

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
POSTGRADO INTERFACULTADES EN CIENCIA Y TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**



**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE PASTAS  
ALIMENTICIAS A BASE HARINA DE ARROZ, QUINOA Y  
CHÍA DESTINADAS A REGÍMENES ALIMENTICIOS SIN  
GLUTEN**

**Tesis Doctoral presentada ante la ilustre Universidad Central de Venezuela por la MSc. Silvana Carolina Ortiz Márquez, para optar al Título de Doctora en Ciencias Mención Ciencia y Tecnología de alimentos  
Tutor: Dra. Elevina Pérez**

**Caracas – Venezuela  
Mayo 2017**



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de Estudios  
de Postgrado

### VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias y el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela, para examinar la **Tesis Doctoral** presentada por: **Silvana Carolina Ortiz Márquez**, Cédula de identidad N° 11.380.611, bajo el título "**Desarrollo y evaluación de pastas alimenticias a base de harina de arroz, quinoa y chíá destinadas a regímenes alimenticios sin gluten**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **DOCTOR EN CIENCIAS, MENCIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 25 de Mayo de 2017 a las 02:00 PM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en la sala del Centro de Computación de la Facultad de Ciencias de Universidad Central de Venezuela, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado Es un aporte desde el punto de vista tecnológico y nutricional en el área de desarrollo de nuevos productos de pastas alimenticias a base de cereales y pseudocereales dirigida a regímenes especiales.

*[Handwritten signatures and initials]*

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 25 días del mes de Mayo del año 2017, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado Dra. Elevina Pérez.



---

Dra. Mary Lares  
C.I. 8.842.814  
Escuela de Nutrición y Dietética  
Facultad de Medicina-UCV



---

Dr. Simón Asdrúbal Barreto Otero  
C.I. 5.088.701  
Universidad de Oriente



---

Dr. Ramón Benito Infante  
C.I. 648.652  
Escuela de Nutrición y Dietética  
Facultad de Medicina-UCV



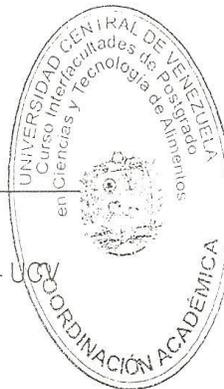
---

Dra. Auris Damely García  
C.I. 7.189.984  
Instituto de Ingeniería Agrícola e  
Instituto de Química y Tecnología  
Facultad de Agronomía



