

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**DESARROLLO Y COMPARACIÓN DE LOS PRINCIPALES
COMPONENTES NUTRICIONALES DE LECHE VEGETALES**

POR:

JOSÉ ALFREDO TREJO SOLÍS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México

Noviembre de 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
PROGRAMA DOCENTE DE INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS

DESARROLLO Y COMPARACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES
NUTRICIONALES DE LECHE VEGETALES

POR:

JOSÉ ALFREDO TREJO SOLÍS

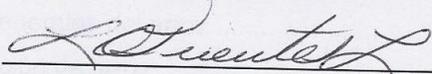
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

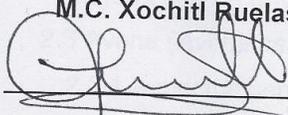
Dirigida por el siguiente comité asesor:

Lic. Laura Olivia Fuentes Lara



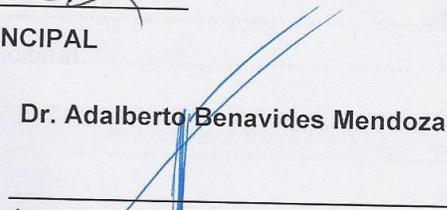
ASESOR PRINCIPAL

M.C. Xochitl Ruelas Chacón



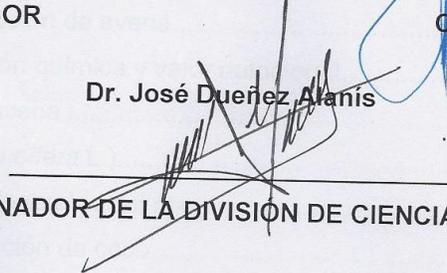
COASESOR

Dr. Adalberto Benavides Mendoza



COASESOR

Dr. José Dueñez Alanís



COORDINADOR DE LA DIVISION DE CIENCIA ANIMAL



Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México

Noviembre de 2015

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIAS	III
RESUMEN	IV
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	2
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Almendras (<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A. Webb).....	4
2.1.1 Aspectos generales de la almendra.....	4
2.1.1.1 Producción de almendra.....	6
2.1.2 Composición química y valor nutricional.....	7
2.1.3 Leche de almendras.....	11
2.2 Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.).....	13
2.2.1 Aspectos generales del arroz.....	13
2.2.1.1 Producción de arroz.....	16
2.2.2 Composición química y valor nutricional.....	18
2.2.3 Leche de arroz.....	21
2.3 Avena (<i>Avena sativa</i> L.).....	23
2.3.1 Aspectos generales de la avena.....	23
2.3.1.1 Producción de avena.....	26
2.3.2 Composición química y valor nutricional.....	28
2.3.3 Leche de avena.....	30
2.4 Coco (<i>Cocos nucífera</i> L.).....	32
2.4.1 Aspectos generales del coco.....	32
2.4.1.1 Producción de coco.....	34
2.4.2 Composición química y valor nutricional.....	36

2.4.3 Leche de coco.....	39
2.5 Nuez pecanera (<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) K. Koch)	42
2.5.1 Aspectos generales de la nuez pecana.....	42
2.5.1.1 Producción de nuez pecanera	45
2.5.2 Composición química y valor nutricional	47
2.5.3 Leche de nuez.....	50
3. METODOLOGÍA	53
3.1 Localización del sitio experimental	53
3.2 Materia prima requerida.....	53
3.3 Elaboración de leche vegetal.....	53
3.3.1 Leche de almendra.....	54
3.3.2 Leche de arroz	54
3.3.3 Leche de avena.....	55
3.3.4 Leche de coco	55
3.3.5 Leche de nuez.....	55
3.4 Caracterización química	56
3.4.1 Determinación de sólidos solubles totales	57
3.4.2 Determinación de cenizas en leche.....	57
3.4.3 Determinación de grasa por método Babcock	58
3.4.4 Extracto Etéreo por método Soxhlet.....	59
3.4.5 Determinación de proteína cruda	61
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
4.1 Sólidos Solubles Totales.....	65
4.2 Cenizas en leche	66
4.3 Grasa por método Babcock	67
4.4 Grasa por método Soxhlet.....	68
4.5 Proteína cruda	71
5. CONCLUSIONES	74
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro: 1	Principales países productores de almendra	6
Cuadro: 2	Composición química de la almendra.....	7
Cuadro: 3	Composición química de la leche de almendra	11
Cuadro: 4	Principales países productores de arroz con cáscara	17
Cuadro: 5	Producción de arroz palay en México.....	17
Cuadro: 6	Comparación nutrimental del arroz pulido e integral.....	18
Cuadro: 7	Composición química de granos de arroz blanco	19
Cuadro: 8	Composición química de la leche de arroz.....	21
Cuadro: 9	Principales países productores de avena	26
Cuadro: 10	Producción de avena en grano en México.....	27
Cuadro: 11	Composición química de la avena	28
Cuadro: 12	Composición química de la leche de avena	31
Cuadro: 13	Principales países productores de nuez de coco.....	35
Cuadro: 14	Producción de coco en México	36
Cuadro: 15	Composición química de la carne de coco cruda	37
Cuadro: 16	Composición química de la leche de coco.....	40
Cuadro: 17	Principales países productores de nuez	45
Cuadro: 18	Producción de nuez en México.....	46
Cuadro: 19	Composición química de la nuez pecanera	47
Cuadro: 20	Componentes activos de la leche de nuez	51
Cuadro: 21	Codificación de las muestras analizadas.....	56
Cuadro: 22	Factores de conversión de nitrógeno-proteína empleados.....	63
Cuadro: 23	Comparación de medias de cada una de las variables de estudio	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplar de almendro	5
Figura 2. Estructura de la semilla de almendra	6
Figura 3. Planta de arroz	15
Figura 4. Estructura del grano de arroz	16
Figura 5. Planta de avena	25
Figura 6. Estructura del grano de avena	26
Figura 7. Ejemplar de cocotero.....	33
Figura 8. Estructura del coco.....	34
Figura 9. Ejemplar de nogal pecanero.....	44
Figura 10. Estructura de la nuez pecanera.....	45
Figura 11. Elaboración de leche vegetal de forma tradicional	53
Figura 12. Determinación de grasa por Babcock.....	59
Figura 13. Determinación de grasa por Soxhlet	61
Figura 14. Determinación de proteína cruda	64
Figura 15. Porcentaje de sólidos solubles totales.....	66
Figura 16. Comparación de medias de cenizas.....	67
Figura 17. Comparación de medias de grasa por método Babcock	68
Figura 18. Comparación de medias de grasa por método Soxhlet.....	69
Figura 19. Regresión método Babcock respecto a Soxhlet.....	71
Figura 20. Comparación de medias de proteína cruda.....	72

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por todas las bendiciones que me ha dado en forma de oportunidades, por no dejarme sólo en malos momentos y por ayudarme siempre. Por darme la paciencia y la sabiduría que me han llevado a lograr grandes cosas, por mandarme en el camino a personas maravillosas.

A mi querida y gloriosa **Alma Terra Mater**, mi gran Universidad que me abrió las puertas, me albergó en sus aulas y me dio las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente. Desde el primer día en que pertencí a ella me he sentido muy dichoso. Por siempre y con mucho orgullo **Buitre de la Narro**.

A mi estimada asesora de tesis: **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara**, por dedicarme su tiempo para que este proyecto se hiciera posible. Le agradezco inmensamente por su confianza, comprensión, generosidad y paciencia, además por todo lo que aprendí en sus clases. Ha sido un placer trabajar con Usted, es una persona admirable.

A mis coasesores: **Dr. Adalberto Benavides Mendoza & M.C. Xochitl Ruelas Chacón**, les agradezco por su apoyo y sugerencias para mejorar este trabajo.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel**, por su vasto apoyo para culminar con la etapa experimental de este trabajo. Le agradezco por su interés en que todo se hiciera de la mejor manera.

A **mis profesores** del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Departamento de Producción Animal y Departamento de Nutrición Animal, Departamento de Ciencias Básicas, todos contribuyeron a mi formación profesional. Muchas gracias por sus enseñanzas: **Dr. Mario Alberto Cruz Hernández**, **Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez**, **M.C. María Hernández González**, **M.C. Sarahí Rangel Ortega**, **M.C. Mildren Inna Marcela Flores Verastegui**, **Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez**, **Quím. Oscar Noé Reboloso Padilla**, **Dr. Antonio Aguilera Carbó** y al **Dr. Heliodoro de la Garza Toledo**.

A mis amigas de la Universidad, mis favoritas: **Yolanda Rodríguez, Valeria Segundo, Adela Luna y Marcela Gaona**, gracias por todos los buenos y divertidos momentos que vivimos, por todos aquellos consejos, por la confianza que mutuamente nos tuvimos, por ese cariño y sobre todo el respeto que siempre me tuvieron. Aunque nuestros caminos se separen, siempre estaré para ustedes. Las quiero mucho hermosas.

A mis demás amigos y compañeros de la generación **CXVIII y CXIX** los extrañaré.

Agradezco especialmente...

A mi familia. A mis abuelitos: Chava, Chon & Teito. También a mi tía Bety Utrilla y mis primas Xiomara & Yasmín. A mi tío Pepe y mis primos Canan & Zurisaday. A mi tía Mónica y a mis tíos: Marco & Fredy. A mis hermanitas Citlaly & Estefanía. A todos les agradezco por apoyarme en mis planes y decisiones, siempre sabré que estarán esperándome con los brazos abiertos, los adoro.

A mi querida hermana **Soledad Soto**, no hace falta llevar la misma sangre para querer a una persona como te quiero a ti. Te agradezco por todos los buenos momentos y por tu ayuda incondicional.

A los que considero mis mejores amigos desde hace mucho tiempo: **José de Jesús Hernández Hernández & Dulce María Hernández Zenteno**. Siempre tendrán un lugar especial en mi vida, los quiero mucho.

Al **M.C. Hugo Abel Díaz Hernández**, por motivarme a superarme, por tus buenos consejos y por esos momentos vividos en Saltillo. Siempre me ha servido de mucho saber que cuento contigo querido amigo.

A mi madrina **Petra Cruz Ortiz**, que a pesar de la distancia siempre se ha preocupado por mi bienestar, impulsándome a ser mejor día a día.

DEDICATORIAS

A mi inspiración y dueña de mi corazón...

Mi Abuelita

Ángela Pérez

A los que me dieron la vida y me han apoyado en todo momento...

Mis Padres

Alfredo Trejo & Roselia Solís

Al ser que más quiero...

Mi Hermano

Ulises Trejo

A la que me consintió durante mi estancia en Saltillo...

Mi Mamá Adoptiva

Ma. De la Luz Lucio Robledo

Todos son mis pilares y mi fuerza, sin Ustedes mi vida no sería la misma

Con toda sinceridad... Los Amo

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar de manera tradicional, cinco tipos de leches vegetales a partir de almendras (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb), arroz (*Oryza sativa* L.), avena (*Avena sativa* L.), coco (*Cocos nucífera* L.) y nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch). Asimismo, se caracterizaron químicamente para conocer sus cualidades nutricionales y realizar una comparación entre ellas. En el estudio se determinaron los porcentajes de sólidos solubles totales (°Brix), cenizas, grasa por método Babcock, grasa por método Soxhlet y proteína cruda por método Kjeldahl. En base a los resultados obtenidos, se encontró que el porcentaje de sólidos solubles totales varió de 0 (leche de arroz) a 6 °Brix (leche de almendras). De la misma forma, hubo variación en el porcentaje de cenizas, grasa por método Soxhlet y proteína cruda; sobresaliendo la leche de almendras como la de mayor porcentaje en estas variables.

Palabras clave: Leche vegetal, obtención tradicional, calidad nutricional.

Correo electrónico: José Alfredo Trejo Solís, ictalfredo@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de que la leche de vaca es uno de los alimentos básicos de la dieta mundial, existen personas que evitan su consumo, ya sea porque siguen una dieta exenta de proteínas de origen animal o porque su ingesta les provoca ciertas patologías. Tal es el caso de los intolerantes a la lactosa y alérgicos a las proteínas de la leche de vaca. En este sentido, las leches vegetales son una alternativa de consumo para este sector de la población y también para los que simplemente prefieren alimentos sin colesterol y de bajo contenido calórico.

El concepto de leche vegetal, ha causado controversia debido a que la mayoría de las definiciones establecidas para el término “leche” solamente engloban al tipo de origen animal. Sin embargo, la Real Academia Española la define como el jugo blanco obtenido de algunas plantas, frutos o semillas; por lo tanto, el concepto de leche vegetal es válido.

Técnicamente, las leches vegetales son una especie de emulsión diluida de las fracciones: amilácea, proteica y lipídica de la materia prima de partida, con una distribución homogénea de los sólidos solubles en suspensión. Poseen una apariencia similar a la leche de vaca y cuyo uso es semejante.

El proceso para la obtención de leches vegetales es muy sencillo, tanto a nivel industrial como a pequeña escala, las operaciones unitarias empleadas no difieren en el mayor de los casos. Básicamente consiste en la molienda húmeda de la materia prima con/sin hidratación previa, seguida de la separación de los residuos de la molienda a través de la filtración. Posteriormente, es posible realizar una estandarización y/o adición de otros ingredientes como azúcar, saborizantes y estabilizantes. Asimismo, si el producto se destina a la comercialización es necesario homogenizar para mejorar la suspensión y pasteurizar para destruir células vegetativas y de esta forma prolongar su vida de anaquel.

Actualmente, estas bebidas se han popularizado en todo el mundo, en el mercado se encuentran algunas a base de legumbres, cereales, pseudocereales, semillas, frutos secos y frescos; gran parte de ellas en estado líquido y algunas en polvo o pasta para reconstituir. Sin embargo, los productos de grado comercial existentes varían notablemente en sus perfiles nutricionales. Por lo tanto, es de suma importancia dar a conocer las propiedades que nos ofrecen estas bebidas al obtenerlas de manera tradicional.

1.1 Justificación

En nuestros tiempos, a nivel mundial se ha incrementado el consumo de sucedáneos de la leche de vaca, estos productos se encuentran en el mercado en diferentes presentaciones: natural, saborizados, fortificados, combinados con jugo de frutas, concentrados y en polvo/pasta para reconstituir. Sin embargo, algunos presentan variaciones en su contenido nutrimental debido a los procesos que se someten para su comercialización. Además, su precio es relativamente elevado, lo que limita su adquisición por cierto grupo de la población.

Debido a que no se necesita de demasiada tecnología para elaborar leches vegetales, es importante conocer los componentes nutrimentales que nos ofrecen al obtenerlas de manera tradicional. Por lo tanto, en el presente trabajo se plantea desarrollar de manera tradicional algunas leches vegetales menos estudiadas, asimismo caracterizarlas químicamente y realizar una comparación entre ellas para demostrar su calidad nutricional.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar leches vegetales de manera tradicional a partir de diferente materia prima, a su vez determinar y comparar sus componentes nutricionales.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar leches vegetales de manera tradicional a base de: almendras (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb), arroz (*Oryza sativa* L.), avena (*Avena sativa* L.), coco (*Cocos nucífera* L.) y nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch).
- Caracterizar químicamente las leches vegetales producidas.
- Comparar los principales componentes de los diferentes tipos de leche vegetal obtenidos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Almendras (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb)

2.1.1 Aspectos generales de la almendra

La almendra es el fruto del almendro. El origen geográfico del almendro se sitúa en Asia central y en algunas zonas del Asia occidental, siendo el área en la que existe mayor número y tipo de especies salvajes. La expansión del almendro en el mundo comienza en épocas prehistóricas remotas; sin embargo, la producción del cultivo en América es reciente, puesto que, a mediados del siglo XIX fueron introducidas las primeras semillas a México por parte de los españoles y los primeros almendros fueron cultivados específicamente en California, Estados Unidos de América, lugar donde el cultivo se asentó perfectamente y actualmente sitúa a U.S.A. como el primer país productor a nivel mundial (Montero, 1993).

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica de los Estados Unidos, el almendro y sus frutos reciben el mismo nombre, como se observa en la siguiente clasificación.

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embryophyta*

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophytina*

Clase: *Magnoliopsida*

Superorden: *Rosanae*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Género: *Prunus* L.

Especie: *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb

El almendro (figura 1) es un árbol perenne de tamaño mediano, con hoja caduca, que en los ejemplares de edad y criados en buen suelo pueden pasar los 10 metros de altura. Su tronco es tortuoso de corteza muy rugosa y agrietada que se desprende en placas. Sus ramas son largas y derechas, de corteza lisa, verdes y lampiñas, y a veces algo pigmentadas de rojo. Las hojas son de hasta 12 cm. de longitud, simples, largamente lanceoladas, lampiñas con el margen finamente festoneado o aserrado y con pecíolo bien desarrollado; van en disposición alterna y al iniciar su desarrollo están plegadas a lo largo. Sus flores son blancas o de color rosa pálido, muy precoces, nacen en parejas o solitarias, casi sin cabillo de las ramas del año anterior, mucho antes de que broten las hojas. Presentan un cáliz de cinco sépalos y corola con cinco pétalos libres de 25 milímetros cada uno en promedio, que nacen junto con quince a treinta estambres, del borde de una envuelta acampanada (hipanto) que simula ser el tubo del cáliz y rodea al pistilo. El fruto es una drupa ovalada y comprimida que tiene la particularidad de que su mesocarpo carnoso se va resecando, convirtiéndose en correoso, hasta que finalmente se abre y deja en libertad el hueso con la semilla dentro; es decir, la almendra (López, 2007).



