (1969). Tannins of Grain Sorghum: Luteoforol (Leucoluteolinidin), 3',4,4',5,7-Pentahydroxyflavan. *Journal of Food Science*, 34, 203–209.
- Beatriz, A. (2015). EL BOOM DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES. *Container*. Retrieved from [https://issuu.com/beatrizackermann5/docs/alimentos\\_funcionales-s](https://issuu.com/beatrizackermann5/docs/alimentos_funcionales-s)
- Bramorski, A., Cherem, A. da R., Marmantini, C. P., Torresani, J., Mezadri, T., & Silva Costa, A. de A. (2010). Total polyphenol content and antioxidant activity of commercial Noni (Morinda citrifolia L.) juice and its components. *Pharmaceutical Sciences*, 46(4), 652–656. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502010000400006>
- Canales Santamaria, I. J. (2009). *Evaluación de calidad de una formulación de jugo a*

base de *Morinda citrifolia* L. (Noni). Universidad de el Salvador.

Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., Mercedes Perez, A., Reynes, M., Brillouet, J. M., & Brat, P. (2006). The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 645–654. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.10.001>

CIDAF, C. T. de I. y D. del A. F. (2014). ¿Qué son los alimentos funcionales? Retrieved March 26, 2018, from <http://cidaf.es/que-son-los-alimentos-funcionales/>

COMECYT, C. M. de C. y T., & FUMEC, F. M.-E. U. para la C. (2011). *Estudio de tendencias y oportunidades para el sector de alimentos procesados del estado de México*. Estado de México.

Dicko, M. H. ., Gruppen, H., Traoré, A. S. ., Voragen, A. G. J. ., & Van Berkel, W. J. H. . (2006). Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*, 5(5), 384–395. <https://doi.org/10.5897/AJB05.060>

Elearning S. L. (2014). La influencia de las preferencias en el análisis sensorial. In *MF1108\_3: Análisis sensorial de productos selectos propios de sumillería y diseño de sus ofertas* (pp. 9–20). Madrid, España: Elearning S. L. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=i2VWDwAAQBAJ&pg=PA11&dq=evaluacion+sensorial+sentidos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjfnfb92uvcAhUDTawKHxV2A9cQ6AEIMDAB#v=onepage&q&f=false>

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (1991). El sorgo y el mijo en nutrición humana. Retrieved February 23, 2018, from <http://www.fao.org/docrep/T0818S/T0818S05.htm>

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (1995). El sorgo y el mijo: en la nutrición humana. [https://doi.org/ISBN 92-5-303381-9](https://doi.org/ISBN%2092-5-303381-9)

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (1997). La Economía del Sorgo y del Mijo en el mundo: hechos, tendencias y perspectivas. [https://doi.org/ISBN 92-5-303861-6](https://doi.org/ISBN%2092-5-303861-6)

FAO, O. de las N. U. para la A. y la A. (2002). Food energy – methods of analysis and conversion. *Fao Food and Nutrition Paper*, 77, 93. [https://doi.org/ISSN 0254-4725](https://doi.org/ISSN%200254-4725)

- Federación Mexicana de Diabetes, A. C. (n.d.). Síndrome Metabólico. Retrieved from <http://fmdiabetes.org/sindrome-metabolico/>
- FIRA, F. I. en R. con la A. (2016). Panorama Agroalimentario. *Dirección de Evaluación y Evaluación Económica y Sectorial*. Retrieved from [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61947/Panorama\\_Agroalimentario\\_Az\\_car\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61947/Panorama_Agroalimentario_Az_car_2015.pdf)
- Gooda Sahib, N., Abdul Hamid, A., Kitts, D., Purnama, M., Saari, N., & Abas, F. (2010). The effects of *Morinda citrifolia*, *Momordica charantia* and *Centella asiatica* extracts on lipoprotein lipase and 3T3-L1 preadipocytes. *Food Biochemistry*, 35(2011), 1186–1205. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00444.x>
- Hahn, R. R. . (2007). Usos del sorgo granífero en la alimentación humana y otros. *INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela*, 108, 9–19.
- Harada, S., Fujita-Hamabe, W., Kamiya, K., Mizushima, Y., Satake, T., & Tokuyama, S. (2010). *Morinda citrifolia* fruit juice prevents ischemic neuronal damage through suppression of the development of post-ischemic glucose intolerance. *Natural Medicines*, (64), 468–473. <https://doi.org/10.1007/s11418-010-0437-2>
- Heinicke, R. M. . (2001). *The Xeronine System: A New Cellular Mechanism that Explains the Health Promoting Action of Noni and Bromelain*. (D. Source, Ed.). Orem, Utah. <https://doi.org/9781887938587>
- Herrera Medina, M. D. (2006). *Desarrollo de una barra nutricional a base de granola y frijol rojo (Phaseolus vulgaris)*.
- Howlett, J. (2008). *Functional Foods from science to Health and claims*. Europe: ILSI Europe. Retrieved from <http://www.ilsis.org/Europe/Publicatio...>
- Iñarritu, M. del C., & Vega Franco, L. (2001). Las barras de cereal como alimento funcional en los niños. *Revista Mexicana de Pediatría*, 68(1), 8–12.
- Jha, S. N. (2010). Colour Measurements and Modeling. In *Nondestructive Evaluation of Food Quality: Theory and Practice* (p. 31). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-15796-7>