---

Dra. Elevina Pérez  
C.I. 3.710.533  
ICTA-Facultad de Ciencias - UCV



o.a.s.25/05/2017

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo el desarrollo y evaluación de pastas alimenticias a base harina de arroz, quinoa y chía destinadas a regímenes alimenticios sin gluten. En primer lugar, se caracterizó físicamente las materias primas utilizadas consistentes en granos de arroz SD20A (de origen nacional), quinoa blanca y chia (originarias de Bolivia). Posteriormente, se establecieron las condiciones de elaboración de las harinas de arroz SD20A (HAC) y chía en estado crudo (HCC) y las de arroz SD20A (HAP) y quinoa (HQP) como harinas pregelatinizada utilizando un secador de doble tambor rotatorio. Se formularon y ajustaron las condiciones de proceso para la obtención de pastas alimenticias extruidas al frío en formato de macarroni mediano a base de mezclas de HAC y HAP y de HQP y HQP/HCC compactadas con carboximetilcelulosa (CMC). Se determinó físicamente que la pregelatinización y la molienda disminuyen la densidad aparente de las harinas. Se demostró que las muestras corresponden a alimentos de humedad intermedia. El color instrumental en cuanto a luminosidad ( $L^*$ ) e índice de blanco (IB) aumentan a medida que se refinan las harinas disminuyendo levemente por pregelatinización de los almidones. En las pastas la  $L^*$  e IB decrecen al ir incorporar HQP y HQP/HCC, asimismo la cocción aumentó la  $L^*$  e IB de las mismas. En cuanto a la textura instrumental en las pastas en estado crudo/seco requieren mayor fuerza para su quiebre al incorporar ingredientes a su formulación. En pastas cocidas, la pasta de arroz/quinoa/chía (PAQC) resultó ser la más masticable, elástica y gomosa. Se evaluó la composición proximal, acidez y el aporte energético de las harinas y los productos de pastificio; en éstos últimos se determinó que al incorporar las distintas harinas a las formulaciones se incrementa el nivel de proteínas, grasa, cenizas y fibra dietética. El contenido de acidez fue bajo en todas las muestras ensayadas. Se evidencia un buen aporte calórico oscilando entre 369 a 374 Kcal/100g de pasta. Se determinó la composición mineral y metales pesados obteniéndose en la pasta PAQ mayores contenidos de calcio, hierro y magnesio y al suplementar HCC se incrementó el nivel de sodio, aunque la adición de CMC lo aumenta. No se detectaron metales pesados en las pastas. La PAQ presenta mayor contenido de ácidos grasos omega 6 con respecto a los omega 3, y la adición de HCC incrementa el contenido de omega 3. Adicionalmente, el análisis puntaje químico de aminoácidos esenciales reveló que la lisina es el aminoácido limitante y al incorporar HQP y la mezcla de HQP/HCC a la formulación de pasta a base de arroz SD20A se mejora el contenido de aminoácidos esenciales lo cual es beneficioso para el consumidor. Microbiológicamente, las pastas se consideran aptas para consumo pues cumplen los requisitos establecidos en la norma COVENIN 283:1994 para pastas alimenticias sin huevo. La calidad de cocción de las pastas formuladas demuestra que el tiempo óptimo de cocción aumentó al incorporar la HQP y la mezcla de HQP/HCC. La PA ganó más peso por captación de agua que las PAQ y PAQC. Y al incorporar HCC en la PAQC se incrementa al menos 5 veces la pérdida por cocción con respecto a la PA. La conjunción de atributos sensoriales medidos en las pastas indica el orden de aceptación por parte de los evaluadores como: PAQC > PAQ > PA. En general, la suplementación de las pastas a base de arroz SD20A con semillas ancestrales como quinoa y chia originaron productos nutricional, microbiológica y sensorialmente aptas para el consumo en regímenes especiales de alimentación así como para consumo masivo.

Palabras claves: Arroz SD20A, quinoa, chía, pastas alimenticias.

## **DEDICATORIA**

A Dios y a la Madre María por brindarme fortaleza e iluminarme en la realización de este trabajo de investigación.

A mi familia y amigos por su acompañamiento y apoyo incondicional.

A los consumidores de regímenes especiales de alimentación para que esta investigación constituya un aporte a la diversificación de productos alimenticios y su calidad de vida. En especial a mi sobrina Paula Sofia, quien me motivo a seguir esta línea de investigación.

## AGRADECIMIENTOS

A la Doctora Elevina Perez por ser mi tutora durante mis estudios doctorales, compartir sus conocimientos y darme la oportunidad de desarrollar esta investigación con fin social y humano.

Al personal de DANAC por suministrarme el arroz SD20A para esta investigación. En especial al MSc. Manuel Àvila.

Al IIBCA de la UDO Núcleo de Sucre por permitirme realizar los análisis de minerales y metales pesados bajo la asesoría de la Doctora Blanca Rojas y al Licdo. José Luis Prin.

Al INN Caracas por la colaboración y trámites para los análisis de fibra dietética y ácidos grasos. Especialmente al MSc. José Lanza.

A Empresas Polar y su Gerencia de Servicios analíticos por la colaboración en los análisis de aminoácidos totales y libres. Especialmente a la doctora Graciela Troncone, MSc. Rosalia Javier y a las laboratoristas Carla D'Amore y Lisbeth Gil.

A la UPTOS CR, en especial al Rector Enry Gómez y al MSc. Rafael Pardo por la División de investigación y al Departamento de Biología por facilitarme parte de los recursos e instalaciones para el desarrollo de esta Tesis.

A todo el personal del ICTA por brindarme su colaboración, apoyo y conocimientos adquiridos, los cuales me fortalecen profesionalmente.

A mis Jurados Doctores Benito Infante, Mary Lares, Auris Díaz, Simón Barreto y Romel Guzmán por todo su apoyo y colaboración.

A Osmara Santander por brindarme su mano solidaria y apoyarme con todos los trámites administrativos del postgrado.