Figura 1. Ejemplar de almendro

Fuente: <http://www.spaincenter.org/alimentos/fotos/almendros-val-1.jpg>

Fecha de consulta: 04 de noviembre de 2015

La almendra (figura 2), es un fruto de 3-6 cm. de longitud en drupa, con exocarpo y mesocarpo correoso, posee el endocarpo duro con finas punteaduras y excavaciones, oblongo, elipsoide, dehiscente y a veces pueden existir dos hermanadas en cada almendra. Las semillas están recubiertas por una piel marrón y fibrosa, pueden ser de sabor dulce o amargo.

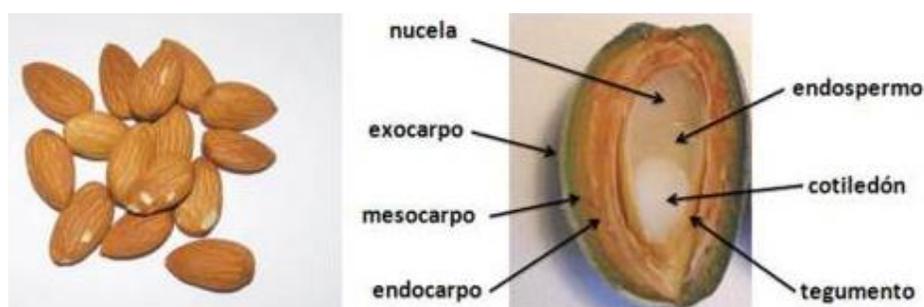


Figura 2. Estructura de la semilla de almendra

Fuente: <https://cienciacebas.files.wordpress.com/2012/12/almendra.jpg?w=540>

Fecha de consulta: 21 de octubre de 2015

2.1.1.1 Producción de almendra

Tan solo en el año 2013, la producción mundial de almendra con cáscara fue de 2,917,894 toneladas, y como se mencionó antes, Estados Unidos de América es el pionero con una producción que representa más del 60 %, le siguen los países de Australia, España, Marruecos e Irán. La República Mexicana no se destaca en la producción de este fruto, puesto que solamente produjo 60 toneladas, así como se observa en el cuadro 1 (FAO, 2013).

Cuadro: 1 Principales países productores de almendra

País	Producción en toneladas
1. Estados Unidos de América	1, 814, 372.00
2. Australia	160, 000.00
3. España	149, 000.00
4. Marruecos	96, 523.00
5. Irán (República Islámica)	87, 281.00
45. México	60.00

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Dirección de estadística. FAOSTAT, 2013.

Estos resultados pueden asociarse a los factores climáticos, puesto que los requerimientos de temperatura del cultivo son entre 15 y 18°C, inviernos suaves y veranos calurosos y en caso de sus requerimientos hídricos, necesitan al menos 600 milímetros de lluvia al año. Aunque es un árbol poco exigente respecto a la calidad de los terrenos en los que se asienta, para su desarrollo óptimo es muy exigente en nutrientes del suelo, tales como: potasio, nitrógeno, magnesio y fósforo (SIAP-SAGARPA, 2015).

2.1.2 Composición química y valor nutricional

Las almendras sobresalen dentro del grupo de los frutos secos debido a su alto contenido proteico y minerales, específicamente en calcio y potasio. En el cuadro 2, se muestra a detalle su composición química.

Cuadro: 2 Composición química de la almendra

Nutriente	Unidad	Valores por 100 g
Composición		
Agua	g	4.41
Energía	kcal	579
Energía	kJ	2423
Proteínas	g	21.15
Lípidos totales	g	49.93
Cenizas	g	2.97
Carbohidratos	g	21.55
Fibra dietaria, total	g	12.5
Azúcares totales	g	4.35
Sacarosa	g	3.95
Glucosa (dextrosa)	g	0.17
Fructosa	g	0.11
Lactosa	g	0
Maltosa	g	0.04
Galactosa	g	0.07
Almidón	g	0.72
Minerales		
Calcio	mg	269
Hierro	mg	3.71
Magnesio	mg	270
Fósforo	mg	481
Potasio	mg	733

Sodio	mg	1
Zinc	mg	3.12
Cobre	mg	1.031
Manganeso	mg	2.179
Selenio	µg	4.1
Vitaminas		
Tiamina	mg	0.205
Riboflavina	mg	1.138
Niacina	mg	3.618
Ácido pantoténico	mg	0.471
Vitamina B-6	mg	0.137
Folato, total	µg	44
Folato, alimentario	µg	44
Folato, DFE	µg	44
Colina, total	mg	52.1
Betaína	mg	0.5
Beta caroteno	µg	1
Vitamina A, UI	UI	2
Luteína + zeaxantina	µg	1
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	25.63
Beta tocoferol	mg	0.23
Gamma tocoferol	mg	0.64
Delta tocoferol	mg	0.07
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	3.802
Ácidos grasos monoinsaturados	g	31.551
Ácidos grasos poliinsaturados	g	12.329
Ácidos grasos trans	g	0.015
Colesterol	mg	0
Estigmasterol	mg	4
Campesterol	mg	5
Beta-sitosterol	mg	130
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.211
Treonina	g	0.601
Isoleucina	g	0.751
Leucina	g	1.473
Lisina	g	0.568
Metionina	g	0.157
Cistina	g	0.215
Fenilalanina	g	1.132
Tirosina	g	0.45
Valina	g	0.855
Arginina	g	2.465
Histidina	g	0.539

Alanina	g	0.999
Ácido aspártico	g	2.639
Ácido glutámico	g	6.206
Glicina	g	1.429
Prolina	g	0.969
Serina	g	0.912
Flavonoides		
Antocianinas		
Cianidina	mg	2.4
Flavan-3-oles		
(+)-Catequina	mg	1.3
(-)-Epigallocatequina	mg	2.6
(-)-Epicatequina	mg	0.6
Flavanonas		
Eriodictyol	mg	0.2
Naringenina	mg	0.4
Flavonoles		
Isorhamnetina	mg	2.6
Kaempferol	mg	0.4
Quercetina	mg	0.4
Proantocianidinas		
Proantocianidina monómeros	mg	7.8
Proantocianidina dímeros	mg	9.5
Proantocianidina trímeros	mg	8.8
Proantocianidina 4-6meros	mg	40
Proantocianidina 7-10meros	mg	37.7
Proantocianidina polímeros (>10meros)	mg	80.3

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

Las semillas de la almendra, contienen proteínas bien equilibradas en cuanto a su contenido de aminoácidos se refiere y por consiguiente son una importante fuente para la nutrición humana según la Real Academia Nacional de Medicina de España (1974). Sus proteínas son de fácil asimilación y completas en aminoácidos esenciales, además, su porcentaje es alto, alrededor del 21 % de contenido proteico, teniendo en cuenta que es un producto de origen vegetal, siendo superada únicamente por la soya del grupo de las legumbres (Pamplona, 2006).

Cerca de la mitad del peso de las almendras está constituido por grasas y por lo tanto, una de sus características principales es su elevado aporte energético. Presentan valores mínimos de ácidos grasos saturados y su contenido de ácidos

grasos insaturados es abundante, predominando los monoinsaturados (31 %) y los poliinsaturados (12 %), entre los que destaca el ácido linoleico; ácido graso esencial que debe incluirse en la dieta ya que actúa como precursor y no puede ser sintetizado por el organismo humano (Hernández, 2001). Por su composición de grasas favorables y fibra, su consumo contribuye benéficamente en las funciones del sistema nervioso, a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y colesterolemia (Alison & Oliver, 2012). Además, se ha demostrado que una dieta que consta de 20 % de calorías en forma de almendras, en un periodo de 16 semanas, es eficaz en la mejora de los marcadores de la sensibilidad a la insulina y mejoras significativas en la reducción de colesterol de baja densidad (LDL) en adultos con prediabetes (Wien *et al.*, 2010).

En caso de los hidratos de carbono, las almendras contienen una menor porción de este nutriente; en comparación con la de lípidos y proteínas. Sus azúcares totales oscilan entre el 4 %, de los cuales, la mayor proporción es de sacarosa. Además, cuando se consumen con cáscara, aportan 12 g de fibra dietética por cada 100 g de almendras, en ella también se incluyen compuestos antioxidantes como flavonoides.

La proporción de minerales que ofrece este fruto seco es muy adecuada, sobresalen el potasio, fósforo, magnesio y calcio; elementos principales para las funciones y regulaciones fisiológicas del organismo según la FAO (2002). En el caso de las vitaminas, son relativamente abundantes las del complejo B, pero sobretodo la vitamina E, cuya elevada presencia de alfa-tocoferol en la composición de las almendras les proveen gran potencial antioxidante; esta vitamina liposoluble en el humano, se sabe que actúa como antioxidante natural a nivel celular y reduce los peróxidos provenientes de la oxidación de los ácidos linoleico y linolénico (Badui, 2006).

Además de los macro y micronutrientes, las almendras son ricas en fitoesteroles; compuestos de origen vegetal que poseen una amplia variedad de efectos fisiológicos, se les atribuyen propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas y fungicidas, pero su efecto mejor caracterizado y científicamente

demostrado es su impacto hipocolesterolémico, tanto del nivel de colesterol total, como del colesterol LDL (Rodríguez, 2008).

Debido a sus propiedades, las almendras son un producto que constituye la materia prima de la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria, desde el punto de vista nutricional se ha utilizado como ingrediente básico o complementario en la elaboración de productos alimenticios y dietéticos, tales como: *snacks*, condimentos, crema/pasta, harinas, aceite y leche de almendras.

2.1.3 Leche de almendras

A pesar de que la leche de almendras probablemente suena como un producto relativamente nuevo, se remonta a la Europa Medieval e incluso de las generaciones anteriores del Medio Oriente. A las personas les atrae su alto contenido de proteínas, además de que se mantiene fresca durante un tiempo prolongado, a diferencia de los productos lácteos que tienden a agriarse (Chandler & Goldstein, 2009).

Las almendras contienen una especie de caseína que disuelta en agua suministra la leche de almendras, de gran valor en los regímenes alimenticios (López, 2007). Por sus propiedades nutrimentales, ha servido de sustituto excepcional de la leche de origen animal, ya que por su naturaleza no contiene colesterol, ni lactosa.

En el cuadro 3, se presentan los componentes químicos de la leche de almendra, el contenido de agua generalmente puede variar de acuerdo al proceso de elaboración, especialmente las proporciones de almendra y agua utilizadas.

Cuadro: 3 Composición química de la leche de almendra

Composición	Valores por 100 mL
Agua	96.3
Proteína	0.97
Grasa	1.29
Fibra	0.41
Cenizas	0.31
Carbohidratos	0.72

Fuente: Toro-Funes, 2014.

Se trata de una bebida muy nutritiva y de fino sabor, cuya riqueza en proteínas y minerales es comparable a la leche de vaca, puesto que el contenido de calcio de la leche de almendras supera al de la leche (269 mg y 119 mg por cada 100 g de producto, respectivamente), aunque claro está que las cantidades de almendra que se consumen habitualmente son menores que las de leche o sus derivados lácteos (Pamplona, 2006).

La leche de almendras está especialmente recomendada en los siguientes casos, según Pamplona (2006):

- Intolerancia alimentaria a la leche de vaca, generalmente causada por la intolerancia a la lactosa.
- Eccemas y diarreas infantiles, puesto que la leche de vaca es la responsable de un gran número de casos de alergia infantil, manifestada en forma de eccemas y erupciones de la piel. De la misma forma, en casos de diarrea aguda del lactante, descomposición intestinal, flatulencias u otros trastornos digestivos.
- Personas que presentan un exceso de colesterol en la sangre, la leche de almendras son nulas en este compuesto y son ricas en ácidos grasos poliinsaturados.
- Infancia y etapa de crecimiento, debido a que la leche de almendras es una bebida refrescante, rica en calorías y nutrientes, mucho más apropiada para los niños que la mayor parte de las bebidas que habitualmente se consumen. Especialmente es recomendada a los niños que presentan problemas del sistema nervioso o concentración, ya que su riqueza en ácido linoleico y fósforo favorece el rendimiento intelectual.
- Personas de la tercera edad, los ancianos a los que se le dificulte la masticabilidad de las almendras en su naturaleza íntegra pueden consumir su leche en abundancia.

- Mujeres en periodo de lactancia y embarazo, porque la almendra tiene un efecto galactógeno.

Se comercializa de forma líquida y en polvo, algunas contienen aditivos y edulcorantes, aunque lo más recomendable es evitar eso. Por otro lado, las almendras son un producto de alto costo por lo que es posible que la leche contenga solamente una pequeña cantidad de semillas, por lo tanto, las etiquetas se deben leer atentamente, ya que es de suponerse que a mayor contenido de este fruto ofrece mejores beneficios para la salud.

2.2 Arroz (*Oryza sativa* L.)

2.2.1 Aspectos generales del arroz

El arroz es uno de los cultivos más antiguos, su cultivo comenzó hace casi 10,000 años en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. El desarrollo del cultivo tuvo lugar en China y probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. Existen dos especies cultivadas, a pesar de que se considere una única planta: la variedad asiática y la africana. En la variedad asiática, se han seleccionado y buscado granos de mayor tamaño hasta obtener la especie *Oryza sativa*, que dio origen a tres razas diferentes: Índica, Japónica y Javánica. En la variedad africana, *Oryza glaberrima* presenta una menor diversidad, se obtuvo a partir de dos especies silvestres. El género *Oryza* comprende veinticinco especies distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de Asia, África, América Central y del Sur y Australia, siendo *Oryza sativa* L. la más importante (Franquet & Borràs, 2004).

El arroz (*Oryza sativa* Linn.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* de las gramíneas, establecido así por el Sistema Integrado de Información Taxonómica de los Estados Unidos.

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embryophyta*
División: *Tracheophyta*
Subdivisión: *Spermatophytina*
Clase: *Magnoliopsida*
Superorden: *Lilianaes*
Orden: *Poales*
Familia: *Poaceae*
Género: *Oryza*
Especie: *Oryza sativa* L.

La planta de arroz (figura 3) puede medir de 0.4-7 metros. La morfología de ésta gramínea anual se basa en raíces delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: las seminales y las adventicias secundarias. En el tallo se forman nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud. Sus hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano, en el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida. Sus flores son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Su inflorescencia es una panícula localizada sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula y consiste de dos lemas estériles: raquilla y flósculo (Franquet & Borràs, 2004).



Figura 3. Planta de arroz

Fuente: http://ian.umces.edu/imagelibrary/albums/userpics/12789/normal_ian-symbol-rice-1.png

Fecha de consulta: 21 de octubre de 2015

El grano de arroz (figura 4) es el ovario maduro, seco e indehisciente. El grano con cáscara se conoce como arroz “paddy o palay”, consta de la cáscara formada por la lema y la palea con sus estructuras asociadas, lemas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lema, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación. Debajo de la lema y la palea existen tres capas que constituyen el pericarpio; debajo de éstas, se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona. El embrión consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo y la radícula está envuelta por la coleoriza. El grano descascarado de arroz (cariósido), con el pericarpio pardusco, se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el denominado arroz rojo.

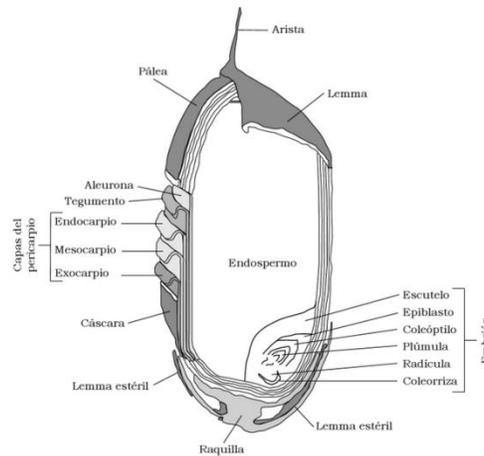


Figura 4. Estructura del grano de arroz

Fuente: Degiovanni *et al.*, *Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (Oryza sativa L.*, Colombia, 2010, p. 57.

El arroz necesita tanta agua para desarrollarse bien, que de hecho la planta requiere que la tierra en donde se asienta esté sumergida. La principal exigencia a los suelos es que tengan un alto contenido de materia orgánica y elevada capacidad de retención de agua, por lo tanto, los más adecuados son los pesados arcillosos. Su cultivo está difundido en distintos tipos de suelo: tierras grises, rojas, negras y lateríticas, siendo de climas tibios/cálidos (30°C es la temperatura ideal).

2.2.1.1 Producción de arroz

En México, el arroz se produce de manera distinta según la zona geográfica, por ejemplo, en el Noreste y Noroeste se siembra de manera directa en la tierra y bajo riego; en el centro-Sur se hace por medio de trasplante bajo riego, en tanto que la región Sureste se trata de un cultivo temporal debido a las lluvias abundantes. De tal manera, en México se siembran más otros cereales como maíz o trigo, aunque el arroz proporciona grandes rendimientos, ingresos y nutrientes a las familias (SIAP-SAGARPA, 2015).

La producción mundial de arroz con cáscara en el año 2013 fue de 740,902,532 toneladas, los principales productores de este grano son: China, India, Indonesia, Bangladesh y Vietnam. En el cuadro 4, se observa la producción en toneladas de los principales países productores de arroz.