- Juárez, M., Olano, A., & Morais, F. (2005). *Alimentos funcionales*. Madrid, España. <https://doi.org/10.5867/medwave.2006.11.3522>
- Latham, M. C. (2002). *Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo*. Roma: FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s00.htm#Contents>
- Leal, M., Guagliano, M. L. ., & Sanchez Rico, A. P. . (2016). *Estudios Panorámicos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva: Alimentos Funcionales*. (M. Villanueva Crisólogo & M. Nimo, Eds.). Buenos Aires: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Retrieved from <http://www.mincyt.gob.ar/agenda/alimentos-funcionales-12206>
- Lerman Garber, I., Aguilar-Salinas, C. A. ., Gómez-Pérez, F. J. ., Reza Albarrán, A., Hernández Jiménez, S., Vázquez Chávez, C., & Rull, J. A. (2004). El síndrome metabólico: Características del síndrome metabólico en México. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, 12(3), 109–122. Retrieved from <http://www.medigraphic.com/pdfs/endoc/er-2004/er043b.pdf>
- Lizarzaburu Robles, J. C. (n.d.). Metabolic syndrome : concept and practical application. *Anales de La Facultad de Medicina*. Retrieved from <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/2705/2359>
- López Camelo, A. F. . (2003). Flavor. In *Manual para preparación y venta de frutas y hortalizas: del campo al mercado* (pp. 102–104). Roma: FAO. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=xf1zTXxRGMgC&pg=PA103&dq=acidez+titulable+en+frutas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjX4rOhgZPcAhUBRK0KHW7UCIQQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>
- NCYT, N. de la C. y la T. (2016). Barras de cereales sabrosas y funcionales. Retrieved April 15, 2018, from <http://noticiasdelaciencia.com/not/18057/barras-de-cereales-sabrosas-y-funcionales/>
- Nelson, S. C. (2003). *Morinda citrifolia* L. *Permanent Agriculture Resources*, 13.
- Pawlus, A. D., & Kinghorn, A. D. (2007). Review of the ethnobotany , chemistry , biological activity and safety of the botanical dietary supplement *Morinda citrifolia* ( noni ). *Pharmacy and Pharmacology*, 59, 1587–1609.

<https://doi.org/10.1211/jpp.59.12.0001>

- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo ( *Sorghum bicolor* L . Moench ) Characterization and potential of sorghum ( *Sorghum bicolor* L . Moench ) grain. *Pastos y Forrajes*, 33(1), 1–26.
- Piaru, S. P., Mahmud, R., Abdul Majid, A. M. S., Ismail, S., & Man, C. N. (2012). Chemical composition, antioxidant and cytotoxicity activities of the essential oils of *Myristica fragrans* and *Morinda citrifolia*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 593–597. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4613>
- Rodríguez, J. (2017, November 5). Sorgo blanco, una alternativa en la canasta básica en México: INIFAP. *VANGUARDIA*. Retrieved from <https://www.vanguardia.com.mx/articulo/sorgo-blanco-una-alternativa-en-la-canasta-basica-en-mexico-inifap>
- S.I.A.P., S. de I. A. y P. (2014). Producción agrícola, ciclico y perennes. Retrieved January 9, 2014, from <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- SAGARPA. (2009). Sacan jugo al exótico negocio del noni. Sab Blas, Nayarit. Retrieved from <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/AsistenciaCapacitacion/Documents/bol etin/b60/experiencias/experiencia1.htm>
- Saludes, J. P. ., Garson, M. J. ., Franzblau, S. G. ., & Aguinaldo, A. M. . (2002). Antitubercular constituents from the hexane fraction of *Morinda citrifolia* Linn. (Rubiaceae). *Phytotherapy Research*, 16(7), 683–685. <https://doi.org/10.1002/ptr.1003>
- Sancho, J. ., Bota, E. ., & de Castro, J. J. . (1999). Sentido de la vista. In *Introducción al análisis sensorial de los alimentos* (pp. 45–60). Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona. Retrieved from [https://books.google.com.mx/books?id=-cw1\\_dn02l8C&printsec=frontcover&dq=evaluacion+sensorial+de+los+alimentos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjDtYO6uOjcAhVIXKwKHSveC5oQ6AEILDAB#v=onepag](https://books.google.com.mx/books?id=-cw1_dn02l8C&printsec=frontcover&dq=evaluacion+sensorial+de+los+alimentos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjDtYO6uOjcAhVIXKwKHSveC5oQ6AEILDAB#v=onepag)