A Roberto Carreño por el apoyo y acompañamiento durante estos años de estudios, y por alentarme cuando me sentía decaer.

*Mil gracias a todos.*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág
VEREDICTO	ii
RESUMEN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I. REGÍMENES ALIMENTICIOS SIN GLUTEN	19
1.1. Definición de Gluten	19
1.2. Enfermedad Celíaca o Celiaquía	21
1.3. Efecto Tóxico del Gluten en el Celíaco	22
1.4. Manifestaciones Clínicas Digestivas de la Celiaquía	23
1.5. Dieta del Paciente Celíaco	24
1.6. Autismo o Trastorno del Espectro Autista	26
1.7. Acción de la Gluteomorfinina y Caseomorfinina	27
1.8. Dieta del Paciente Autista	29
CAPÍTULO II. ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> ), QUINOA ( <i>Chenopodium quinoa Willd.</i> ) Y CHÍA ( <i>Salvia hispanica L</i> ) COMO MATERIAS PRIMAS LIBRES DE GLUTEN	31
2.1. Generalidades del Arroz	31
2.1.1. Origen del cultivo de arroz	31
2.1.2. Zonas de cultivo y producción a nivel mundial y en Venezuela	34
2.1.3. Taxonomía del arroz	38
2.1.4. Morfología del arroz	39
2.1.5. Tipos y variedades de arroz	46
2.1.6. Composición química del arroz	49
2.2. Generalidades de la Quinoa	53
2.2.1. Origen del cultivo de la quinoa ( <i>Chenopodium quinoa Willd.</i> )	53
2.2.2. Zonas de cultivo de quinoa a nivel mundial	55
2.2.3. Taxonomía de la quinoa	58
2.2.4. Morfología de la planta de quinoa	58
2.2.5. Composición química de la quinoa	65
2.2.6. Usos y aplicaciones de la quinoa	69
2.3. Generalidades de la Chía	71
2.3.1. Origen del cultivo de la chía	71
2.3.2. Zonas de cultivo de chía a nivel mundial	73
2.3.3. Taxonomía de la chía	74
2.3.4. Morfología de la planta de chía	75
2.3.5. Composición química de la semilla de chía	83
2.3.6. Usos y aplicaciones de la chía	87
2.4. Arroz, Quinoa y Chía como alimentos libres de gluten	89
CAPÍTULO III. PASTAS ALIMENTICIAS A BASE DE HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ ( <i>Oryza sativa</i> ), QUINOA ( <i>Chenopodium</i>	

<i>quinoa Willd.</i> ) y CHÍA ( <i>Salvia hispanica L</i> )	91
3.1. Generalidades sobre Pastas Alimenticias	91
3.1.1. Origen e historia de las pastas	91
3.1.2. Producción y consumo mundial de pastas alimenticias	93
3.1.3. Definición de pastas alimenticias	95
3.1.4. Clasificación de pastas alimenticias	96
3.1.5. Composición química de las pastas alimenticias	102
3.2. Harinas Compuestas de Cereales Libres de Gluten	104
3.3. Pastas Alimenticias Libres de Gluten	104
<b>CAPÍTULO IV. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA</b>	107
4.1. Objetivo General	107
4.2. Objetivos Específicos	107
4.3. Proceso de Elaboración de Harinas y Pastas alimenticias	108
4.3.1. Caracterización física de los granos y semillas de arroz, quinoa y chía	108
4.3.1.1. Tamaño de las semillas	109
4.3.1.2. Forma de las semillas	110
4.3.1.3. Peso de las semillas	112
4.3.1.4. Densidad real y aparente de las semillas	112
4.3.2. Elaboración de harinas crudas y pregelatinizadas.	113
4.3.2.1. Harina cruda de arroz (HCA)	113
4.3.2.2. Harina pregelatinizada de arroz (HPA)	114
4.3.2.3. Harina pregelatinizada de quinoa (HPQ)	116
4.3.2.4. Harina cruda de chía (HCC)	118
4.3.3. Elaboración de pastas alimenticias extruidas al frio (temperatura ambiente)	118
4.4. Métodos Analíticos	121
4.4.1. Análisis físicos	121
4.4.1.1. Características gravimétricas de las harinas y pastas	121
Densidad aparente	121
Aw	121
Color instrumental	122
Textura instrumental	122
4.4.2. Análisis proximal y otros análisis químicos	123
4.4.2.1. Análisis proximal	123
Humedad	123
Grasa cruda	123
Proteínas	123
Cenizas	123
Fibra dietaria total (FDT)	123
Carbohidratos totales y disponibles	125
4.4.2.2. Contenido calórico o energía aportada	125
4.4.2.1. Otros análisis químicos	125
Acidez titulable	125
Composicion en minerales y metales pesados	125