Cuadro: 4 Principales países productores de arroz con cáscara

País	Producción en toneladas
1. China	203, 612, 200.00
2. India	159, 200, 000.00
3. Indonesia	71, 279, 709.00
4. Bangladesh	51, 500, 000.00
5. Vietnam	44, 039, 291.00
68. México	179, 776.00

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Dirección de estadística. FAOSTAT, 2013.

Según los datos de la FAO (2013), la producción de arroz con cáscara en México se sitúa en el lugar 68 a nivel mundial. Sin embargo, para el año 2014, la producción de arroz palay en la República Mexicana aumentó como puede apreciarse en el cuadro 5. Siendo el estado de Nayarit el productor con más volumen de producción.

Cuadro: 5 Producción de arroz palay en México

Ubicación	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Nayarit	8,935.86	8,743.86	47,789.04	5.46
Michoacán	4,498.50	4,498.50	39,500.61	8.78
Veracruz	5,660.00	5,660.00	32,928.70	5.82
Campeche	7,862.50	7,766.00	30,850.13	3.97
Jalisco	3,166.00	3,166.00	18,546.80	5.86
Colima	2,978.00	2,978.00	17,394.94	5.84
Tamaulipas	2,473.69	2,473.69	15,111.05	6.11
Tabasco	3,041.00	2,901.00	12,575.23	4.34
Morelos	1,222.50	1,222.50	12,314.33	10.07
Guerrero	394.83	386.83	2,389.19	6.18
Chiapas	588	588	1,226.10	2.08
Quintana Roo	185	185	925	5
Estado de México	73	73	607.5	8.32
TOTAL	41,078.88	40,642.38	232,158.62	5.71

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA), 2014.

De todos los cereales existentes o conocidos, sin duda, el arroz es el que ofrece la posibilidad de llenar más rápidamente un déficit de producción agrícola para la

alimentación del hombre. En los últimos años ha experimentado más auge en cultivo y consumo; es el recurso alimenticio más utilizado por los países pobres en su alimentación y la demanda en los países ricos aumenta cada año (Franquet & Borràs, 2004).

2.2.2 Composición química y valor nutricional

El arroz en su estado natural (con cáscara) presenta muchas variedades con colores diferentes que incluyen el pardo, rojo, púrpura e incluso negro, todas apreciadas debido a sus propiedades benéficas para la salud (FAO, 2004). En el cuadro 6, se presenta la comparación del arroz pulido e integral, en donde se observa que el arroz con cáscara integral posee un contenido mayor de nutrientes que el arroz blanco o pulido, al cual se le han retirado las capas: lema, palea, pericarpio, aleurona y germen; que constituyen la fibra alimenticia y parte de la fracción lipídica y proteica respectivamente.

Cuadro: 6 Comparación nutricional del arroz pulido e integral

Nutriente	Arroz pulido	Arroz integral
Proteína (g/100 g)	6.8	7.9
Fe (mg/100 g)	1.2	2.2
Zn (mg/100 g)	0.5	0.5
Fibra (g/100 g)	0.6	2.8

Fuente: Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) citado por la FAO, 2004.

El pulido es un proceso al cual se somete el grano que entre cuestiones de estética y reducción de tiempos de cocción, su objetivo principal es prolongar su tiempo de almacenamiento, ya que los granos son susceptibles de deterioro/lipoxidación debido a la grasa que contiene el germen.

En este sentido, el arroz blanco o pulido lo consume alrededor del 75 % de la población mundial y proporciona entre 25-80 % de las calorías de la dieta diaria de millones de personas y aunque el arroz integral presente mejores características nutricionales, el número de personas que lo incluye en su dieta es relativamente pequeño. En el cuadro 7, se aprecia la composición del arroz blanco crudo y sin fortificar de acuerdo al tamaño de grano, en base a 100 gramos.

Cuadro: 7 Composición química de granos de arroz blanco

Nutriente	Grano corto	Grano medio	Grano largo, normal	Unidad
Composición				
Agua	13.29	12.89	11.62	g
Energía	358	360	365	kcal
Proteína	6.5	6.61	7.13	g
Lípidos totales	0.52	0.58	0.66	g
Cenizas	0.54	0.58	0.64	g
Carbohidratos	79.15	79.34	79.95	g
Fibra dietaría total	0	0	1.3	g
Azúcares totales	0	0	0.12	g
Minerales				
Calcio	3	9	28	mg
Hierro	0.8	0.8	0.8	mg
Magnesio	23	35	25	mg
Fósforo	95	108	115	mg
Potasio	76	86	115	mg
Sodio	1	1	5	mg
Zinc	1.1	1.16	1.09	mg
Cobre	0.21	0.11	0.22	mg
Manganeso	1.037	1.1	1.088	mg
Selenio			15.1	µg
Vitaminas				
Vitamina C	0	0	0	mg
Tiamina	0.07	0.07	0.07	mg
Riboflavina	0.048	0.048	0.049	mg
Niacina	1.6	1.6	1.6	mg
Ácido pantoténico	1.287	1.342	1.014	mg
Vitamina B6	0.171	0.145	0.164	mg
Folato total	6	9	8	µg
Folato alimenticio	6	9	8	µg
Folato DFE	6	9	8	µg
Colina total	0	0	5.8	mg
Vitamina E (alfa-tocoferol)	0	0	0.11	mg
Vitamina K	0	0	0.1	µg
Lípidos				
Ácidos grasos saturados	0.14	0.158	0.18	g
Ácidos grasos monoinsaturados	0.161	0.181	0.206	g
Ácidos grasos poliinsaturados	0.138	0.155	0.177	g
Aminoácidos				
Triptófano	0.075	0.077	0.083	g

Treonina	0.233	0.236	0.255	g
Isoleucina	0.281	0.285	0.308	g
Leucina	0.538	0.546	0.589	g
Lisina	0.235	0.239	0.258	g
Metionina	0.153	0.155	0.168	g
Cistina	0.133	0.135	0.146	g
Fenilalanina	0.348	0.353	0.381	g
Tirosina	0.217	0.221	0.238	g
Valina	0.397	0.403	0.435	g
Arginina	0.542	0.551	0.594	g
Histidina	0.153	0.155	0.168	g
Alanina	0.377	0.383	0.413	g
Ácido aspártico	0.611	0.621	0.67	g
Ácido glutámico	1.268	1.288	1.389	g
Glicina	0.296	0.301	0.325	g
Prolina	0.306	0.311	0.335	g
Serina	0.342	0.347	0.375	g

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

El arroz blanco es pobre en sustancias proteicas, por tal razón, como alimento único no puede proporcionar todos los nutrientes necesarios para una alimentación adecuada. Presenta un déficit en los aminoácidos esenciales: triptófano, metionina y lisina, pero es rico en ácido glutámico y ácido aspártico. Asimismo, su contenido de lípidos es casi nulo (menos de 1 %) y la mayor parte de ellos se concentran en el embrión o germen, por lo tanto este valor se reduce al pulir el grano. En caso de los carbohidratos, es todo lo contrario ya que son los principales componentes del arroz, su fracción amilácea es prácticamente almidón en su totalidad, a éste compuesto se le atribuye su gran aporte energético.

Además de proporcionar energía, el arroz es una buena fuente de las vitaminas tiamina, riboflavina y niacina (FAO, 2004). El arroz blanco es muy apropiado para las dietas bajas en sodio (sólo contiene 1 mg por cada 100 g), por lo que es recomendable en caso de hipertensión y de afecciones cardiacas. Es deficiente también en su contenido de hierro, cobre y calcio, aunque su contenido de fósforo, potasio y magnesio es muy apropiado.

Según la FAO, debe incrementarse la cantidad de arroz de grano entero y moderadamente elaborado así como de productos de arroz y fomentarse su consumo, con objeto de obtener beneficios de nutrición humana, particularmente en relación con los micronutrientes. En la actualidad, se cuenta con una amplia gama de productos de arroz de preparación sencilla y rápida, pueden obtenerse a partir de arroz con cáscara o arroz blanco, tales como: arroz instantáneo/precocido, granulado, hinchado y tostado. Así como tallarines y papel de arroz, tortas, pudines, harina, almidón, bebidas fermentadas y leche de arroz.

2.2.3 Leche de arroz

Se ha empleado como sucedáneo de la leche animal y de la leche en polvo. Su uso es semejante, acompañar cereales y preparar productos en los que prevén como ingrediente la leche. La leche de arroz puede prepararse con harina de arroz hinchado o harina elaborada en húmedo, opcionalmente se puede añadir azúcar y/o algunas sustancias aromatizantes/saborizantes. Aunque, el arroz integral proporciona una leche de mejor calidad que el arroz elaborado o blanco (Juliano, 1994).

La composición nutrimental de la leche de arroz puede observarse en el cuadro 8, como una bebida sin endulzar, de acuerdo a lo establecido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Cuadro: 8 Composición química de la leche de arroz

Nutrientes	Unidad	Valores por 100 g
Composición		
Agua	g	89.28
Energía	kcal	47
Energía	kJ	195
Proteína	g	0.28
Lípidos totales	g	0.97
Cenizas	g	0.3
Carbohidratos	g	9.17
Fibra dietaría	g	0.3
Azúcares totales	g	5.28

Minerales		
Calcio	mg	118
Hierro	mg	0.2
Magnesio	mg	11
Fósforo	mg	56
Potasio	mg	27
Sodio	mg	39
Zinc	mg	0.13
Cobre	mg	0.037
Manganeso	mg	0.282
Selenio	µg	2.2
Vitaminas		
Vitamina C	mg	0
Tiamina	mg	0.027
Riboflavina	mg	0.142
Niacina	mg	0.39
Ácido pantoténico	mg	0.146
Vitamina B-6	mg	0.039
Folato, total	µg	2
Ácido fólico	µg	0
Folato alimentario	µg	2
Folato, DFE	µg	2
Colina	mg	2.1
Vitamina B-12	µg	0.63
Vitamina A, RAE	µg	63
Retinol	µg	63
Vitamina A, IU	IU	208
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	0.47
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	0
Ácidos grasos monoinsaturados	g	0.625
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0.313

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

El contenido total y valor biológico de las proteínas de la leche de arroz (0.28 %) es claramente inferior al de las proteínas lácteas (3.5 %). Por lo tanto, si se pretende que sea un alimento completo es necesario suplementarlo con los aminoácidos esenciales en los que es deficiente. De la misma forma, puede complementarse al combinarlo con alimentos de riqueza proteica como las legumbres.

Sin embargo, las proporciones de nutrientes que puede aportar la leche de arroz dependen del tipo de arroz usado y el procesamiento, por ejemplo: un estudio para la determinación de tiamina en leche de arroz en polvo demostró que contiene grandes cantidades de esta vitamina (11.95 µg/mL), por lo tanto, se puede considerar que es una fuente importante y buen suplemento para aquellas personas con dietas especiales, ya sea para bajar de peso y/o por condiciones de salud, así como para vegetarianos (Lalić *et al.*, 2014).

Tradicionalmente, en el mercado se puede encontrar leche de arroz natural, en polvo, no aromatizada y con una amplia variedad de sabores, aunque puede prepararse de manera muy sencilla de forma casera (Prandoni & Zago, 2013). Así, no solamente el gasto es relativamente más bajo sino que también el producto se consume lo más fresco posible.

2.3 Avena (*Avena sativa* L.)

2.3.1 Aspectos generales de la avena

Existen diferentes teorías sobre la procedencia de las avenas cultivadas, se piensa que pudieron tener su origen en el suroeste de Europa, en el suroeste de Asia e incluso en el norte de África, aunque las teorías más extendidas se inclinan por su origen asiático. Las primeras semillas de avena conocidas se han encontrado en Egipto (2000-1788 a. C.), las pruebas más antiguas del cultivo de avena en Europa proceden de Europa central en la Edad del Bronce. Por lo tanto, la avena como cultivo es más reciente que el trigo y la cebada, puesto que, las antiguas civilizaciones no la conocían como cultivo sino como una mala hierba de esos cereales (Mateo, 2005). En América, los españoles introdujeron el cultivo durante la colonización a Norteamérica y se extendió a Sudamérica (Langer *et al.*, 1991).

El género avena es muy diversificado y se clasifica en dos grandes secciones: *Avenastrum* (avenas vivaces y salvajes de glumas con 1-3 nervios) y *Euavenas* (avenas anuales, cultivadas y salvajes con glumas multinerviadas). Se conocen

especies diploides, tetraploides y el grupo hexaploide ($2n=42$) que incluye la mayoría de las especies cultivadas tales como: *Avena sativa* y *Avena byzantina*, además las malas hierbas como: *Avena fatua* y *Avena sterilis*. *A. sativa* y *A. byzantina* son las más importantes, han producido numerosas variedades de otoño/primavera y algunos botánicos las clasifican a ambas como *Avena sativa*. A continuación, se muestra a detalle su clasificación según el Sistema Integrado de Información Taxonómica de los Estados Unidos.

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embryophyta*

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophytina*

Clase: *Magnoliopsida*

Superorden: *Lilianae*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Avena*

Especie: *Avena sativa* L.

La planta de avena (figura 5), es una gramínea anual, su sistema radicular es más desarrollado que el del trigo y el de la cebada. Sus tallos están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos, pueden medir de 0.5-1 metro de largo, son rectos y gruesos pero con poca resistencia al vuelco; poseen buen valor forrajero. Sus hojas son de color verde azulado, planas y alargadas, los nervios de la hoja son paralelos y muy marcados, su borde libre es dentado, su limbo es estrecho y largo de color verde oscuro, áspero al tacto y en la base lleva numerosos pelos. En la unión del limbo existe lígula como en otros cereales, pero no existen aurículas. La inflorescencia de la avena es en panícula, un racimo de espiguillas de dos o tres flores, situadas sobre largos pedúnculos o racimos, dispuestos en verticilos. Cada espiguilla por semejanza con las gramíneas tiene

dos glumas multinervias, un eje o raquis que lleva dos o tres flores, las cuales producen dos o tres granos (Mateo, 2005). Cada flor está compuesta de la lemma, palea y sus órganos reproductivos: el ovario y sus tres estambres (Flores, 2005).



Figura 5. Planta de avena

Fuente: <http://www.mtplantas.com/imagenes/avena.jpg>

Fecha de consulta: 22 de octubre de 2015

El fruto de avena es un cariósipide o grano (figura 6), vestido, fibroso, de color amarillo claro a marrón oscuro, de forma fusiforme alargada; puede medir hasta 3 cm de longitud. En ocasiones conserva la parte de las aristas de las glumas, el grano de avena está cubierto de numerosos pelos. Está compuesto por un 3 % de germen, 30 % de salvado y 57 % de endospermo harinoso. Su salvado es muy delgado y de color marrón-beige opaco, suele permanecer adherido a fragmentos del endospermo. Su endospermo, principalmente constituido de almidón, tiene una consistencia de pasta semi-seca y se presenta en forma de grandes granos compuestos, constituido por muchos gránulos pequeños e individuales de forma poliédrica, cuyo tamaño oscila entre 3-10 μm (Sala & Barroeta, 2003).

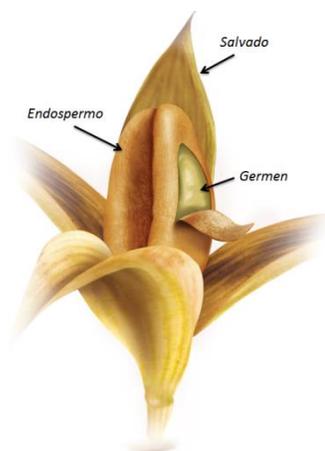


Figura 6. Estructura del grano de avena

Fuente: <http://viveentero.com/css/img/bg/grano.png>

Fecha de consulta: 23 de octubre de 2015

La avena es una planta de climas fríos, muy sensible a altas temperaturas, sobre todo durante la floración y la formación del grano. Exige mucha agua para su desarrollo porque presenta gran transpiración, alrededor de 530-600 litros de agua por cada kilogramo de materia seca formada. Es poco exigente en suelos pues se adapta a terrenos muy diversos, aunque prefiere los profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso y que retengan la humedad. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, con pH comprendido entre 5 y 7, por lo tanto suele sembrarse en tierras ricas en materia orgánica (SIAP-SAGARPA, 2015). Se siembra en primavera en muchas zonas, excepto en los climas cálidos y áridos, el grano que proporciona sirve de pienso excelente para todo tipo de ganado aunque también para la alimentación humana (Mateo, 2005).

2.3.1.1 Producción de avena

La producción mundial de avena en el año 2013 fue de 23,880,997 toneladas. La Federación de Rusia es el país que más avena produce como puede observarse en el cuadro 9.

Cuadro: 9 Principales países productores de avena

País	Producción en toneladas
1. Federación de Rusia	4, 931, 822.00

2. Canadá	3, 888, 000.00
3. Finlandia	1, 196, 800.00
4. Polonia	1, 190, 039.00
5. Australia	1, 121, 135.00
31. México	91, 049.00

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Dirección de estadística. FAOSTAT, 2013.

Según los datos de la FAO (2013), México se sitúa en el puesto 31, con un volumen de producción de 91,049 toneladas. Aunque, en el año 2014, la producción de grano de avena para consumo humano fue de 93,020.93 toneladas, representando un ligero aumento en la producción. En el cuadro 10, pueden observarse los principales estados productores.