e&q=evaluacion sensorial de los alimentos&f=true

Saura-Calixto, F. (2004). Alimentos funcionales: Estado de arte. Barcelona.

Sefa-Dedeh, S. (1990). Cereal-based traditional beverages from Ghana: Process and product characteristics of pito. In: Proceedings Traditional African Foods Quality and Nutrition. *International Foundation for Science (IFS)*, 1–7.

Smith, D. V. ., & Margolskee, R. F. . (2001). El sentido del gusto. *Investigación y Ciencia*, 296, 65–71. Retrieved from [https://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/triton/programa\\_teoría\\_archivos/gusto.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/triton/programa_teoría_archivos/gusto.pdf)

Tomás-Barberán, F. (2010). CONSOLIDER Fun-C-Food: Aplicación de nuevas moléculas bioactivas para alimentos Objetivo General del Proyecto. In *Alimentos Funcionales Consolider Fun-C-Food “V encuentro de innovación y tecnología - Innovación en tiempos de crisis”* (pp. 1–24). Barcelona.

U.S.D.A., U. S. D. of A. (2018). World Agricultural Production. Retrieved February 8, 2018, from <https://www.fas.usda.gov/commodities/grain-sorghum>

Ulloa, J. A., Rosas Ulloa, P., Ramírez Ramírez, J. C., & Ulloa Rangel, B. E. (2012). El noni: propiedades, usos y aplicaciones potenciales. *Revista Fuente*, 4(10), 44–49. Retrieved from <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/04-10/5.pdf>

USDA, U. S. D. of A., & Grain Inspection, P. and S. A. F. G. I. S. (2008). Subpart I -- United States Standards for Sorghum. Washington, D.C.

Valladares, C. A. (2010). Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. In *Cultivos de Grano* (pp. 1–27). La Ceiba: Universidad Nacional Autónoma de Honduras; Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA).

Victoriano Jasso, M. C. (2013). *Evaluación de la adición de sorgo rojo y sorgo blanco en la elaboración de tortillas de maíz*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Wang, M.-Y., West, B. J. ., Jensen, C. J., Nowicki, D., Su, C., Palu, A. K. ., & Anderson, G. (2002). Morinda citrifolia (Noni): a literature review and recent advances in Noni research. *Acta Pharmacologica Sinica*, 23(12), 1127–1141. [https://doi.org/10.1016/S0169-5001\(02\)00016-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5001(02)00016-4)

- Wang, M. Y., Nowicki, D., Anderson, G., Jensen, J., & West, B. (2008). Liver protective effects of *Morinda citrifolia* (Noni). *Plant Foods for Human Nutrition*, 63(2), 59–63. <https://doi.org/10.1007/s11130-008-0070-3>
- Watterson, J. J. ., & Butler, L. G. (1983). Occurrence of an Unusual Leucoanthocyanidin and Absence of Proanthocyanidins in Sorghum Leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(1), 41–45. <https://doi.org/10.1021/jf00115a011>
- Zeledón, H. S., Hernández, M. A., Ayala Morán, J. E., Guzmán de Serrano, R. F., Borja, C. A., Alvarado de Torres, M., & Calderón, V. R. (2007). *Guía técnica del Sorgo (Sorghum bicolor, L. Moench)*. El Salvador.

## X. ANEXO

### Anexo 1: Compuestos aislados de *Morinda citrifolia* L.

Tabla 29. Compuestos aislados de *Morinda citrifolia* L.