Perfil de ácidos grasos	126
Perfil de aminoácidos	127
4.4.3. Análisis microbiológicos	128
Recuento de aerobios mesófilos	128
Recuento de mohos y levaduras	128
Recuento de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	128
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i>	129
Recuento de <i>Salmonella spp.</i>	129
4.4.4. Análisis de calidad de cocción de las pastas formuladas	129
Tiempo mínimo (óptimo) de cocción	130
Ganancia de peso	130
Pérdidas por cocción o liberación del almidón	130
4.4.5. Evaluación sensorial	131
4.4.6. Análisis estadísticos	132
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>133</b>
5.1. Características Físicas Dimensionales de los Granos y Semillas Empleados como Materia Prima y de las Pastas Obtenidas	133
5.1.1. Dimensiones de semillas y granos descascarados de arroz SD20A	133
5.1.2. Dimensiones de granos de quinoa	135
5.1.3. Dimensiones de semillas de chia	136
5.1.4. Dimensiones de pastas en estado cruda (secas) y cocidas	137
5.2. Características Físicas Gravimétricas de los Granos y Semillas y sus Harinas Crudas y Pregelatinizadas y de las Pastas Formuladas	138
5.2.1. Gravimetría de granos, y harinas cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	138
5.2.2. Gravimetría de granos y harina pregelatinizada de quinoa	140
5.2.3. Gravimetría de semillas de chia	141
5.2.4. Gravimetría de las pastas formuladas secas o crudas	141
5.3. Actividad de Agua en Granos y Semillas y sus Harinas Crudas y Pregelatinizadas	142
5.3.1. Actividad de agua en granos, y harinas cruda y Pregelatinizada de arroz SD20A	142
5.3.2. Actividad de agua en granos y harina pregelatinizada de quinoa	143
5.3.3. Actividad de agua en semillas de chia	143
5.3.4. Actividad de agua en pastas formuladas	145
5.4. Color Instrumental de los Granos o Semillas y sus Harinas Crudas y Pregelatinizadas	145
5.4.1. Color instrumental en granos, harinas cruda y Pregelatinizada de arroz SD20A	145
5.4.2. Color instrumental de granos y harina pregelatinizada de quinoa	148
5.4.3. Color instrumental de semillas y harina cruda de chia	149
5.4.4. Color instrumental en pastas formuladas	150
5.5. Textura Instrumental en Pastas Formuladas	153
5.6. Composición proximal y energética de los granos y semillas, sus harinas crudas y pregelatinizadas y las pastas formuladas	158

5.6.1. Composición proximal, aporte energético y acidez de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	159
5.6.2. Composición proximal, acidez y aporte energético de granos y harina pregelatinizada de quinoa	164
5.6.3. Composición proximal, acidez y aporte energético de harina cruda de Chía	168
5.6.4. Composición proximal, acidez y aporte energético de pastas formuladas	170
5.7. Composición mineral de los granos y semillas, sus harinas crudas y pregelatinizadas y las pastas formuladas	174
5.7.1. Minerales y metales pesados en harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	175
5.7.2. Minerales y metales pesados en granos y harina pregelatinizada de quinoa	177
5.7.3. Minerales y metales pesados en harina cruda de chía	180
5.7.4. Minerales y metales pesados en pastas formuladas	182
5.8. Perfil de ácidos grasos de harina de quinoa, semillas de chía y de las pastas formuladas	186
5.8.1. Ácidos grasos en harina de quinoa pregelatinizada	187
5.8.2. Ácidos grasos en harina cruda de chía	188
5.8.3. Ácidos grasos en pastas formuladas	189
5.9. Perfil de aminoácidos en las pastas preparadas	192
5.10. Análisis microbiológicos de las pastas formuladas	196
5.11. Calidad de cocción de las pastas formuladas	198
5.12. Análisis sensorial de las pastas formuladas	199
CONCLUSIONES	202
RECOMENDACIONES	205
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	206
ANEXOS	221