Cuadro: 10 Producción de avena en grano en México

Ubicación	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Chihuahua	27,429.00	27,078.20	47,717.14	1.76
Estado de México	11,534.00	11,534.00	17,974.18	1.56
Hidalgo	7,889.00	7,671.50	11,271.05	1.47
Zacatecas	2,280.00	2,280.00	6,319.00	2.77
Durango	1,361.00	1,361.00	4,693.90	3.45
Tlaxcala	1,050.00	1,050.00	2,273.00	2.16
Jalisco	393	393	1,655.00	4.21
San Luis Potosí	1,184.00	918	487.46	0.53
Puebla	270	270	485.40	1.8
Guanajuato	20	20	120.00	6
Coahuila	8	8	15.20	1.9
Veracruz	8	8	9.60	1.2
TOTAL	53,426.00	52,591.70	93,020.93	1.77

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA), 2014.

Cerca del 18 % de la producción mundial de avena se destina al consumo humano, mientras que el resto se incluye como forraje para la alimentación de rumiantes. Por lo tanto, es importante enfocarse en sus aportes nutricionales para aumentar su consumo en distintos productos.

2.3.2 Composición química y valor nutricional

La avena es un cereal conocido pero menormente consumido que el resto de los cereales, a pesar de que el contenido de algunos nutrientes sea mayor. Representa solamente el 1 % de la producción de cereales del mundo. Se utiliza tanto para alimentación animal como para alimento humano, debido a su valor nutricional y beneficios adicionales para la salud. Los alimentos de avena han demostrado reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, mejorar la respuesta de glucosa en la sangre y extender la saciedad (Tosh & Miller, 2016).

El grano posee más del 60 % de carbohidratos, principalmente almidón. Su contenido de lípidos oscila entre el 7 %, en donde se destacan los ácidos grasos poliinsaturados. El porcentaje de proteínas que presenta es más alto que el de todos los cereales, alrededor del 17 % del grano; dentro de sus proteínas se encuentra la avenina una prolamina característica de la avena. Asimismo, sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, sobresaliendo la leucina, valina, y otros como: prolina, arginina, ácido aspártico y glutámico.

Una de las características más representativas de la avena es su alto contenido de fibra, constituida por una mezcla de glucanos procedentes del interior del endospermo y de constituyentes insolubles del grano (Sánchez, 2003). En animales, se ha demostrado que la fibra de avena tiene un efecto reductor del colesterol y de la misma forma se ha observado en los seres humanos. Se cree que la avena es benéfica en el tratamiento de hipercolesterolemia y posiblemente en la prevención de enfermedades cardíacas/coronarias (Shinnick *et al.*, 1988). En el cuadro 11, se aprecia detalladamente la composición de la avena.

Cuadro: 11 Composición química de la avena

Nutriente	Unidad	Valores por 100 g
Composición		
Agua	g	8.22
Energía	kcal	389
Energía	kJ	1628

Proteína	g	16.89
Lípidos totales	g	6.9
Cenizas	g	1.72
Carbohidratos	g	66.27
Fibra dietaria total	g	10.6
Minerales		
Calcio	mg	54
Hierro	mg	4.72
Magnesio	mg	177
Fósforo	mg	523
Potasio	mg	429
Sodio	mg	2
Zinc	mg	3.97
Cobre	mg	0.626
Manganeso	mg	4.916
Vitaminas		
Vitamina C	mg	0
Tiamina	mg	0.763
Riboflavina	mg	0.139
Niacina	mg	0.961
Ácido pantoténico	mg	1.349
Vitamina B6	mg	0.119
Folato total	µg	56
Ácido fólico	µg	0
Folato alimentario	µg	56
Folato DFE	µg	56
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	1.217
Ácidos grasos monoinsaturados	g	2.178
Ácidos grasos poliinsaturados	g	2.535
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.234
Treonina	g	0.575
Isoleucina	g	0.694
Leucina	g	1.284
Lisina	g	0.701
Metionina	g	0.312
Cistina	g	0.408
Fenilalanina	g	0.895
Tirosina	g	0.573
Valina	g	0.937
Arginina	g	1.192
Histidina	g	0.405
Alanina	g	0.881
Ácido aspártico	g	1.448

Ácido glutámico	g	3.712
Glicina	g	0.841
Prolina	g	0.934
Serina	g	0.750

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

Estos valores pueden variar respecto a la variedad, climatología y condiciones de cultivo. La avena es cultivada en todo el mundo y representa un alimento básico en la dieta de la población de varios países. Es una rica fuente de proteínas, minerales, lípidos y glucanos; un polisacárido mezclado-vinculado que forma una importante parte de la fibra dietética de la avena. Además, en su composición se incluyen algunos compuestos fitoconstituyentes como: avenantramidas, flavonoides, flavolignanós, saponinas triterpenoides, esteroides y tocoles (Singh *et al.*, 2013). Se ha demostrado mediante ensayos clínicos que las avenantramidas tienen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes que reducen las enfermedades coronarias en humanos (Gao *et al.*, 2015).

De tal forma, el consumo de avena puede ser una intervención dietética para reducir la acumulación de grasas, mejorar el metabolismo de lípidos y aumentar el lapso de la salud (Gao *et al.*, 2015). Tradicionalmente, a la avena se le asocian efectos estimulantes, antiespasmódicos, antitumorales, diuréticos, neurotónicos, antiinflamatorios, antidiabéticos, inmunomoduladores, antioxidantes y anticolesterolemicos. Por lo tanto, debido a su disponibilidad, composición química y actividad farmacológica su consumo contribuye benéficamente a la salud humana (Singh *et al.*, 2013).

2.3.3 Leche de avena

Ha servido como sustituto de la leche de vaca, en su definición, se entiende por leche de avena a la bebida que contiene sólidos en suspensión de tal cereal, se obtiene por la trituración húmeda del grano integral u hojuelas con agua caliente; para obtener una bebida viscosa y a su vez presente mejor digestibilidad al ser consumida. Adicionalmente, se le pueden añadir endulzantes e incluso puede

combinarse con frutos secos/frescos durante la molienda, con el objeto de reforzar sus cualidades nutritivas y sensoriales.

En algunos casos, difieren las propiedades nutritivas del producto (cuadro 12) a comparación de la composición química del grano sin procesar. En este sentido, al someter a la avena a procesos físicos, químicos, biológicos e hidrotermales, puede disminuir notablemente su valor nutritivo. Puesto que, se producen cambios en su microestructura y en las características funcionales de sus proteínas, almidones y componentes de la fibra (Tosh & Miller, 2016).

Cuadro: 12 Composición química de la leche de avena

Composición	Valores por 100 g	Unidad
Energía	40	Kcal
Energía	167	kJ
Lípidos	1.5	g
Ácidos grasos saturados	0.1	g
Carbohidratos	6	g
Azúcares	4	g
Fibra alimentaria	0.5	g
Beta-glucanos	0.4	g
Proteínas	1	g

Fuente: www.lactosa.org

La transformación de la avena a una forma líquida implica el descascarado de la semilla, la molienda en húmedo, la hidrólisis de la amilasa. De tal manera, estos tratamientos podrían causar la pérdida de algunas vitaminas y minerales, así como la modificación del perfil de ácidos grasos (Zhang *et al.*, 2007).

Generalmente, esta bebida suele garantizar una mayor sensación de saciedad de la que obtendríamos con la leche u otras bebidas vegetales, tanto por su contenido de fibra como por los hidratos de carbono de absorción lenta que posee como el almidón (Disponible en: <http://www.avena10.com/leche>, 2015).

2.4 Coco (*Cocos nucífera* L.)

2.4.1 Aspectos generales del coco

El coco es un fruto tropical proveniente del cocotero. Se dice que tiene sus orígenes en Asia, de donde se ha extendido a todo el mundo (Lizano, 2001). Esa enorme dispersión de la especie ha sido posible gracias a la mano del hombre, así como al poder germinativo de los cocos, puesto que no se pierde al flotar en agua salada, incluso después de cien días o más, asentándose de esta manera de una costa a otra (Del Cañizo, 2011).

La dispersión a través del Pacífico parece haber ocurrido desde Nueva Guinea a la Polinesia y de ahí a América Tropical. Los cocoteros de las costas del este de América Tropical, se parecen a los del oeste de África, por lo que parece razonable asumir que los progenitores procedían del sureste de Asia, vía África, o que los portugueses los introdujeron a Brasil y los españoles a otros países de América (Granados & López, 2002).

Por otra parte, el cocotero posee un número cromosómico $2n=32$ y pertenece a la familia *Arecaceae* que comprende un solo género. De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica, se clasifica de la siguiente manera:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embryophyta*

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophytina*

Clase: *Magnoliopsida*

Superorden: *Lilianaes*

Orden: *Arecales*

Familia: *Arecaceae*

Género: *Cocos* L.

Especie: *Cocos nucífera* L.

La palmera de cocos o cocotero (figura 7), es una planta monopódica, consta de un solo tronco no ramificado casi siempre inclinado, liso o áspero; de una altura de 10–20 metros y de 50 cm de grosor aproximadamente, debido a que no posee tejido meristemático no engruesa, sin embargo, el diámetro y la altura del tronco dependen de las condiciones ecológicas, variedades, disponibilidad de agua y edad de la planta. En su extremo superior o ápice, presenta un grupo de hojas que protegen el único punto de crecimiento o yema terminal que posee la planta y la inflorescencia es la única ramificación del tallo. Su sistema radicular es fasciculado, las raíces primarias son las encargadas de la fijación de la planta y de la absorción de agua; las terciarias, derivadas de las secundarias, son las verdaderas extractoras de nutrientes. Sus raíces activas se localizan en un radio de 2 metros del tronco, a una profundidad entre los 0.2–0.8 metros, dependiendo de la profundidad efectiva del suelo y de la profundidad del nivel freático. Las hojas del cocotero son de tipo pinnada y están formadas por un pecíolo que casi circunda el tronco, continua un raquis del cual se desprenden de 200–300 folíolos, el largo de la hoja puede alcanzar los 6 metros y es menor al aumentar la edad de la planta. Posee inflorescencias paniculadas, axilares, protegidas por una bráctea llamada espada que se desarrolla en 3 o 4 meses, abriéndose y liberando las espigas, las cuales contienen flores masculinas en los dos tercios terminales y femeninas en el tercio basal (Lizano, 2001).



Figura 7. Ejemplar de cocotero

Fuente: <http://thumbs.dreamstime.com/z/palmera-del-coco-32219084.jpg>

Fecha de consulta: 26 de octubre de 2015

Su fruto (figura 8), es una drupa de forma ovoide, mide de 20–30 cm y puede pesar hasta 2 kg. Está formado por una epidermis lisa, un mesocarpo espeso del cual se extrae fibra. Mas a su interior se encuentra el endocarpo que es una capa fina y dura de color marrón, llamada hueso o concha, envuelto por él se encuentra el albumen sólido o copra, que forma una cavidad grande donde se aloja el albumen líquido, también conocido como agua de coco. El embrión se encuentra próximo a dos orificios del endocarpo, envuelto por el albumen sólido (Lizano, 2001).

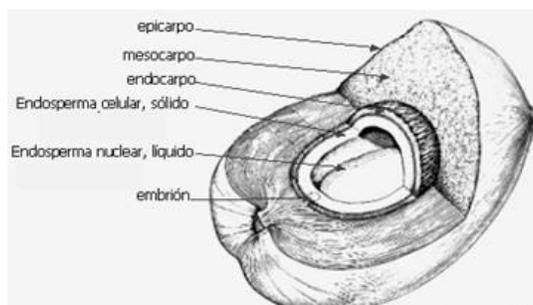


Figura 8. Estructura del coco

Fuente: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema24/images24/sem8.gif>

Fecha de consulta: 26 de octubre de 2015

Por la distribución geográfica de esta planta, sabemos que los climas cálidos y húmedos son los más favorables para su cultivo, siendo las costas el lugar ideal. La temperatura media debe de estar alrededor de los 27 °C sin variaciones mayores de 7 °C. Los cocoteros no pueden desarrollarse en la sombra, necesitan al menos 2000 horas anuales de insolación y requieren 1500 mm de lluvia en el mismo periodo (SIAP-SAGARPA, 2015).

2.4.1.1 Producción de coco

El cocotero es de utilidad muy diversa para los pueblos de los trópicos, sobre todo en el sureste de Asia y Polinesia. Hasta hace unos 30 años era la oleaginosa más importante en el comercio mundial (León, 2000). Para el año 2013, la producción

mundial de coco fue de 62,450,192 toneladas, de las cuales el 30 % fue producido por Indonesia, colocándose como el principal país productor. México ocupó el octavo lugar a nivel mundial, siendo de los países líderes en la producción de coco en América, como puede observarse en el cuadro 13.

Cuadro: 13 Principales países productores de nuez de coco

País	Producción en toneladas
1. Indonesia	18, 300, 000.00
2. Filipinas	15, 353, 200.00
3. India	11, 930, 000.00
4. Brasil	2, 890, 286.00
5. Sri Lanka	2, 513, 000.00
8. México	1, 064, 400.00

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Dirección de estadística. FAOSTAT, 2013.

En México, el cocotero ha sido un cultivo representativo de las zonas costeras tropicales, se introdujo de África en el Caribe y Golfo de México; y de Filipinas a las costas del Pacífico mexicano. Actualmente, existen tres tipos de cocotero en explotación: el tipo Caribe (zona del Golfo de México y el Caribe), el tipo Pacífico (costas del océano Pacífico) y el enano Malasia. Estas variedades se distribuyen en 13 estados de la República Mexicana, al sur del Trópico de Cáncer (Granados & López, 2002).

La cosecha de coco en México varía según el tipo de producción pero va generalmente de enero a julio. Si se comercializa como fruta fresca o se destina a la industria con fines de envasar agua, la cosecha se efectúa cuando el coco tiene entre 4.5–6 meses. Sin embargo, si se destina a la producción de copra, la cosecha se realiza cuando los cocos caen al suelo o cuando uno de los racimos está seco, estos cocos permanecen en la planta durante 12 meses.

Debido a que el coco tiene muchas posibilidades para ser utilizado a nivel industrial, en México se obtienen dos tipos de cosecha, teniendo fuerte impacto en la economía regional. Los principales estados productores de fruto de coco y copra en el año 2014 se aprecian en el cuadro 14.

Cuadro: 14 Producción de coco en México

Estado	Coco, fruta (Ton)	Copra (Ton)
Baja California Sur	0.00	0.00
Campeche	0.00	0.00
Chiapas	0.00	782.40
Colima	6,618.80	19,059.05
Guerrero	2,598.99	161,454.16
Jalisco	54,979.20	1,240.50
Michoacán	25,067.14	3,187.75
Morelos	8.20	0.00
Nayarit	9,586.02	0.00
Oaxaca	17,558.84	7,760.03
Quintana Roo	18,503.96	0.00
Sinaloa	33,675.65	0.00
Tabasco	0.00	8,239.30
Veracruz	225.00	968.66
Yucatán	10,011.08	0.00
TOTAL	178832.88	202691.85

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA), 2014.

El coco es un cultivo muy apreciado puesto que pocas plantas tienen aplicaciones tan variadas como él. Sus hojas y troncos son empleados como material de construcción y combustibles, sus hojas se usan para techos, cestería y sombreros; los pecíolos y nervaduras sirven para cercos, bastones y escobas. Además, la fibra de la cubierta del fruto, se destina a la fabricación de fibras textiles y aislantes térmicos; la cáscara dura o endocarpio, se utiliza como recipiente, combustible e incluso se obtiene carbón de primera calidad. Sin embargo, el principal producto del coco es su pulpa, de la cual se obtiene aceite y copra (Granados & López, 2002), aunque recientemente se ha implementado el consumo del agua de coco envasada como bebida rehidratante.

2.4.2 Composición química y valor nutricional

La parte comestible del coco es el endospermo, que comprende el agua y la carne de coco. El agua de coco tiene muchas aplicaciones, es uno de los productos naturales más versátiles, se consume alrededor del mundo como una bebida refrescante nutritiva y benéfica para la salud. Contiene azúcares, alcoholes de

azúcar, vitamina C, ácido fólico, aminoácidos libres, fitohormonas (auxinas, 1,3-Difenilurea, citoquininas), enzimas (ácido fosfatasa, catalasa, deshidrogenasa, diastasa, peroxidasa, ARN-polimerasa) y factores promotores de crecimiento. Los componentes químicos que contribuyen a su bioactividad son esenciales para las plantas industriales, biotecnología y campos de la biomedicina (Yong *et al.*, 2009). En los cocos verdes, el contenido su endospermo líquido oscila de 130–620 mL de agua y 48 g/kg de azúcar, dependiendo de la etapa de cosecha (Janick & Paull, 2008).

Por otro lado, se encuentra la carne de coco, cuyos principales componentes son el agua y los lípidos, 47 y 34 % respectivamente. Incluye dentro de su composición un bajo contenido de carbohidratos, de los cuales la mayoría son azúcares. Además, una proporción baja de proteínas que poseen todos los aminoácidos esenciales, presentando mayores valores de ácido glutámico y arginina. También, su contenido de minerales, especialmente potasio y fósforo es muy alto, así como se observa en el cuadro 15.