Compound structural class/name/code	Part	References
<b>Acids</b>		
Acetic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Ascorbic acid	Fruits	Peerzada et al (1990)
Benzoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Butanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Decanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
(2,2,7)-8,11,14-Eicosatrienoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Elaidic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Heptanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Hexanedioic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Hexanoic acid	Fruits	Legal et al (1999)
13-Hydroxy-9,11,15-octadecatrienoic acid (1)	Leaves	Takashima et al (2007)
Lauric acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Linoleic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
2-Methylbutanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
2-Methylpropanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
3-Methylthiopropionic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Myristic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Nonanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Oleic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Octanoic acid (2)	Fruits	Legal et al (1999)
Palmitic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
Ricinoleic acid (3)	Seeds	Daulatabad et al (1989)
Undecanoic acid	Fruits	Farjoe et al (1996)
<b>Alcohols and phenols</b>		
Benzyl alcohol	Fruits	Farjoe et al (1996)
1-Butanol	Fruits	Farjoe et al (1996)
Eugenol	Fruits	Farjoe et al (1996)
1-Hexanol	Fruits	Farjoe et al (1996)
3-Methyl-2-buten-1-ol	Fruits	Farjoe et al (1996)
3-Methyl-3-buten-1-ol	Fruits	Farjoe et al (1996)
(2,2)-2,5-Undecadien-1-ol	Fruits	Farjoe et al (1996)
<b>Anthraquinones</b>		
Alizarin (4)	Cell culture, heartwood	Thomson (1971); Leistner (1975)
Alizarin 1-O-methyl ether (5)	Roots	Simonsen (1920); Pawluc et al (2005a)
Anthragallol 1,2-di-O-methyl ether (6)	Roots	Thomson (1971)
Anthragallol 1,3-di-O-methyl ether (7)	Fruits	Kamiya et al (2005)
Anthragallol 2,3-di-O-methyl ether (8)	Heartwood	Thomson (1971)
Anthragallol 3-O-methyl ether (9)	Fruits	Kamiya et al (2005); Pawluc et al (2005a)
<b>Aurocochin (10)</b>	Fruits	Kim et al (2003)
<b>Damascanbol (11)</b>	Heartwood, roots	Thomson (1971); Hirumasa et al (1993)
<b>Damscantbol (12)</b>	Roots	Thomson (1971); Sang & Ho (2006)
<b>3,6-Dihydroxybactidin (13)</b>	Cell culture	Inoue et al (1981)
<b>5,15-Dimethylmorindol (14)</b>	Fruits, leaves	Kamiya et al (2005); Takashima et al (2007)
<b>2-Ethoxymethyl-3-methoxy-1,5,6-trihydroxyanthraquinone (15)<sup>a</sup></b>	Cell culture	Leistner (1975)
<b>2-Formylanthraquinone (16)</b>	Roots	Sang & Ho (2006)
<b>6-Hydroxyanthragallol-1,3-di-O-methyl ether (17)</b>	Fruits	Kamiya et al (2005)
<b>2-Hydroxyanthraquinone (18)</b>	Stems	Siddiqui et al (2006)
<b>1-Hydroxy-2-methylanthraquinone (19)</b>	Roots	Sang & Ho (2006)
<b>2-Hydroxy-1-methoxy-7-methylanthraquinone (20)</b>	Roots	Rasia & Srivastava (1989)
<b>3-Hydroxymorindone (21)</b>	Cell culture	Inoue et al (1981)
<b>Ibericin (22)</b>	Cell culture, roots	Sang & Ho (2006)
<b>Lucidin (23)</b>	Cell culture	Leistner (1975)
<b>Lucidin ω-methyl ether (24)</b>	Cell culture	Inoue et al (1981)
<b>2-Methoxyanthraquinone (25)</b>	Stems	Siddiqui et al (2006)
<b>1-Methoxy-3-hydroxyanthraquinone (26)</b>	Roots	Sang & Ho (2006)