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Pág</b>
1	Secuencia de aminoácidos en los péptidos gliadorfina y casomorfinina.	28
2	Estadísticas sobre superficie cosechada (hectáreas) y volumen de producción (toneladas) de arroz en Venezuela durante el período 2007-2012	38
3	Composición del arroz con cáscara (paddy), integral y pulido	50
4	Composición proximal de diversas variedades de arroces venezolanos tanto blancos (pulido) como integrales (Valores de nutrientes por 100 g de producto crudo)	52
5	Composición mineral de diversas variedades de arroces venezolanos tanto blancos (pulido) como integrales (Valores de nutrientes por 100 g de producto crudo).	52
6	Composición proximal de arroz cocido o sancochado en su presentación blanco (pulido) e integral (Valores de nutrientes por 100 g de producto cocido)	53
7	Composición mineral de arroz cocido o sancochado en su presentación blanco (pulido) e integral (Valores de nutrientes por 100 g de producto cocido)	53
8	Clasificación taxonómica de la Quinoa	58
9	Composición proximal de la quinoa comparado con otros cereales (por 100g de alimento)	66
10	Comparación de perfiles de aminoácidos esenciales de la quinoa comparado con otros cereales (por 100g de alimento) tomando en cuenta el patrón de la FAO para edades entre 3 y 10 años.	66
11	Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (FDT) en semillas de quinoa (g/100g)	68
12	Composición mineral de la quinoa comparado con otros cereales (por 100 g de alimento)	68
13	Clasificación taxonómica de la chía	74
14	Composición proximal y energía aportada por semillas de chía y algunos cereales (% en base fresca)	83
15	Composición aminoacídica de hidrolizados proteicos obtenidos a partir de semillas de chía desgrasadas a extracción por solvente y por prensado	84
16	Contenido de ácidos grasos (g/kg de ácidos grasos) en semillas de chía.	85
17	Composición proximal y energía aportada por semillas de chía y algunos cereales.	86
18	Contenido de minerales en semillas de chía ( <i>Salvia hispanica L</i> ), según algunos autores.	86
19	Composición proximal de las harinas de chía desgrasada y parcialmente desgrasada	88
20	Proporción de las fracciones de proteína de semilla de Chía	90

21	Producción de Pastas Alimenticias en el mundo 2011, 2012 y 2013 (en Toneladas) tomando en cuenta los primeros 15 países productores.	94
22	Consumo de Pastas Alimenticias en el Mundo 2011, 2012 y 2013 (kg per capita) tomando en cuenta los primeros 15 países consumidores.	95
23	Tipos de pastas alimenticias largas	99
24	Tipos de pastas alimenticias cortas	100
25	Tipos de pastas alimenticias enroscadas o en forma de nidos	101
26	Tipos de pastas alimenticias especiales	102
27	Requisitos químicos de las pastas alimenticias a partir de distintas materias primas	109
28	Características físicas del grano de arroz cultivar SD20A	113
29	Rendimiento del proceso de descascarado de arroz paddy SD20A	114
30	Rendimiento del proceso de molienda de arroz descascarado SD20A	114
31	Rendimiento del proceso de secado/ molienda de arroz laminado SD20A	115
32	Rendimiento del proceso de secado/ molienda de quinoa	117
33	Parámetros dimensionales de semillas y granos descascarados de arroz SD20A	134
34	Parámetros dimensionales de granos de quinoa	135
35	Parámetros dimensionales de semillas de chíá	136
36	Características dimensionales de las pastas en estado crudo (secas) y cocidas	137
37	Características gravimétricas de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	138
38	Características gravimétricas de granos y harina pregelatinizada de quinoa	140
39	Características gravimétricas de semillas de chia	141
40	Densidad aparente en pastas secas	142
41	Actividad de agua de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	142
42	Actividad de agua de granos y harina pregelatinizada de quinoa	143
43	Actividad de agua de semillas de chia	144
44	Actividad de agua de las pastas formuladas	144
45	Color instrumental de arroz paddy, arroz integral y harina cruda y pregelatinizada a partir de arroz SD20A	145
46	Color instrumental de granos y harina pregelatinizada de quinoa	148
47	Color instrumental de semillas y harina cruda de chia	149
48	Color instrumental de las pastas formuladas en estado crudo/secas y cocidas	151
49	Textura instrumental de las pastas en estado crudo/secas y cocidas	154
50	Composición proximal y acidez titulable de arroz SD20A y sus harinas cruda y pregelatinizada	159
51	Energía aportada por granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	163