Cuadro: 15 Composición química de la carne de coco cruda

Nutriente	Unidad	Valores por 100 g
Composición		
Agua	g	46.99
Energía	kcal	354
Energía	kJ	1481
Proteína	g	3.33
Lípidos totales	g	33.49
Cenizas	g	0.97
Carbohidratos	g	15.23
Fibra dietaria total	g	9
Azúcares totales	g	6.23
Minerales		
Calcio	mg	14
Hierro	mg	2.43
Magnesio	mg	32
Fósforo	mg	113
Potasio	mg	356
Sodio	mg	20
Zinc	mg	1.1

Cobre	mg	0.435
Manganeso	mg	1.5
Selenio	µg	10.1
Vitaminas		
Vitamina C	mg	3.3
Tiamina	mg	0.066
Riboflavina	mg	0.02
Niacina	mg	0.54
Ácido pantoténico	mg	0.3
Vitamina B6	mg	0.054
Folato, total	µg	26
Ácido fólico	µg	0
Folato, alimentario	µg	26
Folato, DFE	µg	26
Colina, total	mg	12.1
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	0.24
Tocoferol, gamma	mg	0.53
Vitamina K	µg	0.2
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	29.698
Ácidos grasos monoinsaturados	g	1.425
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0.366
Colesterol	mg	0
Fitoesteroles	mg	47
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.039
Treonina	g	0.121
Isoleucina	g	0.131
Leucina	g	0.247
Lisina	g	0.147
Metionina	g	0.062
Cistina	g	0.066
Fenilalanina	g	0.169
Tirosina	g	0.103
Valina	g	0.202
Arginina	g	0.546
Histidina	g	0.077
Alanina	g	0.170
Ácido aspártico	g	0.325
Ácido glutámico	g	0.761
Glicina	g	0.158
Prolina	g	0.138
Serina	g	0.172

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

Debido a su alto contenido de lípidos, la mayoría de ellos saturados, es un fruto de gran interés industrial. En México, el 10 % de la producción de coco alcanzada se destina al consumo humano, mientras que el resto se dedica a la copra, de la que se extrae entre 60–70 % de aceite y del cual, el 90 % se emplea en la industria de jabones y solamente el 10 % para fines alimenticios (Granados & López, 2002).

El aceite de coco posee demasiadas propiedades, entre ellas, su contenido de ácido laurico lo hace apropiado en la fabricación de jabones livianos y espumosos (León, 2000). Recientemente, ha aumentado la popularidad del aceite virgen de coco debido a sus posibles beneficios en los riesgos cardiovasculares. Sus propiedades químicas y su proceso de fabricación, lo hacen más saludable que otros derivados de la copra (Babu *et al.*, 2014). En un estudio con ratas hipertensas, se ha demostrado que el aceite de coco virgen posee una elevada actividad antioxidante, teniendo un efecto cardioprotector mediante la prevención del aumento de la presión arterial (Kamisah *et al.*, 2015). De la misma forma, al aceite virgen de coco se le atribuyen algunas propiedades farmacológicas, tales como antiinflamatorias, analgésicas y antipiréticas (Intahphuak *et al.*, 2010).

Por otra parte, la pulpa del coco fresca puede comerse directamente en su estado maduro o inmaduro. El endospermo sólido del coco maduro también puede ser rallado, deshidratado y usado en confitería y repostería (Janick & Paull, 2008). Además, existen algunas bebidas/productos que requieren del coco como materia prima principal o complementaria, tales como: mermelada, vinagre, tuba, licores destilados, queso, yogurt, crema y leche de coco.

2.4.3 Leche de coco

Se le denomina leche de coco al producto recién obtenido de la extracción manual o mecánica de la carne de coco rallada, con o sin adición de agua. En Filipinas, el primer extracto en ausencia de agua se conoce como *kakang gata*, y las formas menos concentradas se llaman *gatas*. La leche de coco es obtenida a partir de una sencilla extracción de carne de coco rallada, filtrada a través de una gasa y es

pasteurizada a 70°C por 2–3 minutos o bien a 62–68°C por 30 minutos, es enfriada y almacenada a temperaturas bajo cero (Somogyi *et al.*, 2005).

El tamaño de la partícula de la emulsión extraída con el mínimo procesamiento de cocos frescos, es de 13.1 μm y sólo se puede reducir ligeramente mediante homogenización ya que la calidad y cantidad de emulsificantes (probablemente proteínas) naturalmente presentes es bajo (Tangsuphoom, 2008).

La leche de coco es un producto perecedero debido a su alto contenido de aceite, humedad y ácidos orgánicos; su deterioro ocurre dentro de horas después de su extracción, tras la exposición a microorganismos, oxígeno, luz y temperaturas relativamente altas (Somogyi *et al.*, 2005). Por estas características, el rallado y trituración de la carne de coco en fresco y por subsecuente la extracción de la leche se debe hacer en un ambiente limpio y bajo varias estrictas condiciones sanitarias (Bawaland & Chapman, 2006). Además del uso de enlatado y deshidratado como métodos de preservación para su comercialización.

Es usada como un ingrediente en platos tradicionales del Pacífico y también para la fabricación de aceite de coco (para cocina y para otros propósitos). Se conoce que la leche de coco proporciona mayor valor nutricional que el aceite y sobretodo que puede ser extraída fácilmente de coco fresco, de tal manera se ha propuesto para sustituir al aceite de coco en fórmulas lácteas. En el cuadro 16, se observan los componentes nutricionales de la leche de coco en fresco (expresado como líquido de la carne de coco rallada y agua) de acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Cuadro: 16 Composición química de la leche de coco

Nutrientes	Unidad	Valores por 100 g
Composición		
Agua	g	67.62
Energía	kcal	230
Energía	kJ	962
Proteína	g	2.29
Lípidos totales	g	23.84

Cenizas	g	0.72
Carbohidratos	g	5.54
Fibra dietaria	g	2.2
Azúcares totales	g	3.34
Minerales		
Calcio	mg	16
Hierro	mg	1.64
Magnesio	mg	37
Fósforo	mg	100
Potasio	mg	263
Sodio	mg	15
Zinc	mg	0.67
Cobre	mg	0.266
Manganeso	mg	0.916
Selenio	µg	6.2
Vitaminas		
Vitamina C	mg	2.8
Tiamina	mg	0.026
Riboflavina	mg	0
Niacina	mg	0.76
Ácido pantoténico	mg	0.183
Vitamina B-6	mg	0.033
Folato, total	µg	16
Ácido fólico	µg	0
Folato alimentario	µg	16
Folato, DFE	µg	16
Colina	mg	8.5
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	0.15
Vitamina K	µg	0.1
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	21.14
Ácidos grasos monoinsaturados	g	1.014
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0.261
Fitoesteroles	mg	1
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.027
Treonina	g	0.083
Isoleucina	g	0.09
Leucina	g	0.17
Lisina	g	0.101
Metionina	g	0.043
Cistina	g	0.045
Fenilalanina	g	0.116
Tirosina	g	0.071
Valina	g	0.139

Arginina	g	0.376
Histidina	g	0.053
Alanina	g	0.117
Ácido aspártico	g	0.224
Ácido glutámico	g	0.524
Glicina	g	0.108
Prolina	g	0.095
Serina	g	0.118

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

Mientras tanto, el residuo resultante de la extracción de la leche de coco, representa aproximadamente del 25–50 % del peso de la carne de coco fresca en base húmeda, dependiendo del proceso de extracción de leche usado. Generalmente retiene alrededor del 35–40 % del contenido original de aceite de la carne de coco fresca y si no se procesa tiene un mercado limitado. Este subproducto es secado y vendido como alimento para animales o para compostaje. Se le atribuyen importantes componentes para su procesamiento posterior, principalmente carbohidratos, lípidos y fibra (Bawaland & Chapman, 2006).

2.5 Nuez pecanera (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch)

2.5.1 Aspectos generales de la nuez pecana

Nuez pecana o pacana, es el fruto del nogal pecanero, es un cultivo originario del Sur de Estados Unidos (Texas, Arkansas, Luisiana) y del Norte de México (Geilfus, 1994). El pecanero se cultiva desde el siglo XVII y se sabe que las pacanas de los árboles silvestres servían de alimento a varias tribus de indios americanos, pero su explotación extensiva de frutos comienza a principios del siglo XX (López, 2007). Este cultivo se ha asentado en otros países con zonas subtropicales o similares a las de su lugar de origen, los cuales han demostrado avances en la producción de nuez, tales como: Australia, Brasil, China, Israel, Perú y Sudáfrica (Yahia, 2011).

No nos sorprende que la mayor diversidad de especies de nueces nativas se encuentre en Estados Unidos de América y México, en donde los ejemplares tienen una amplia área geográfica de distribución, desde Nebraska hasta Oaxaca. En la actualidad, se conocen al menos unas 300 variedades del cultivo, que difieren sobre todo en pequeños detalles de la nuez (López, 2007).

Las nueces pecanas pertenecen a la familia *Juglandaceae*, una pequeña familia de 8 géneros y alrededor de 60 especies. En seguida se muestra su clasificación por el Sistema Integrado de Información Taxonómica:

Reino: *Plantae*

Subreino: *Viridiplantae*

Infrareino: *Streptophyta*

Superdivisión: *Embryophyta*

División: *Tracheophyta*

Subdivisión: *Spermatophytina*

Clase: *Magnoliopsida*

Superorden: *Rosanae*

Orden: *Fagales*

Familia: *Juglandaceae*

Género: *Carya*

Especie: *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch

El nogal pecanero (figura 9) es un árbol comúnmente de 20–25 metros y puede alcanzar hasta de 40 metros de altura, su tronco puede medir de 3–4 metros de diámetro. Su copa es ramosa, extendida de forma esférica comprimida. Su tronco es derecho, cubierto con una corteza cenicienta y gruesa, en las ramas jóvenes lisa y de color rojo oscuro y en las viejas agrietada y parda. Su raíz principal pivotante y un sistema de raíces secundarias someras y robustas, raíces lateralmente extendidas, tanto en sentido horizontal como en el vertical. Sus hojas son grandes, compuestas, dispuestas en forma alternada, imparipinadas de color verde opaco, glabras, de borde aserrado, de olor agudo y desagradable, están compuestas de 9–19 folíolos de forma oblongo-lanceolada y se necesitan de 9–19

hojas para un fruto. Sus flores son monoicas por aborto, las flores masculinas están dispuestas en amentos largos de 6–8 cm, casi siempre solitarios de color verde parduzco e insertas en la parte superior de las ramillas nacidas el año anterior que en la floración están provistas de hojas; las flores femeninas son solitarias o agrupadas en un número de 1–5 en espigas terminales encima de los ramillos del año corriente y son llevadas por un pedúnculo corto y grueso (Lozano, 2013).



Figura 9. Ejemplar de nogal pecanero

Fuente: <http://texastreeid.tamu.edu/images/TreelImages/pecan150.jpg>

Fecha de consulta: 21 de octubre de 2015

El fruto (figura 10), es una drupa seca de forma oblonga y elipsoide, teniendo de 3–8 cm de largo por 2 cm de ancho, constituida por un embrión (parte comestible) que a su vez está dividido en 2 lóbulos, cada uno marcado con 3 surcos; un endocarpo indehiscente, liso y delgado de color marrón rojizo (cáscara de la nuez) y un epicarpio y mesocarpio carnosos, los cuales se abren en la madurez formando cuatro valvas longitudinales (ruezno) (Frusso, 2007).

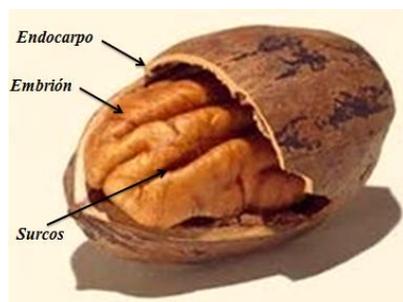


Figura 10. Estructura de la nuez pecanera

Fuente: <http://www.seedlingsgardening.com/wp-content/uploads/2015/06/Pecan-nut.jpg>

Fecha de consulta: 03 de noviembre de 2015

Este cultivo es muy sensible a las heladas ya que el frío daña a las flores y los frutos, hace que el árbol produzca poco o que no se formen bien las nueces. Por el contrario, si las temperaturas alcanzan los 38°C pueden producirse quemaduras por el sol (SIAP-SAGARPA, 2015). Por lo tanto, requiere un clima subhúmedo con temperaturas anuales promedio de 22°C, con no más de 1200 mm de lluvia y una estación seca definida para no favorecer las enfermedades; en zonas tropicales no puede plantarse por debajo de los 1000 metros, en regiones subtropicales a partir de 200 metros, necesita suelos profundos, frescos pero bien drenados (Geilfus, 1994).

2.5.1.1 Producción de nuez pecanera

La producción de nuez pecana a nivel mundial para el año 2013 fue de 808,531 toneladas, este fruto es de gran importancia económica en Estados Unidos de América y en la República Mexicana, ya que ambos países son algunos de los principales consumidores-productores y exportadores-importadores, aunque la nación que ha liderado en la producción de nueces es China, como se presenta en el cuadro 17.

Cuadro: 17 Principales países productores de nuez

País	Producción en toneladas
1. China	130, 000.00
2. Estados Unidos de América	122, 296.00
3. Indonesia	89, 500.00

4. Etiopía	64, 500.00
5. México	59, 500.00
Consultado como nueces NEP, que incluye nuez de pacana, nuez de nogal, nuez pili, nuez del paraíso, macadamia y piñón.	

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Dirección de estadística. FAOSTAT, 2013.

Mientras tanto, en el año 2014, en México se produjeron 125,758.45 toneladas de nuez pecanera, sobresaliendo el estado de Chihuahua (63.7 % del total) y seguido por Coahuila (11.6 %), Sonora (10.9 %), Durango (5.4 %) y Nuevo León (4 %) como se observa en el cuadro 18. Aproximadamente, entre el 60–70 % de la producción nacional se destina a la exportación, principalmente hacia el mercado estadounidense (López *et al.*, 2011).

Cuadro: 18 Producción de nuez en México

Ubicación	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Chihuahua	66,301.94	43,800.30	80,124.26	1.83
Coahuila	16,356.74	12,894.06	14,644.07	1.14
Sonora	12,164.05	7,974.55	13,685.55	1.72
Durango	6,084.04	4,756.54	6,742.81	1.42
Nuevo León	4,203.46	3,972.60	5,086.19	1.28
Hidalgo	1,284.00	903	2,929.92	3.24
San Luis Potosí	311	121	612.3	5.06
Oaxaca	158	154	323.82	2.1
Aguascalientes	224	163	310.9	1.91
Querétaro	126	116	288.58	2.49
Jalisco	102.5	96.5	254.23	2.64
México	64	64	241.71	3.78
Puebla	46.6	46.6	188.63	4.05
Zacatecas	78	78	110.08	1.41
Tamaulipas	387	122	75.14	0.62
Guanajuato	83	64	72.9	1.14
Morelos	15	15	48.5	3.23
Distrito Federal	3.25	3.25	12.86	3.96
Baja California	19	5	6	1.2
TOTAL	108,011.58	75,349.40	125,758.45	1.67

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA), 2014.

El valor de la producción del año 2014 fue de 6,173,538.46 mdp, de esta forma, la nuez pecanera es un cultivo que genera una gran derrama económica en el país. Sin embargo, se estima que el consumo de nuez pecana crezca, debido al aumento de la superficie plantada y por la expansión del mercado. Aunque, el incremento del consumo dependerá de algunos factores, el más importante de ellos es la tendencia por consumir alimentos saludables (Yahia, 2011).

2.5.2 Composición química y valor nutricional

La nuez pecanera pertenece al grupo de los frutos secos, los cuales se destacan por su elevado aporte energético y su bajo contenido de agua. En este sentido, 100 g de nuez pecana nos aporta 691 kcal, debido a su alto contenido de lípidos, que representan más del 70 % del peso del fruto, como se aprecia en el cuadro 19.

Cuadro: 19 Composición química de la nuez pecanera

Nutriente	Unidad	Valores por 100 g
Contenido		
Agua	g	3.52
Energía	kcal	691
Energía	kJ	2889
Proteína	g	9.17
Lípidos totales	g	71.97
Cenizas	g	1.49
Carbohidratos	g	13.86
Fibra dietaria	g	9.6
Azúcares totales	g	3.97
Sacarosa	g	3.9
Glucosa (dextrosa)	g	0.04
Fructosa	g	0.04
Almidón	g	0.46
Minerales		
Calcio	mg	70
Hierro	mg	2.53
Magnesio	mg	121
Fósforo	mg	277
Potasio	mg	410
Sodio	mg	0

Zinc	mg	4.53
Cobre	mg	1.2
Manganeso	mg	4.5
Selenio	µg	3.8
Flúor	µg	10
Vitaminas		
Vitamina C	mg	1.1
Tiamina	mg	0.66
Riboflavina	mg	0.13
Niacina	mg	1.167
Ácido pantoténico	mg	0.863
Vitamina B6	mg	0.21
Folato, total	µg	22
Ácido fólico	µg	0
Folato alimentario	µg	22
Folato, DFE	µg	22
Colina, total	mg	40.5
Betaína	mg	0.7
Vitamina A, RAE	µg	3
Retinol	µg	0
Caroteno, beta	µg	29
Caroteno, alfa	µg	0
Criptoxantina, beta	µg	9
Vitamina A, UI	UI	56
Luteína + zeaxantina	µg	17
Vitamina E (alfa-tocoferol)	mg	1.4
Tocoferol, beta	mg	0.39
Tocoferol, gamma	mg	24.44
Tocoferol, delta	mg	0.47
Vitamina K	µg	3.5
Lípidos		
Ácidos grasos saturados	g	6.18
Ácidos grasos monoinsaturados	g	40.801
Ácidos grasos poliinsaturados	g	21.614
Colesterol	mg	0
Estigmasterol	mg	3
Campesterol	mg	6
Beta-sitosterol	mg	117
Aminoácidos		
Triptófano	g	0.093
Treonina	g	0.306
Isoleucina	g	0.336
Leucina	g	0.598
Lisina	g	0.287
Metionina	g	0.183

Cistina	g	0.152
Fenilalanina	g	0.426
Tirosina	g	0.215
Valina	g	0.411
Arginina	g	1.177
Histidina	g	0.262
Alanina	g	0.397
Ácido aspártico	g	0.929
Ácido glutámico	g	1.829
Glicina	g	0.453
Prolina	g	0.363
Serina	g	0.474
Flavonoides		
Antocianinas		
Cianidina	mg	10.73
Delfinidina	mg	7.27
Flavan-3-ols		
(+)-Catequina	mg	7.23
(-)-Epigallocatequina	mg	5.62
(-)-Epicatequina	mg	0.81
(-)-Epigallocatequina 3-galato	mg	2.29
Proantocianidinas		
Proantocianidina monómeros	mg	17.22
Proantocianidina dímeros	mg	42.13
Proantocianidina trímeros	mg	26.03
Proantocianidina 4-6meros	mg	101.43
Proantocianidina 7-10mers	mg	84.23
Proantocianidina polímeros (>10meros)	mg	223.01

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, 2015.