Compound structural class/name/code	Part	Reference(s)
2-Methoxy-1,3,6-trihydroxyanthraquinone (27)	Fruits	Pawlus et al (2005a)
6-Methyl-anthrapurpurin (28)	Cell culture	Inoue et al (1981)
Morone-1 (29)	Roots	Jain & Srivastava (1992)
Morone-2 (30)	Roots	Jain & Srivastava (1992)
Morindicinone (31)	Stems	Siddiqui et al (2006)
Morindicinone (32)	Stems	Siddiqui et al (2006)
Morindone (33)	Heartwood, root, cell culture	Simonsen (1918); Thomson (1971); Leistner (1975); Inoue et al (1981); Srivastava & Singh (1993)
Morindone-5-O-methyl ether (34)	Fruits	Kamiya et al (2005); Pawlus et al (2005a)
Nordamascinal (35)	Cell culture and roots	Thomson (1971); Leistner (1975); Sang & Ho (2006)
Physcion (36)	Heartwood	Srivastava & Singh (1993)
Rubiadin (37)	Cell culture and roots	Thomson (1971); Leistner (1975); Inoue et al (1981); Sang & Ho (2006)
Rubiadin-1-O-methyl ether (38)	Roots and heartwood	Simonsen (1920); Thomson (1971)
Soranjidiol (39)	Roots	Thomson (1971)
Tectoquinone (40)	Roots	Sang & Ho (2006)
1,5,15-Trimethylmorindol (41)	Leaves	Takahima et al (2007)
Anthraquinone glycosides		
5,6-Dihydroxylicidulin-3- $\beta$ -primeveroside (42)	Cell culture	Inoue et al (1981)
6,8-Dimethoxy-3-methylanthraquinone- <i>n</i> -1- <i>O</i> - $\beta$ -rhamnosyl glucopyranoside (43)	Flowers	Tiwari & Singh (1977)
3-Hydroxymorindone-6- $\beta$ -primeveroside (44)	Cell culture	Inoue et al (1981)
Lucidin-3- $\beta$ -primeveroside (45)	Cell culture	Inoue et al (1981)
2-Methyl-3,5,6-trihydroxyanthraquinone-6- $\beta$ -primeveroside (46)	Cell culture	Inoue et al (1981)
Morindin (47)	Cell culture	Simonsen (1918); Inoue et al (1981)
Physcion-8- <i>O</i> -[[ $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl (1 $\rightarrow$ 3)]- $\beta$ -D-galactopyranoside] (48)	Heartwood	Srivastava & Singh (1993)
Carotenoids		
$\beta$ -Carotene	Leaves	Aalbersberg et al (1993)
Chlorophyll derivatives		
[3 <sup>2</sup> ( <i>R</i> )-Hydroxyphenophorbide a methyl ester (49)	Leaves	Takahima et al (2007)
[3 <sup>2</sup> ( <i>S</i> )-Hydroxyphenophorbide a methyl ester (50)	Leaves	Takahima et al (2007)
15 <sup>1</sup> ( <i>R</i> )-Hydroxypurpurin-7 lactone dimethyl ester (51)	Leaves	Takahima et al (2007)
15 <sup>1</sup> ( <i>S</i> )-Hydroxypurpurin-7 lactone dimethyl ester (52)	Leaves	Takahima et al (2007)
Methyl pheophorbide a (53)	Leaves	Takahima et al (2007)
Methyl pheophorbide b (54)	Leaves	Takahima et al (2007)
Pheophorbide a (55)	Leaves	Takahima et al (2007)
[3- <i>epi</i> -Pheophorbide a methyl ester (56)	Leaves	Takahima et al (2007)
Esters		
1- <i>n</i> -Butyl-4-(5'-formyl-2'-furanyl)methyl succinate (57)	Fruits	Samoylenko et al (2006)
1- <i>n</i> -Butyl-4-methyl-2-hydroxysuccinate (58)	Fruits	Samoylenko et al (2006)
1- <i>n</i> -Butyl-4-methyl-3-hydroxysuccinate (59)	Fruits	Samoylenko et al (2006)
Ethyl decanoate	Fruits	Farine et al (1996)
Ethyl hexanoate	Fruits	Farine et al (1996)
Ethyl octanoate	Fruits	Farine et al (1996)
Ethyl palmitate	Fruits	Farine et al (1996)
Methyl decanoate	Fruits	Farine et al (1996)
Methyl elaidate	Fruits	Farine et al (1996)
Methyl hexanoate	Fruits	Farine et al (1996)
Methyl 3-methylthio-propanoate	Fruits	Farine et al (1996)
Methyl octanoate	Fruits	Farine et al (1996)