52	Composición proximal de granos y harina pregelatinizada de quinoa	164
53	Energía aportada por granos y harina pregelatinizada de quinoa	167
54	Composición proximal de harina cruda de chíá	168
55	Energía aportada por harina cruda de chíá	170
56	Composición proximal y acidez titulable de las pastas formuladas	171
57	Energía aportada por las pastas formuladas	174
58	Longitudes de escogidas para cada elemento mineral en estudio	175
59	Composición mineral y metales pesados en harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	176
60	Composición mineral y metales pesados de granos y harina pregelatinizada de quinoa	178
61	Composición mineral y metales pesados de harina cruda de chíá	181
62	Composición mineral y metales pesados de pastas formuladas	183
63	Contenido de ácidos grasos presentes por cada 100 g de grasa de la muestra ensayada	186
64	Contenido de aminoácidos analizados por cada 100 g de pasta formulada	193
65	Contenido de aminoácidos analizados por cada 100 g proteínas presentes en la pasta	195
66	Puntaje o score químico de aminoácidos de la proteína para las pastas formuladas tomando en cuenta el patrón de referencia FAO/OMS (1985)	196
67	Análisis microbiológicos aplicados a las pastas formuladas	197
68	Análisis de calidad de cocción aplicados a las pastas formuladas	198
69	Análisis sensoriales aplicados a las pastas formuladas	200

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pág</b>
1	Conformación estructural del gluten	19
2	Interacción proteína/almidón en el gluten	20
3	Vellosidades intestinales de un individuo normal y de un paciente celíaco.	22
4	Caracterización de los péptidos tóxicos de los cereales en la enfermedad celíaca	23
5	Pirámide nutricional para el paciente celíaco	25
6	Etiología multifactorial del espectro autista	27
7	Origen del arroz y su movimiento en el mundo	32
8	Producción mundial de arroz	36
9	Importación mundial de arroz	37
10	Tipos de raíces en la planta de arroz. A: Raíces primarias, B: raíces secundarias.	40
11	Tallo de la planta de arroz. A: Raíces primarias, B: raíces secundarias	40
12	Hoja de la planta de arroz. A: prófalo, B: hoja bandera; C: lígula y aurícula de la hoja.	42
13	Inflorescencia de la planta de arroz. A: panícula, B: estructura de la panícula, C: tipos de panículas, 1 intermedia, 2 abierta y 3 cerrada	43
14	Inflorescencia o flor de la planta de arroz. A: Órganos de la flor, B: estructura de la espiguilla, C: Órganos de una espiguilla	44
15	Estructura del grano de arroz (cáscara y carióspside).	45
16	Diversos tipos de arroz	48
17	Arroz con cáscara y pulido	48
18	Diagrama fotomicrográfico esquemático de varios compuestos proteínicos y granulo de almidón compuesto de la capa de subaleurona del endospermo	51
19	Zonas andinas de cultivo de Quinoa antes de la conquista española	56
20	Sistema radicular de la planta de quinoa	60
21	Tallos de quinoa según su hábito de crecimiento	61
22	Forma y colores de la hoja de quinoa	62
23	Forma de la panoja de quinoa	63
24	Flores de quinoa mostrando sus estambres, A) flor hermafrodita, B) flor femenina	63
25	Fruto de quinoa cubierto por el perigonio, cara dorsal (a la izquierda) y ventral (derecha)	64
26	Semillas enteras y estructura de la semilla de quinoa	65
27	Industrialización de la quinoa	69
28	Ilustración de la planta de <i>Salvia hispanica</i> del Codex Florentino escrito entre 1575 a 1580	72
29	Zonas de cultivo de chía en Norte y Centroamérica	74
30	Foto e ilustración mostrando el aspecto general de un individuo adulto, mostrando los tallos ramificados y hojas de <i>Salvia hispanica</i>	76