Asimismo, la importancia del contenido lipídico de este fruto no es solamente cuantitativa, sino también cualitativa, puesto que los ácidos grasos monoinsaturados que predominan en su composición tienen un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares. Los principales ácidos grasos que se encuentran en la fracción lipídica de este fruto son: ácido oleico (60 %), linoleico, palmítico, esteárico y linolénico. De tal manera, se ha demostrado que la incorporación de las nueces en la dieta disminuye el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares mediante la reducción en los niveles de lípidos séricos y el estrés oxidativo (Domínguez-Avila *et al.*, 2015).

Además, las nueces presentan alto contenido de tocoferoles (específicamente γ -tocoferol) y compuestos fenólicos; se conoce que éstos últimos protegen contra la aterosclerosis, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, cáncer, infecciones virales y actúan como antioxidantes generales (Ortiz-Quezada *et al.*, 2011). De igual manera, son una rica fuente de compuestos bioactivos, como es el caso de los esteroides vegetales, antocianidinas, monómeros, oligómeros y polímeros de proantocianidinas; los cuales poseen propiedades antioxidantes (Haddad, 2011).

Las nueces pecanas son fuente de carbohidratos (13.86 %), proteínas (9.17 %), fibra dietética (9.6 %), cenizas (1.49 %) y muchas otras sustancias bioactivas/fitoquímicas. Respecto a los micronutrientes, son muy apropiadas en el contenido de sus vitaminas del complejo B, vitamina E y folatos. Generalmente, las nueces se destacan por sus propiedades antioxidantes, antiproliferativas, antiinflamatorias, antivirales e hipocolesterolémicas (Yahia, 2011).

Por todas estas razones, la nuez pecanera representa un alimento ideal para los consumidores que buscan alimentos saludables y a la vez ofrecen protección contra los padecimientos de algunas enfermedades. Por lo tanto, se espera que se extienda el consumo y el mercado de la pacana.

Actualmente, las pecanas se comercializan con/sin cáscara, en mitades frescas/asadas/especiadas, pedacera y polvo de nuez; todas estas presentaciones son de consumo directo o como materia prima de la industria panificadora/galletera/confitera y del helado. Aunque últimamente han surgido otros productos como el aceite de nuez y algunas bebidas complementadas o a base de este fruto.

2.5.3 Leche de nuez

Se conoce como una bebida funcional a partir de tal fruto seco, rica en componentes bioactivos que actúan de manera sinérgica en la prevención de enfermedades cardiovasculares y tumorales en humanos, de manera que ofrece

propiedades altamente benéficas para la salud, al tiempo que conserva una elevada calidad nutricional y organoléptica (Sánchez *et al.*, 2013).

Se utiliza como un sucedáneo de la leche de vaca, se puede consumir sola o con frutas/cereales. Su preparación es sencilla, consiste en realizar una molienda de las nueces con agua hasta que ya no existan grumos en la mezcla, aunque el batido parezca fino, contiene las fibras de las nueces y al ingerirla puede provocar pesadez en el estómago, por lo tanto, conviene tamizar la mezcla a través de un nylon fino, exprimiendo el fluido blanco (Lénárt & Komlos, 2013).

Los componentes activos de esta bebida funcional se aprecian en el cuadro 20.

Cuadro: 20 Componentes activos de la leche de nuez

Componente	Contenido
Actividad antioxidante (mg Trolox/100g)	300-500
Fenoles totales (mg/100g)	100-120
Melatonina (ng/100g)	200-300
Serotonina (ng/100g)	900-1000
Grasas totales (g/100g)	8-12
De las cuales	
% Ácidos grasos saturados	8-10
% Ácidos grasos monoinsaturados	15-17
% Ácidos grasos poliinsaturados	73-75

Fuente: Sánchez *et al.*, 2013.

En México, esta bebida de textura sedosa/cremosa es un producto relativamente desconocido, no se fomenta su consumo y no existen estudios de sus aportes nutricionales y organolépticos. Prácticamente, la nuez solamente se consume en época invernal de manera directa, en confitería o pan (Alanís, 2001).

Las nueces son clasificadas en calidad I y II, así como por su tamaño: gigante, extra-grande, grande, medio y pequeño (NMX-FF-084-SCFI-2009). El mercado nacional y de exportación, principalmente requiere nueces de primera calidad y de mayor tamaño, debido al mayor porcentaje de contenido comestible. De tal manera, los productores buscan alternativas comerciales para el excedente de nueces que presentan tamaño pequeño y algunos defectos en la cáscara por

daños fisiológicos, mecánicos y/o biológicos. Por lo tanto, la leche de nuez es un producto que genera valor agregado y representa una alternativa para ampliar la gama de productos de este fruto seco.

3. METODOLOGÍA

3.1 Localización del sitio experimental

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Nutrición Animal, dentro del marco de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, institución ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. Cuyas coordenadas geográficas son 25° 22' latitud norte y 101° 01' longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura de 1754 msnm.

3.2 Materia prima requerida

- Almendra (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb)
- Arroz (*Oryza sativa* L.)
- Avena (*Avena sativa* L.)
- Coco (*Cocos nucífera* L.)
- Nuez pecana (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch)

3.3 Elaboración de leche vegetal

Los diferentes tipos de leche vegetal fueron elaborados a partir de cereales, fruto fresco y frutos secos. Las recetas y proporciones utilizadas fueron tomadas del recetario de bebidas vegetales naturales *Chufamix* de la compañía Món Orxata S.L. aunque el proceso fue modificado para la obtención de leche vegetal de forma tradicional como se observa en la figura 11.



Figura 11. Elaboración de leche vegetal de forma tradicional

3.3.1 Leche de almendra

Ingredientes

- 140 gramos de almendras con cáscara (El Cuernito®)
- 700 mililitros de agua purificada

Preparación

- Las almendras se colocaron en una licuadora de tipo doméstico y se realizó la molienda húmeda con agua purificada caliente (50°C), el tiempo necesario hasta que la mezcla quedara homogénea.
- Posteriormente, la mezcla resultante se filtró en tela de lino.
- Por último, el producto filtrado fue envasado y conservado a temperaturas de refrigeración (4°C) para sus análisis correspondientes.

3.3.2 Leche de arroz

Ingredientes

- 70 gramos de arroz blanco (Verde Valle®)
- 700 mililitros de agua purificada

Preparación

- Los granos de arroz blanco se sometieron al proceso de activación en 200 mililitros de agua, durante 12 horas.
- Una vez transcurrido ese tiempo, el agua de la activación fue desechada y se realizó la molienda húmeda con 700 mililitros de agua purificada caliente (70°C), el tiempo necesario hasta que la mezcla quedara homogénea.
- Posteriormente, la mezcla resultante se filtró en tela de lino.
- Por último, el producto filtrado fue envasado y conservado a temperaturas de refrigeración (4°C) para sus análisis correspondientes.

3.3.3 Leche de avena

Ingredientes

- 70 gramos de avena en hojuelas (El Cuernito®)
- 700 mililitros de agua purificada

Preparación

- Las hojuelas de avena se colocaron en una licuadora de tipo doméstico y se realizó la molienda húmeda con agua purificada caliente (70°C), el tiempo necesario hasta que la mezcla quedó homogénea.
- Posteriormente, la mezcla resultante se filtró en tela de lino.
- Por último, el producto filtrado fue envasado y conservado a temperaturas de refrigeración (4°C) para sus análisis correspondientes.

3.3.4 Leche de coco

Ingredientes

- 70 gramos de coco fresco
- 700 mililitros de agua purificada

Preparación

- La pulpa de coco fue colocada en una licuadora de tipo doméstico y se realizó la molienda húmeda con agua purificada caliente (80°C), el tiempo necesario hasta que la mezcla quedara homogénea.
- Posteriormente, la mezcla resultante se filtró en tela de lino.
- Por último, el producto filtrado fue envasado y conservado a temperaturas de refrigeración (4°C) para sus análisis correspondientes.

3.3.5 Leche de nuez

Ingredientes

- 140 gramos de nueces pecanas
- 700 mililitros de agua purificada

Preparación

- Las nueces se colocaron en una licuadora de tipo doméstico y se realizó la molienda húmeda con agua purificada caliente (50°C), el tiempo necesario hasta que la mezcla quedara homogénea.
- Posteriormente, la mezcla resultante se filtró en tela de lino.
- Por último, el producto filtrado fue envasado y conservado a temperaturas de refrigeración (4°C) para sus análisis correspondientes.

3.4 Caracterización química

Al finalizar la elaboración de los diferentes tipos de leche vegetal, se caracterizaron químicamente. Se determinó el porcentaje de sólidos solubles totales y debido a que las leches vegetales presentan apariencia y textura similar a la leche de origen animal, los análisis se realizaron empleando las técnicas de cenizas, grasa por método Babcock, proteína por método Kjeldahl para la leche de vaca.

Los análisis fueron desarrollados con tres repeticiones de cada tratamiento: estableciéndose la siguiente codificación como se observa en el cuadro 21.

Cuadro: 21 Codificación de las muestras analizadas

LAL-R1	LAR-R1	LAV-R1	LCO-R1	LNU-R1
LAL-R2	LAR-R2	LAV-R2	LCO-R2	LNU-R2
LAL-R3	LAR-R3	LAV-R3	LCO-R3	LNU-R3

LAL= Leche de almendra, **LAR**= Leche de arroz, **LAV**= Leche de avena, **LCO**= Leche de coco, **LNU**= Leche de nuez.

R1, R2, R3= Repeticiones.

3.4.1 Determinación de sólidos solubles totales

Los sólidos solubles son fundamentalmente los azúcares y los ácidos. La determinación de sólidos solubles totales suele expresarse en grados Brix (°Brix) y demuestran el contenido de sacarosa disuelta en un líquido. Este método se basa en la propiedad de los líquidos de refractar la luz en proporción a su contenido de sólidos solubles.

Se realizó la determinación de °Brix de las leches vegetales, se colocó una alícuota de las diferentes muestras en un refractómetro manual Atago® con escala de 0 a 32 °Brix, previamente calibrado con agua destilada y se registraron las lecturas directamente.

3.4.2 Determinación de cenizas en leche

Se determinó el contenido de minerales totales existentes en los diferentes tipos de leche vegetal empleando la técnica de cenizas en leche de vaca. Se entiende por cenizas al producto resultante de la incineración del extracto seco, expresado en porcentaje de peso, obtenido según el procedimiento descrito a continuación.

1. Se tomaron 10 mL de cada una de las muestras y fueron colocados en crisoles de porcelana a peso constante, previamente identificados.
2. Los crisoles con muestra fueron sometidos a baño María para la reducción de su volumen, a cada uno se le agregaron 3 gotas de alcohol etílico para acelerar la reacción de evaporación.
3. Una vez que se redujo el volumen, las muestras fueron incineradas en una parrilla de calentamiento hasta que se detuvo la expiración de humo.
4. Posteriormente, las muestras incineradas fueron introducidas a una mufla (Thermolyne®) a una temperatura de 550°C durante 2 horas.
5. Transcurrido el tiempo, los crisoles fueron retirados de la mufla y se enfriaron en un desecador durante 20 min, se registró el peso en una

balanza analítica (Explorer OHAUS®) y se realizaron los cálculos correspondientes de acuerdo a la ecuación 1.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Peso del crisol con cenizas} - \text{Peso del crisol solo}}{\text{mL de muestra}} * 100 \quad [1]$$

3.4.3 Determinación de grasa por método Babcock

El porcentaje de grasa se determinó por método volumétrico Babcock, es una técnica precisa desarrollada por el Dr. Stephen Moulton Babcock de la Universidad de Wisconsin en el año 1890, se utiliza ácido sulfúrico concentrado que al ser mezclado con la leche, destruye la proteína, en tal reacción se produce calor y permite que los glóbulos de grasa se separen, la lectura se realiza directamente del butirómetro empleado ya que presenta una escala de medición. El procedimiento se describe a continuación:

1. Con mucho cuidado, con una probeta se añadieron 17.6 mL de cada muestra dentro de los butirómetros Babcock.
2. De la misma forma, se agregaron 17.5 mL de ácido sulfúrico concentrado, los cuales se integraron homogéneamente al realizar movimientos circulares.
3. Los butirómetros fueron introducidos a una centrífuga (Carver Electrífuga for Testing Milk and Cream-Babcock method) durante 10 minutos.
4. Una vez centrifugados, se les añadió agua destilada caliente, hasta el nivel de lectura.
5. Las lecturas fueron tomadas directamente del butirómetro (figura 12) y son expresadas en porcentaje.



Figura 12. Determinación de grasa por Babcock

Al ejecutar esta técnica se presentaron algunas dificultades, debido a que las leches vegetales son más ligeras que la leche de vaca. Por lo tanto, para corroborar los porcentajes de grasa obtenidos por esta técnica, también se realizó la determinación de grasa por el método Soxhlet.

3.4.4 Extracto Etéreo por método Soxhlet

En este método se utiliza un solvente, el cual se evapora y se condensa continuamente, al pasar por la muestra, extrae la fracción lipídica y algunos compuestos solubles en cierto solvente, tales como: vitaminas liposolubles, pigmentos, fosfolípidos, glucolípidos, ceras, parafinas y xantofilas. El extracto resultante es recogido en un matraz bola y la recuperación del solvente se lleva a cabo por destilación en otro recipiente.

En este caso, el método se realizó de la siguiente forma:

1. Se eliminó el agua libre de las muestras, en una estufa de secado (Robertshaw[®]) a 60°C durante 24 horas.
2. La muestra seca fue pesada en un papel filtro (Whatman[®]) y colocada en un cartucho de celulosa limpio e identificado, al final se tapó con algodón para evitar el posible escape de la muestra en el proceso.

3. Se utilizaron matraces bola fondo plano de boquilla esmerilada con tres perlas de vidrio, los cuales fueron puestos en una estufa de secado (Thelco[®]) con circulación de aire a 100°C por 12 horas para obtener el peso constante, transcurrido el tiempo, se enfriaron en un desecador por 20 minutos, se pesaron en una balanza analítica (Explorer OHAUS[®]) y posteriormente se les agregaron 250 mL de hexano.
4. El cartucho de celulosa con muestra fue introducido al sifón, el cual, junto con el matraz bola fue conectado al refrigerante del aparato de extracción Soxhlet. Asimismo, se abrió la llave del agua que enfría a los refrigerantes y se prendieron las mantas de calentamiento como se observa en la figura 13.
5. El tiempo de extracción fue de 8 horas, al término de la extracción, se retiraron los cartuchos de celulosa del sifón y se volvieron a colocar los matraces con grasa y hexano en el aparato Soxhlet hasta que se recuperó el hexano por destilación.
6. Las mantas de calentamiento se apagaron una vez que el solvente se recuperó hasta sequedad.
7. Los matraces bola con grasa, de nuevo fueron colocados a una estufa a 100°C durante 12 horas, para después enfriarlos en un desecador por 20 minutos y se registró el peso mediante una balanza analítica.
8. El porcentaje de extracto etéreo fue determinado por la ecuación 2.

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso del matraz con grasa} - \text{Peso del matraz solo}}{\text{g de muestra}} * 100 \quad [2]$$



Figura 13. Determinación de grasa por Soxhlet

3.4.5 Determinación de proteína cruda

Se llevó a cabo por el método de referencia Kjeldahl, desarrollado en 1883 por el investigador danés Johann Kjeldahl. Consiste en la determinación de nitrógeno orgánico total (N) a partir del tratamiento de una muestra de peso/volumen conocido, el método se caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y catalizadores, que efectúan la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción de nitrógeno orgánico a amoníaco, el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado por destilación alcalina y titulación con ácido sulfúrico estandarizado. Se le denomina proteína cruda, debido a que determina la materia nitrogenada total, tanto proteínas y compuestos nitrogenados que no son precisamente proteínas.