Compound structural class/name/code	Part	Reference(s)
Methyl oleate	Fruits	Farine et al (1996)
Methyl palmitate	Fruits	Farine et al (1996)
Flavonoids		
Acacetin 7- <i>O</i> - $\beta$ -D-glucopyranoside (60)	Flowers	Singh & Tiwari (1976)
5,7-Dimethyl apigenin 4'- <i>O</i> - $\beta$ -D-galactopyranoside (61)	Flowers	Singh & Tiwari (1976)
Kaempferol (62)	Fruits	Deng et al (2007)
Kaempferol 3- <i>O</i> - $\beta$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-[ <i>o</i> -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)]- $\beta$ -D-galactopyranoside (63)	Leaves	Sang et al (2001a)
Narcissoside (64)	Fruits	Su et al (2005)
Nicotifloroside (65)	Fruits, leaves	Sang et al (2001a); Su et al (2005)
Quercetin (66)	Fruits	Deng et al (2007)
Quercetin 3- <i>O</i> - $\beta$ -D-glucopyranoside (67)	Leaves	Sang et al (2001a)
Quercetin 3- <i>O</i> - $\beta$ -D-glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)-[ <i>o</i> -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 6)]- $\beta$ -D-galactopyranoside (68)	Leaves	Sang et al (2001a)
Rutin (69)	Fruits, leaves	Wang et al (1999); Sang et al (2001a)
Iridoids		
Asperuloside (70)	Fruits, leaves	Sang et al (2001b); Su et al (2005)
Asperulosidic acid (71)	Fruits, leaves	Wang et al (1999); Sang et al (2001b); Kamiya et al (2005); Su et al (2005); Samoylenko et al (2006)
Asperulosidic acid methyl ester (72)	Fruits	Sang et al (2002)
Borreriagenin (previously morindacin) (73)	Fruits	Kamiya et al (2005); Su et al (2005); Schripsema et al (2006)
4- <i>epi</i> -Borreriagenin (74)	Fruits	Samoylenko et al (2006)
Citrifolinin A-1 (75)	Leaves	Sang et al (2003)
Citrifolinin Ba (76)	Leaves	Sang et al (2001a)
Citrifolinin Bb (77)	Leaves	Sang et al (2001a)
Citrifolinoside A (78)	Leaves	Sang et al (2001b)
Citrifoside (79)	Leaves	Takashima et al (2007)
Deacetylasperuloside (80)	Fruits, leaves	Su et al (2005); Takashima et al (2007)
Deacetylasperulosidic acid (81)	Fruits	Kamiya et al (2005); Samoylenko et al (2006)
Deacetylasperulosidic acid methyl ester (82)	Fruits	Sang et al (2002)
Dehydroepoxymethoxygaertneroside (previously yopaoside A, citrifolinin A and citrifolinoside) (83)	Leaves	Sang et al (2001c); Schripsema et al (2006)
Dehydromethoxygaertneroside (84)	Fruits	Su et al (2005)
6,3,7- $\beta$ -Epoxy-8- <i>epi</i> -splendoside (85)	Fruits	Su et al (2005)
6- <i>Hydroxy</i> adoxoside (86)	Fruits	Su et al (2005)
1,3a,4,7a-Tetrahydro-6-(hydroxymethyl)-3 <i>H</i> -furo[3,4- <i>c</i> ]pyran-4-carboxylic acid (87)	Fruits	Sang et al (2002)
Ketones		
2-Heptanone	Fruits	Farine et al (1996)
3-Hydroxy-2-butanone	Fruits	Farine et al (1996)
Lactones		
( <i>E</i> )-6-Dodeceno- $\gamma$ -lactone	Fruits	Farine et al (1996)
( <i>Z</i> )-6-Dodeceno- $\gamma$ -lactone	Fruits	Farine et al (1996)
Lignans		
Americanin A (88)	Fruits	Kamiya et al (2004); Su et al (2005)
Americanic acid (89)	Fruits	Kamiya et al (2004)
Americanol A (90)	Fruits	Kamiya et al (2004)
Balanophonin (91)	Fruits	Pawlus et al (2005a)

(Continued)

Compound structural class/name/code	Part	Reference(s)
3,3'-Bisdemethylpinoresinol (92)	Fruits	Kamiya et al (2004); Deng et al (2007)
3,3'-Bisdemethyltanegenol (93)	Fruits	Deng et al (2007)
Isoprinocopin (94)	Fruits	Kamiya et al (2004)
Morindolin (95)	Fruits	Kamiya et al (2004)
(-)-Pinoresinol (96)	Fruits	Deng et al (2007)
(+)-3,4,3',4'-Tetrahydroxy-9,7'-epoxylignano-7 $\alpha$ ,9'-lactose (97)	Fruits	Deng et al (2007)
Nucleosides		
Cytidine (98)	Fruits	Sang et al (2002); Su et al (2005)
Saccharides		
Nonioside A (99)	Fruits	Wang et al (2000); Dalsgaard et al (2006)
Nonioside B (100)	Fruits	Wang et al (1999); Dalsgaard et al (2006)
Nonioside C (101)	Fruits	Wang et al (2000); Dalsgaard et al (2006)
Nonioside D (102)	Fruits	Wang et al (2000)
Nonioside E (103)	Fruits	Dalsgaard et al (2006)
Nonioside F (104)	Fruits	Dalsgaard et al (2006)
Nonioside G (105)	Fruits	Dalsgaard et al (2006)
Nonioside H (106)	Fruits	Dalsgaard et al (2006)
<i>D</i> - and <i>L</i> -Glucose	Fruits	Levand & Larson (1979); Samoylenko et al (2006)
Methyl $\alpha$ -D-fructofuranoside (107)	Fruits	Su et al (2005)
Methyl $\beta$ -D-fructofuranoside (108)	Fruits	Su et al (2005)
1-O-(3'-Methylbut-3'-enyl)- $\beta$ -D-glucopyranose (109)	Fruits	Samoylenko et al (2006)
Triterpenoids and sterols		
3-O-Acetylponolic acid (110)	Leaves	Takashima et al (2007)
Barbinervic acid (111)	Leaves	Takashima et al (2007)
Campesta-5,7,22-trien-3 $\beta$ -ol	Leaves	Saludes et al (2002b)
Campesterol (112)	Cell culture	Dyas et al (1994)
Campesterol linoleate	Cell culture	Dyas et al (1994)
Campesterol palmitate	Cell culture	Dyas et al (1994)
Clebric acid (113)	Leaves	Takashima et al (2007)
Cycloartenol (114)	Cell culture, leaves	Dyas et al (1994); Saludes et al (2002b)
Cycloartenyl linoleate	Cell culture	Dyas et al (1994)
Cycloartenyl palmitate	Cell culture	Dyas et al (1994)
3,19-Dihydroxyursolic acid	Fruits	Sang et al (2002)
Hederagenin (115)	Leaves	Takashima et al (2007)
Isofucosterol (116)	Cell culture	Dyas et al (1994)
Isofucosterol linoleate	Cell culture	Dyas et al (1994)
19 $\alpha$ -Methylursolic acid (117)	Fruits	Sang et al (2002)
24-Methylenecholesterol	Cell culture	Dyas et al (1994)
24-Methylenecholestanol	Cell culture	Dyas et al (1994)
24-Methylenecholestanol linoleate	Cell culture	Dyas et al (1994)
Oleanolic acid (118)	Leaves	Takashima et al (2007)
Rotungenic acid	Leaves	Takashima et al (2007)
$\beta$ -Sitosterol	Leaves, cell culture	Ahmad & Bano (1980); Dyas et al (1994); Saludes et al (2002b); Pawlus et al (2005a)
Sitosterol linoleate	Cell culture	Dyas et al (1994)
Sitosterol palmitate	Cell culture	Dyas et al (1994)
Stigmasta-4-en-3-one (119)	Leaves	Saludes et al (2002b)
Stigmasta-4-22-dien-3-one (120)	Leaves	Saludes et al (2002b)
Stigmasterol	Cell culture, leaves	Dyas et al (1994); Saludes et al (2002b)
Stigmasterol linoleate	Cell culture	Dyas et al (1994)

Compound structural class/name/code	Part	References)
Ursolic acid (121)	Leaves	Ahmad & Bano (1980); Takashima et al (2007)
Miscellaneous compounds (Ethylthiomethyl) benzene	Fruits	Farine et al (1996)
Hexanamide (122)	Fruits	Farine et al (1996)
; $\beta$ -Hydroxypropiovanillone (123)	Fruits	Pawlus et al (2005a)
4-Hydroxy-3-methoxycinnamaldehyde (124)	Fruits	Pawlus et al (2005a)
Isoscapoletin (125)	Fruits	Deng et al (2007)
Limonene (126)	Fruits	Farine et al (1996)
1-Palmitin (127)	Fruits	Pawlus et al (2005a)
Peucedanocoumarin III (128)	Leaves	Takashima et al (2007)
Phytol (129)	Leaves	Takashima et al (2007)
Potassium	Fruits	Peerzada et al (1990)
Pterysin (130)	Leaves	Takashima et al (2007)
Roseoside II (131)	Leaves	Takashima et al (2007)
Scopoletin (132)	Fruits	Saludes et al (2002a); Pawlus et al (2005a); Samoylenko et al (2006); Deng et al (2007)
Vanillin (133)	Fruits	Pawlus et al (2005a); Deng et al (2007)
Vomifolol (134)	Fruits	Farine et al (1996)

\*Suggested by the author to be an extraction artifact (Leistner 1975).