El método se realizó de acuerdo a las siguientes etapas:

a) Digestión

1. Para cada tratamiento, en un matraz Kjeldahl limpio, seco e identificado de 800 mL, se añadieron sucesivamente 3 perlas de vidrio, 1 cucharada de la mezcla catalizadora de selenio y 30 mL de H_2SO_4 concentrado.

2. Se vertieron con una pipeta, 5 mL de cada muestra hasta el fondo del matraz, con mucho cuidado de la reacción y de no ensuciar el cuello.
3. De inmediato los matraces fueron conectados al aparato de digestión Kjeldahl; las parrillas y el extractor de gases fueron encendidos previamente.
4. El tiempo de la digestión fue el necesario, hasta que la mezcla cambió de color café oscuro a verde claro.
5. Se detuvo el calentamiento/ebullición y se dejaron enfriar.

b) Destilación

1. Al concluir la etapa anterior, la muestra digerida en cada matraz Kjeldahl fue neutralizada, se le agregó 300 mL de agua destilada, 3 granallas de zinc y 100 mL de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 45 %.
2. Una vez realizado el paso anterior, los matraces fueron conectados de inmediato al destilador del aparato Kjeldahl; con parrillas encendidas y la llave del agua abierta.
3. En la parte del condensador, se colocó un matraz Erlenmeyer de 500 mL, con una solución de 50 mL de ácido bórico (H_3BO_3) al 4 % y 5 gotas de indicador mixto.
4. La manguera del destilador Kjeldahl fue introducida dentro del matraz Erlenmeyer hasta la recuperación de 250 mL de destilado.

c) Titulación

1. El destilado recogido en la solución de H_3BO_3 fue titulado con una solución de H_2SO_4 al 0.1051 N. Hasta que el color viró de azul a rosa pálido.
2. Se registraron los mililitros gastados de H_2SO_4 y se realizaron los cálculos para la obtención del porcentaje de nitrógeno y de proteína de acuerdo a las ecuaciones 3 y 4.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{mL gastados de H}_2\text{SO}_4 - \text{mL blanco})(\text{Normalidad H}_2\text{SO}_4)(0.014)}{\text{mL de muestra}} * 100$$

[3]

En donde:

mL blanco= 0.3

Normalidad H₂SO₄= 0.1051

0.014= Mili equivalente de nitrógeno; o sea el peso del equivalente de nitrógeno 14 g/1000

$$\% \text{ Proteína} = (\% \text{ Nitrógeno})(\text{Factor de conversión}) \quad [4]$$

Los factores de conversión (FC) son usados para convertir el porcentaje de nitrógeno a un valor total de proteína cruda, a la vez, estos factores pueden variar según el alimento. En el cuadro 22, pueden observarse los FC empleados para la determinación del porcentaje de proteína de cada una de las muestras analizadas.

Cuadro: 22 Factores de conversión de nitrógeno-proteína empleados

Alimento	Factor de conversión
Almendra	5.18
Arroz	5.95
Avena	5.83
Coco	5.30
Nuez	5.30

Fuente: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF), citado por la FAO.

En la figura 14, se esquematiza el proceso de la determinación de proteína cruda.



Figura 14. Determinación de proteína cruda

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos de la etapa experimental del presente trabajo, para ello, se efectuó un análisis de varianza de los datos (ANVA) y prueba de medias de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) empleando el paquete estadístico Statistics for Windows. Se determinaron los resultados de las siguientes variables de estudio: cenizas (%), grasa por método Babcock (%), grasa por método Soxhlet (%) y proteína (%) de los diferentes tipos de leche vegetal, utilizando 3 repeticiones por tratamiento.

Los resultados se expresan en los cuadros y figuras siguientes, además se hace una discusión de los mismos de acuerdo a lo mencionado en la literatura.

Cuadro: 23 Comparación de medias de cada una de las variables de estudio

Muestra	Cenizas (%)	Grasa Babcock (%)	Grasa Soxhlet (%)	Proteína (%)
Almendra	0.30±0.02 ^{a*}	5.97±0.06 ^a	13.12±0.06 ^a	2.82±0.04 ^a
Arroz	0.05±0.01 ^c	0.23±0.06 ^c	0.11±0.00 ^e	0.24±0.03 ^e
Avena	0.10±0.00 ^d	1.13±0.12 ^b	0.97±0.03 ^d	0.93±0.03 ^b
Coco	0.12±0.02 ^d	1.37±0.76 ^b	2.01±0.00 ^c	0.27±0.01 ^e
Nuez	0.22±0.00 ^b	6.33±0.58 ^a	12.68±0.02 ^b	0.49±0.02 ^c

*Los valores promedio con literales iguales en la misma columna no son significativamente diferentes, según Fisher ($\alpha \leq 0.05$)

4.1 Sólidos Solubles Totales

No fue necesario incluir las lecturas de los sólidos solubles totales en el análisis estadístico puesto que las lecturas fueron muy similares. En la figura 15, se observan las lecturas tomadas.

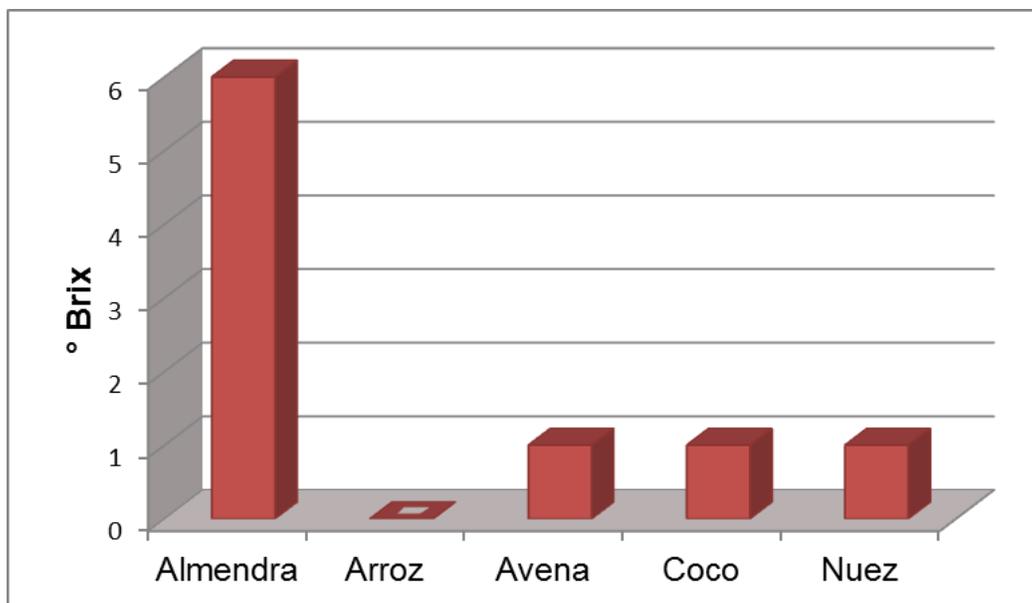


Figura 15. Porcentaje de sólidos solubles totales

Como puede observarse, la leche de almendras presenta mayor contenido de sólidos solubles totales (6 °Brix); todo lo contrario al arroz que su contenido fue nulo. La expresión de SST es la fracción de sacarosa disuelta en un líquido. De acuerdo al USDA, el arroz no contiene azúcares totales, pero menciona que las almendras contienen 3.95 % de sacarosa, un valor inferior a lo obtenido en este experimento.

4.2 Cenizas en leche

Según la prueba de Fisher ($\alpha \leq 0.05$), existen diferencias significativas entre los tratamientos, excepto en la leche de avena y coco, ambas son estadísticamente iguales, así como se muestra en la figura 16.

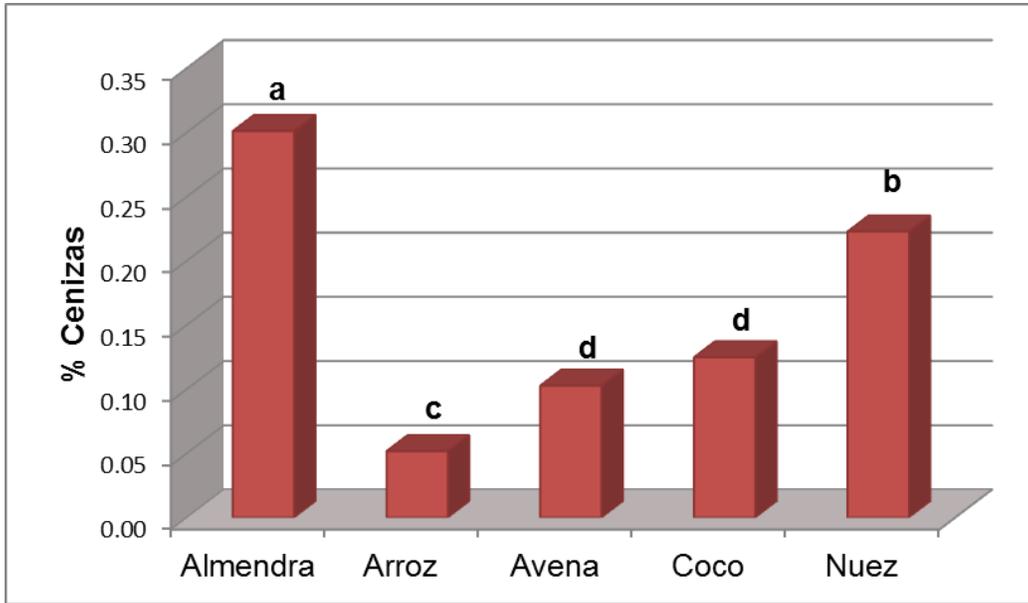


Figura 16. Comparación de medias de cenizas

Se observa que la leche de almendras presenta mayor porcentaje de cenizas, es decir mayor contenido de minerales; con 0.30 % representa un valor similar a lo reportado por Toro-Funes (2014). Además, se menciona que los elementos de mayor presencia en la composición de las almendras son el potasio, fósforo, magnesio y calcio (USDA, 2015).

Por lo contrario, la leche de arroz presentó el menor contenido de cenizas con 0.05 %, este porcentaje se relaciona con el uso de arroz blanco como materia prima de partida, según Franquet & Borràs (2004) el arroz blanco es pobre en vitaminas y sales minerales, ya que éstas se encuentran mayoritariamente en las capas externas del grano, las cuales son eliminadas en el pulido. Sin embargo, este porcentaje aún es menor que el valor (0.3 %) presentado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, aunque menciona que el mineral de mayor presencia en la leche de arroz es el calcio.

4.3 Grasa por método Babcock

Las leches vegetales están compuestas principalmente de agua, por lo tanto su densidad es menor que la leche de vaca y el método utilizado está diseñado

únicamente para productos lácteos, de tal manera el proceso influyó en la obtención de mayor variación de los resultados como se observa en la figura 17.

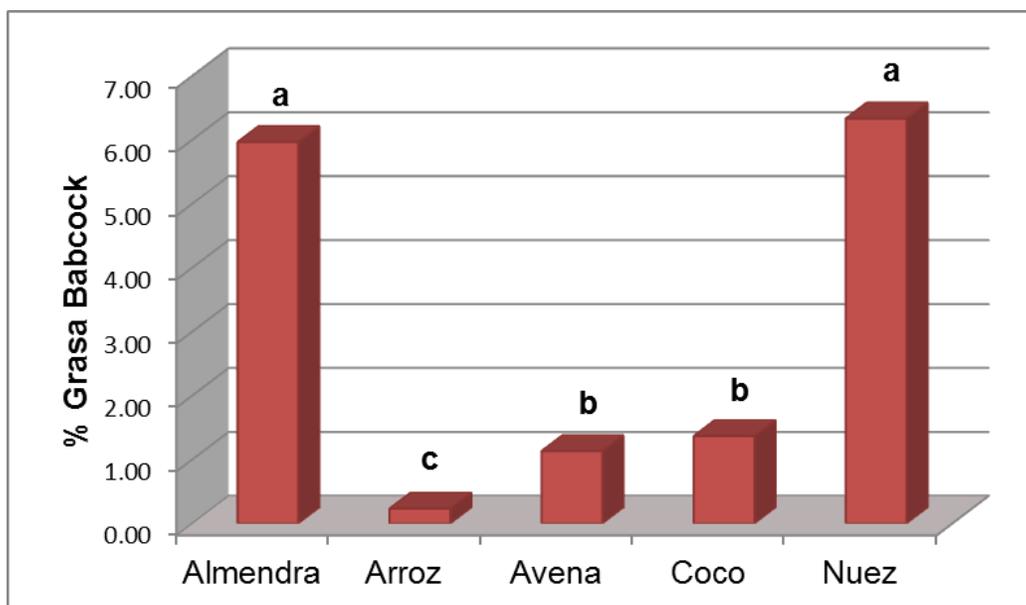


Figura 17. Comparación de medias de grasa por método Babcock

La leche de nuez pecanera y la leche de almendra no son estadísticamente diferentes, con 6.33 % y 5.97 % respectivamente son las muestras de mayor contenido graso, debido a que corresponden al grupo de los frutos secos. De la misma forma, la leche de avena y la de coco son estadísticamente iguales, los resultados están directamente ligados con el procesamiento y la relación de materia prima y agua utilizadas (1:10 en ambos casos). No obstante, la leche de arroz posee 0.23 % de lípidos, básicamente se asocia al uso de arroz blanco como materia prima.

4.4 Grasa por método Soxhlet

En la determinación de grasa por el método Soxhlet, se obtuvieron los resultados ilustrados en la figura 18. Todos son estadísticamente diferentes, aunque se destaca el mayor porcentaje de grasa de las muestras de almendra y nuez pecana, pertenecientes al grupo de los frutos secos que se caracterizan por su elevado aporte calórico, debido a que más del 50 % de su peso consta de grasas (NMX-FF-084-SCFI-2009).

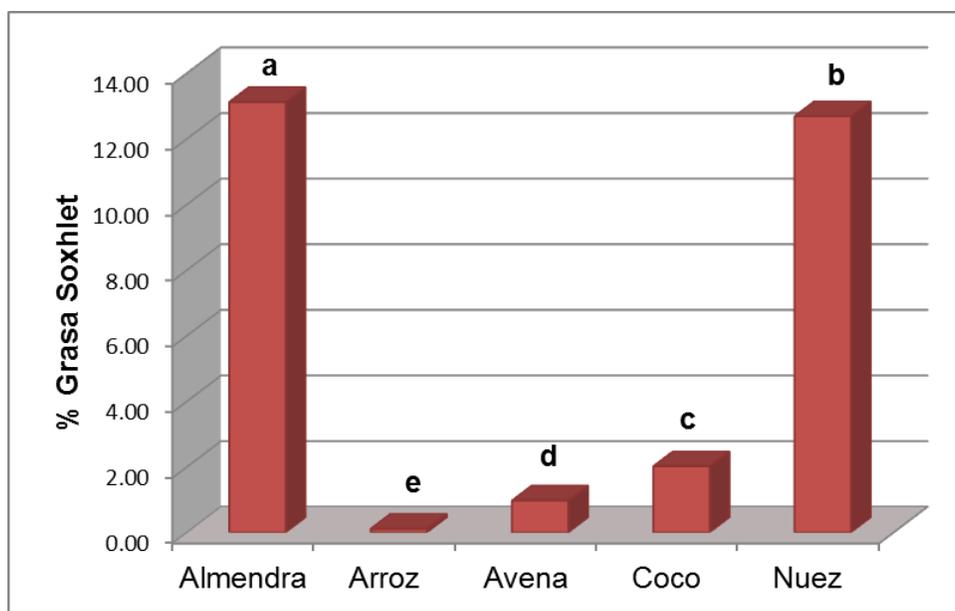


Figura 18. Comparación de medias de grasa por método Soxhlet

El valor de grasa de la leche de almendras es de 13.12 %, un valor superior a lo reportado por Toro-Funes (2014), en la fracción lipídica de las almendras sobresalen los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, específicamente el ácido linoleico (USDA, 2015). En este sentido, por su composición de grasas favorables contribuyen benéficamente en las funciones del sistema nervioso, a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y colesterolemia según Alison & Oliver (2012).

En caso de la nuez pecana, se obtuvo 12.68 % de grasa, un valor comprendido dentro del rango que reporta Sánchez et al. (2013). Asimismo, menciona que el mayor porcentaje de la fracción lipídica corresponde a los ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, considerados como componentes bioactivos debido a que actúan en la prevención de enfermedades cardiovasculares y tumorales en humanos.

En estos casos, en la extracción de la fracción lipídica se incluyen algunos compuestos como vitaminas liposolubles, pigmentos, fosfolípidos, glucolípidos, ceras, parafinas, xantofilas y fitoesteroles; éstos últimos poseen una gran variedad de efectos fisiológicos, específicamente su impacto hipocolesterolémico y antioxidante (Rodríguez, 2008; Haddad, 2011).

Por otro lado, el contenido de grasa de la leche de arroz es casi nulo, debido a que la mayor parte de ellos se concentran en el embrión o germen, y esta parte del grano no fue utilizada en la elaboración de la leche, ya que se utilizó grano de arroz blanco. Por lo tanto, contiene solamente 0.11 %, un porcentaje menor que lo establecido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (0.97 %), aunque señala que los ácidos grasos monoinsaturados son los predominantes en esta fracción. De acuerdo a lo anterior, la leche de arroz se puede considerar como un buen suplemento para aquellas personas con dietas especiales, ya sea para bajar de peso y/o condiciones de salud (Lalić et al., 2014).

A pesar de que leche de coco contiene alrededor de 24 % de lípidos (USDA, 2015), la leche de coco obtenida presenta solamente 2.01 % de grasa, esto depende de varios factores, principalmente de las proporciones de pulpa y agua usadas, en este estudio se realizó en relación 1:10, mientras que los valores presentados por el USDA no indican las proporciones utilizadas.

Respecto a la leche de avena, el contenido de grasa es de 0.97 %, aunque el grano íntegro posee alrededor de 7 % de lípidos (principalmente poliinsaturados), este valor disminuye al procesar la avena de manera líquida, ya que implica el descascarado de la semilla, la molienda e hidrólisis de la amilasa, modificando de esta forma el perfil de los ácidos grasos y pérdida de algunas vitaminas y minerales (Zhang *et al.*, 2007).

A partir de las variables de grasa por método de Babcock y método Soxhlet se pueden predecir los porcentajes de grasa por medio de regresiones, como se observa en la figura 19.

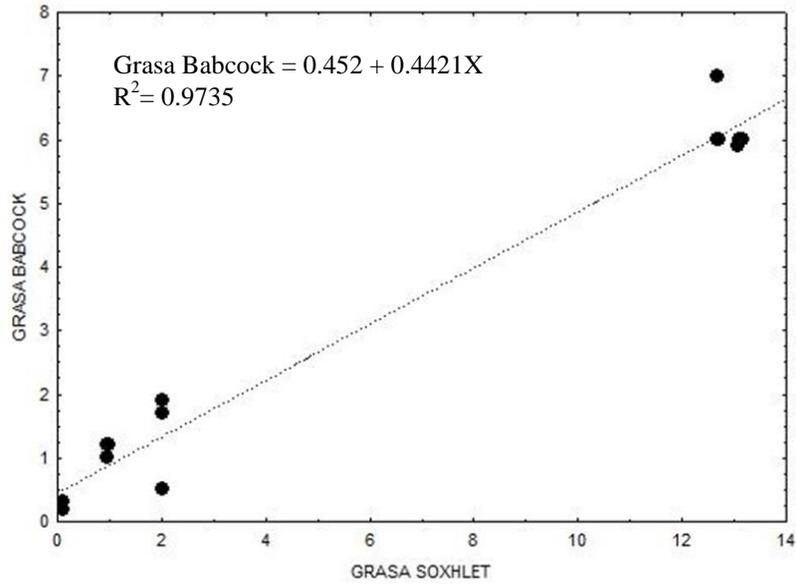


Figura 19. Regresión método Babcock respecto a Soxhlet

4.5 Proteína cruda

Los resultados obtenidos de la conversión de nitrógeno a proteína por método Kjeldahl, se esquematizan en la figura 20. Es notable la diferencia significativa entre todos los tratamientos, excepto en las muestras de arroz y coco que según la prueba de Fisher ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente iguales.

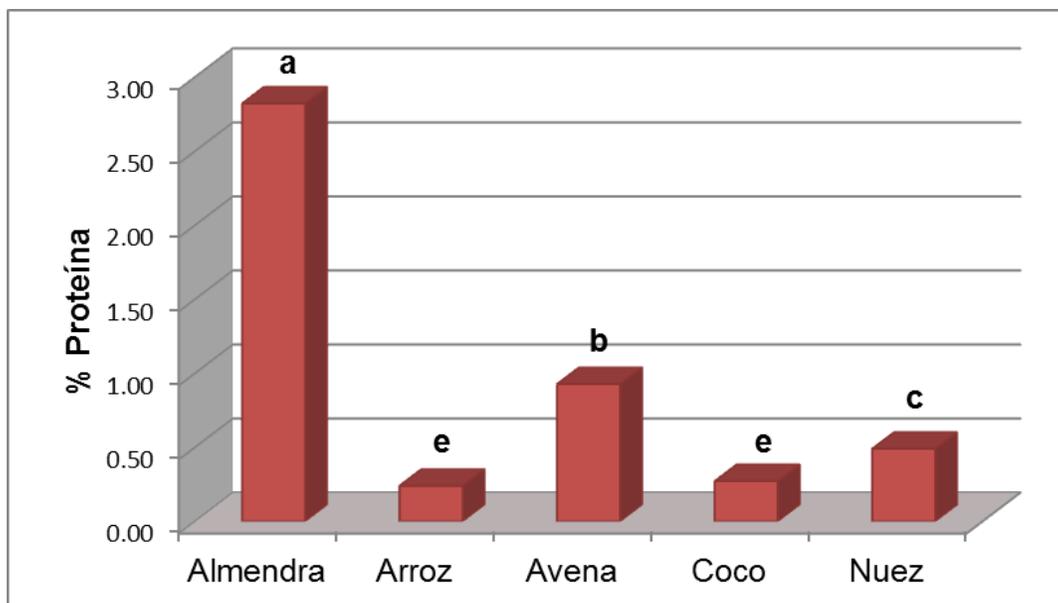


Figura 20. Comparación de medias de proteína cruda

La leche de almendras en relación 2:10 contiene mayor porcentaje de proteínas, 2.82 % siendo mayor que lo reportado por Toro-Funes (2014). Las almendras sin procesar sobresalen dentro del grupo de los frutos secos debido al equilibrio de sus aminoácidos esenciales y su alto contenido proteico (21 %), este porcentaje es superado únicamente por las proteínas de la soya (Pamplona, 2006). Entre sus aminoácidos se destacan el ácido glutámico, ácido aspártico, arginina, leucina, glicina y fenilalanina (USDA, 2015).

En segundo puesto se encuentra la leche de avena, aunque se conoce que presenta mayor porcentaje proteínas que el resto de los cereales, en su forma líquida (relación 1:10) solamente contiene 0.93 %, esta disminución se debe principalmente a que al someter a la avena a procesos físicos, químicos, biológicos e hidrotermales se producen cambios en su microestructura y en las características funcionales de sus proteínas y otros de sus componentes según Tosh & Miller (2016).

En lo que respecta a la leche de nuez en relación 2:10, su porcentaje de proteínas es de 0.49 %, un valor muy lejano al porcentaje presentado de la nuez pecana sin procesar 9.17 % (USDA, 2015). Sin embargo, entre la composición de sus

proteínas se destaca el contenido de ácido glutámico, arginina, ácido aspártico, leucina y serina (USDA, 2015).

En cuestión al contenido de proteína de la leche de arroz (0.24 %) y leche de coco (0.27 %) no existe diferencia significativa. En el primer caso, el contenido de proteína es cercano a lo que establece el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (0.28 %). En este sentido, el arroz blanco es pobre en sustancias proteicas y presenta un déficit en los aminoácidos esenciales: triptófano, metionina y lisina; pero es rico en ácido glutámico y aspártico. En caso de la leche de coco, el porcentaje es inferior a lo presentado por el USDA (2.29 %), al igual que en otros tratamientos, esta disminución se asocia a la filtración de los residuos de la molienda a través de una tela/gasa, ya que se retienen partículas de mayor tamaño y por lo tanto con mayor porcentaje de nutrientes.

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de la presente investigación, se concluye lo siguiente:

- ✓ Se desarrollaron de manera tradicional cinco tipos de leche vegetal a base almendras, arroz, avena, coco y nuez pecanera.
- ✓ Posteriormente, se caracterizaron químicamente, se determinó el porcentaje de cenizas, grasa por método Babcock, grasa por método Soxhlet y proteína cruda.
- ✓ Asimismo, se realizó una comparación de las variables de estudio mediante la prueba de comparación de medias de Fisher ($\alpha \leq 0.05$), se encontró que la leche de almendras posee los mayores contenidos de cenizas (0.30 %), grasa por método Soxhlet (13.12 %) y proteína (2.82 %). A diferencia de la leche de arroz que presentó el menor contenido en todas las variables.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanís, F.G, (2001). Plantas nativas usadas como alimentos, condimentos y bebidas en las comunidades vegetacionales desérticas o semidesérticas en Nuevo León, México. *En "Revista Salud Pública y Nutrición"*. Vol. 2, No. 1. Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Alison, K., and Oliver, C. (2012). Health Benefits of Almonds beyond Cholesterol Reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60**, 6694-6702.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Analytical Chemist. Washington, D.C. 1980.
- Babu, A. S., Veluswamy, S. K., Arena, R., Guazzi, M., and Lavie, C. J. (2014). Virgin Coconut Oil and Its Potential Cardioprotective Effects. *Postgraduate Medicine* **126**, 76-83.
- Bawaland, D. D., and Chapman, K. R. (2006). Virgin coconut oil: production manual for micro-and village-scale production. pp. 1-112. FAO - Regional Office for Asia and the Pacific.
- Chandler, G. M., and Goldstein, M. D. M. (2009). "Food and Nutrition Controversies Today: A Reference Guide," Greenwood Press, Connecticut, USA.
- Del Cañizo, P. J. A. (2011). "Palmeras," Tercera/Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Domínguez-Avila, J. A., Alvarez-Parrilla, E., López-Díaz, J. A., Maldonado-Mendoza, I. E., Gómez-García, M. d. C., and de la Rosa, L. A. (2015). The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets. *Food Chemistry* **168**, 529-537.

- Flores, M. A. (2005). "Manual de pastos y forraje altoandinos," ITDG-ECHO-OIKOS, Lima, Perú.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2004). El arroz y la nutrición humana. Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Dirección de Estadística. (FAOSTAT). Producción mundial de cultivos 2013. [Disponible en: faostat.fao.org]
- Franquet, B. J. M., and Borràs, P. C. (2004). "Variedades y mejora del arroz: oryza sativa, L," Universitat Internacional de Catalunya, España.
- Frusso, E. A. (2007). Características Morfológicas y Fenológicas del Pecán. *En* "Producción de pecán en Argentina". Lavado, R.S. & Frusso, E.
- Gao, C., Gao, Z., Greenway, F. L., Burton, J. H., Johnson, W. D., Keenan, M. J., Enright, F. M., Martin, R. J., Chu, Y., and Zheng, J. (2015). Oat consumption reduced intestinal fat deposition and improved health span in *Caenorhabditis elegans* model. *Nutrition Research* **35**, 834-843.
- Geilfus, F. (1994). "El árbol al servicio del agricultor: Guía de especies," Enda-Caribe, Turrialba, Costa Rica.
- Granados, S. D., and López, R. G. (2002). Manejo de la palma de coco (*Cocos nucífera* L.) en México. *En* "Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente", Vol. 8, pp. 39-48. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Haddad, E. H. (2011). Chapter 105 - Health Effects of a Pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] Nut-rich Diet. *In* "Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention", pp. 891-898. Academic Press, San Diego.
- Hernández, R. M. (2001). "Alimentación infantil," Tercera/Ed. Díaz de Santos, Madrid, España.

- Intahphuak, S., Khonsung, P., and Panthong, A. (2010). Anti-inflammatory, analgesic, and antipyretic activities of virgin coconut oil. *Pharmaceutical Biology* **48**, 151-157.
- Janick, J., and Paull, R. E. (2008). "The Encyclopedia of Fruit and Nuts," CABI North American Office, London, UK.
- Juliano, B. O. (1994). "El arroz en la nutrición humana," FAO/Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, Roma, Italia.
- Kamisah, Y., Periyah, V., Lee, K. T., Noor-Izwan, N., Nurul-Hamizah, A., Nurul-Iman, B. S., Subermaniam, K., Jaarin, K., Azman, A., Faizah, O., and Qodriyah, H. M. S. (2015). Cardioprotective effect of virgin coconut oil in heated palm oil diet-induced hypertensive rats. *Pharmaceutical Biology* **53**, 1243-1249.
- Lalić, J., Denić, M., Sunarić, S., Kocić, G., Trutić, N., Mitić, S., and Jovanović, T. (2014). Assessment of thiamine content in some dairy products and rice milk. *CyTA - Journal of Food* **12**, 203-209.
- Langer, R. H. M., Langer, R. H. M., and Hill, G. D. (1991). "Agricultural Plants," 2^a Ed. Cambridge University Press.
- Lénárt, G., and Komlos, J. I. (2013). "Bebidas Alcalinizantes: Batidos verdes, zumos y alimentos para estar sanos," Editorial Edaf, S.L., Madrid, España.
- León, J. (2000). "Botánica de los cultivos tropicales," 3^a Ed. Editorial Agroamérica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Libro de recetas ChufaMix* (2015). Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de [<http://www.chufamix.es>]
- Lizano, M. (2001). "Guía Técnica del Cultivo de Coco," Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-USDA, El Salvador.

- López, D. J. A., V.A., Salas, G. J., Aguilar, V. A., Robles, H. L., Villalobos, P. E., and Rodríguez, A. A. (2011). Rentabilidad de nogal pecanero bajo sistemas de producción de mediana tecnología en Delicias, Chihuahua. En "Revista Mexicana de Agronegocios", Vol. 15, pp. 720-732. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C., Torreón, México.
- López, G. G. (2007). "Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares: (especies silvestres y las cultivadas más comunes)," Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Lozano, C. J. (2013). *Cultivo del Nogal (Carya illinoensis)*. Monografía de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Mateo, B. J. M. (2005). "Prontuario de agricultura," Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica, Madrid, España.
- Montero, R. F. (1993). "Caracterización Morfológica Del Almendro," Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Departamento de Producción Vegetal y Tecnología Agraria, Murcia, España.
- NMX-FF-084-SCFI-2009. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano -fruto fresco- Nuez pecanera *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch - Especificaciones y Métodos de prueba
- Ortiz-Quezada, A. G., Lombardini, L., and Cisneros-Zevallos, L. (2011). Chapter 104 - Antioxidants in Pecan Nut Cultivars [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]. En "Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention", pp. 881-889. Academic Press, San Diego, California.
- Pamplona, R. J. D. (2006). "Nuevo estilo de vida. Salud por los alimentos," SAFELIZ, Madrid, España.

- Prandoni, A., and Zago, F. (2013). "La Buena Cocina Sin Leche," De Vecchi, Editorial, S.A., Barcelona.
- Real Academia Nacional de Medicina. (1974). "Los organismos unicelulares como fuente de proteínas. Instituto de España, Madrid.
- Rodríguez, R. V. (2008). "Bases de la Alimentación Humana," Netbiblo, España.
- Sala, R., and Barroeta, A. C. (2003). "Manual de microscopía de piensos," Universidad Autónoma de Barcelona. Servicio de Publicaciones, Bellaterra, España.
- Sánchez, M.J., Hernández, M.T., González, G.D., Ramírez, B.R., Lozano, R.M., García, P.J., Delgado, A.J., Calvo, M.P. "Procedimiento para la elaboración de una bebida funcional y bebida funcional obtenible a partir de dicho procedimiento". España, P201031148. (Cl. A23L 1/36), 08 de enero de 2013. Appl. 22 de febrero de 2012. 13
- Sánchez, M. T. (2003). "Procesos de elaboración de alimentos y bebidas," Primera/Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Shinnick, F. L., Longacre, M. J., Ink, S. L., and Marlett, J. A. (1988). Oat Fiber: Composition versus Physiological Function in Rats. *The Journal of Nutrition* **118**, 144-151.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Producción nacional de cultivos 2014. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), México. [Disponible en: www.siap.gob.mx].
- Singh, R., De, S., and Belkheir, A. (2013). Avena sativa (Oat), A Potential Nutraceutical and Therapeutic Agent: An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **53**, 126-144.

- Somogyi, L., Barrett, D. M., and Ramaswamy, H. (2005). "Processing Fruits. Science and Technology," Segunda/Ed. CRC Press - Taylor & Francis, United States of America.
- Tangsuphoom, N. (2008). Effect of Homogenization Process and Heat Treatment on the Stability of Coconut Milk Emulsions. *In* "Properties and Structure of Coconut Milk Emulsions", pp. 58-79. Pennsylvania State University.
- Toro-Funes, N. (2014). "Valor nutritivo y biofuncional de las bebidas de soja y de almendra estabilizadas por ultra alta presión de homogeneización". (Tesis doctoral inédita). Departamento de Nutrición y Bromatología. Universitat de Barcelona.
- Tosh, S. M., & Miller, S. S. (2016). Oats. *En* "Encyclopedia of Food and Health" (B. Caballero, P. M. Finglas and F. Toldrá, eds.), pp. 119-125. Academic Press, Oxford.
- United States Department of Agriculture (USDA). National Nutrient Database for Standard Reference. Agriculture Research Service. National Agricultural Library [Disponible en: ndb.nal.usda.gov]
- Wien, M., Bleich, D., Raghuvanshi, M., Gould-Forgerite, S., Gomes, J., Monahan-Couch, L., and Oda, K. (2010). Almond Consumption and Cardiovascular Risk Factors in Adults with Prediabetes. *Journal of the American College of Nutrition* **29**, 189-197.
- Yahia, E. M. (2011). "Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits," Woodhead Publishing.
- Yong, J. W., Ge, L., Ng, Y. F., & Tan, S. N. (2009). The Chemical Composition and Biological Properties of Coconut (*Cocos nucifera* L.) Water. *Molecules* **14**, 5144-5164.

Zhang, H., Önning, G., Triantafyllou, A.Ö., & Öste, R. (2007). Nutritional properties of oat-based beverages as affected by processing and storage. *Journal of the Science Food and Agriculture* **87**, 2294-2301.