(Pawlus and Kinghorn, 2007)

## Anexo 2: Prueba de Evaluación Sensorial de Barra con Mermelada

### Prueba de Evaluación Sensorial de Barra con Mermelada

Sexo      F (    )      M (    )      Fecha

Edad \_\_\_\_\_

Estimado panelista, a continuación, le presentamos 5 muestras de barra con mermelada, la cual le pedimos deguste de la manera abajo descrita. El objetivo de esta prueba es saber cuánto le gusta cada una de las barras.

1. Por favor enjuague su boca con agua antes de empezar
2. Tome la muestra completa en su boca. No re-pruebe.

3. Coloque en la tabla siguiente el número correspondiente que muestra la escala hedónica según el grado de preferencia.
4. Muerda la galleta, degústela y beba agua para enjuagar su boca antes de probar otra muestra.
5. Repita los pasos anteriores con las demás muestras.



Odié

1



No me gustó

2



Indiferente

3



Me gustó

4



Me encantó

5

Con respecto a la escala anterior, coloque en la tabla por cada muestra el nivel de su preferencia para las diferentes características de la barra presentadas:

	SABOR	DULZOR	TEXTURA	COLOR	OLOR
Código de Muestra 1828					
Código de Muestra 1956					
Código de Muestra 1646					
Código de Muestra 1370					
Código de					

Muestra					
9096					

En la siguiente tabla coloque el código de la barra de acuerdo a cuál fue su nivel de agrado general y la preferencia por cada una de las muestras evaluadas:

	Más preferida	Preferida	Indiferente	Menos preferida
Número de muestra				

Observaciones

---



---



---

Gracias por su colaboración.

### Anexo 3: Prueba de Evaluación Sensorial Comparativa de Barra con mermelada

#### Prueba de Evaluación Sensorial Comparativa de Barra con mermelada

Sexo      F (   )      M (   )      Fecha

---

Edad \_\_\_\_\_

Objetivo de la prueba es saber cuánto le gusta cada una de las barras con mermelada y cuál sería la de su preferencia.

Estimado panelista, a continuación, le presentamos 2 muestras de barra con mermelada, le pedimos deguste cada una de ellas y en la tabla que se presenta a continuación conteste las preguntas con SI ó NO

<b>Muestra</b>	<b>¿Te gusta la barra?</b>	<b>¿La consumirías?</b>

Indique además con una cruz cuál es la barra de mayor preferencia de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>Muestra</b>	<b>¿Cuál barra te gusta más?</b>

Observaciones

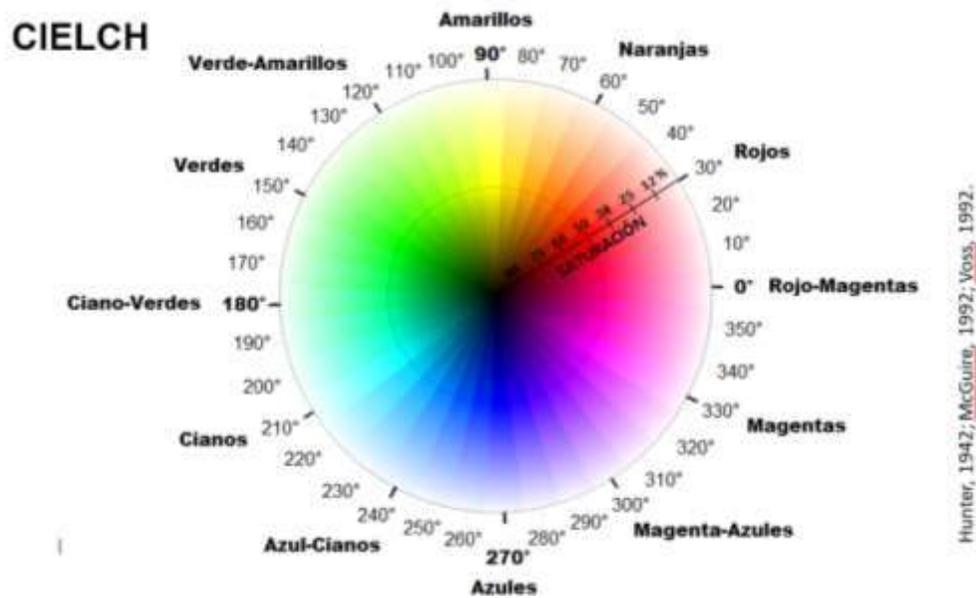
---

---

---

Gracias por su colaboración.

#### Anexo 4: Escala CIELCH



Hunter, 1942; McGuire, 1992; Voss, 1992.

Figura 56. Escala CIELCH