31	Foto e ilustración de flores de chía en ramillete	77
32	Aqueno seco y exomorfología del fruto; clusas (cl) incluidas en el cáliz (K)	78
33	Exomorfología de las clusas o semillas con cutícula: a, b: clusas oscuras; c, d: clusas claras; a y c: cara ventral; b y d: cara dorsal (a la derecha). Exomorfología de la semilla desnuda: e: cara dorsal, f: cara ventral (a la izquierda)	79
34	A. sección longitudinal de la semilla de chía, Co: cotiledón, exc: extremo cotiledonal, exr: extremo radicular. B: sección transversal del pericarpio, c: cristales de oxalato de calcio, cm: células mucilaginosas, cnm: células no mucilaginosas, en: endocarpio, ep: epicarpio, me: mesocarpio.	81
35	Semillas de chía presentando mixocarpia o formación de mucilago	81
36	Hallazgo de pasta en china con una data de 4000 años antes de cristo (período neolítico)	91
37	Formatos de pastas alimenticias largas	99
38	Formatos de pastas alimenticias cortas	100
39	Formatos de pastas tipo nido o enrolladas	101
40	Formatos de pastas alimenticias denominadas especialidades	102
41	Plantas de arroz del cultivar SD20A	108
42	Dimensiones características de la semilla: largo y ancho con vista frontal (1), espesor en vista de perfil (2), y geometría tridimensional (3)	110
43	Procesamiento ilustrado para la elaboración de harina cruda de arroz SD20A	114
44	Procesamiento ilustrado para la elaboración de harina pregelatinizada de arroz SD20A	116
45	Procesamiento ilustrado para la elaboración de harina pregelatinizada de quinoa	117
46	Semillas trituradas de chía o harina cruda de chía .	118
47	Flujograma básico de procesamiento de pastas extruidas a temperatura ambiente	119
48	Proceso ilustrado de elaboración de pastas alimenticias	120
49	Formato de evaluación sensorial de pastas alimenticias	131
50	Comparación del contenido de ácidos grasos presentes por cada 100 g de grasa en las harinas de quinoa, chia y pastas formuladas	187
51	Comparación del contenido de aminoácidos presentes por cada 100 g de pastas formuladas	192
52	Comparación en gráfico de radar o QDA de las pastas formuladas en cuanto a sus atributos sensoriales	201

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Pág</b>
1	Análisis estadístico de parámetros dimensionales de arroz SD20A	221
2	Análisis estadístico de parámetros dimensionales en pastas crudas y cocidas	224
3	Análisis estadístico de características gravimétricas de arroz SD20A y sus harinas	225
4	Análisis estadístico de características gravimétricas de quinoa y su harina	226
5	Análisis estadístico de características gravimétricas de semillas de chía y su harina	227
6	Análisis estadístico de características gravimétricas en pastas secas	228
7	Análisis estadístico de color instrumental en granos y harinas cruda y pregelatinizada de arroz SD20A	229
8	Análisis estadístico de color instrumental de granos y harina pregelatinizada de quinoa	231
9	Análisis estadístico de color instrumental de semillas y harina cruda de chia	232
10	Análisis estadístico de color instrumental en pastas formuladas	234
11	Análisis estadístico de textura instrumental en pastas crudas/secas	239
12	Análisis estadístico de textura instrumental de las pastas cocidas	240
13	Análisis estadístico de composición proximal de granos y harinas de arroz SD20A	243
14	Análisis estadístico de composición proximal de granos y harina pregelatinizada de quinoa	245
15	Análisis estadístico de composición proximal de pastas formuladas	246
16	Análisis estadístico de composición mineral y metales pesados en harinas de arroz SD20A	248
17	Análisis estadístico de composición mineral y metales pesados de granos y harina pregelatinizada de quinoa	249
18	Análisis estadístico de composición mineral y metales pesados de pastas formuladas	250
19	Análisis estadístico de contenido de ácidos grasos semillas de chía y pastas	252
20	Análisis estadístico de contenido de aminoácidos en pastas	255
21	Análisis estadístico de pruebas de cocción en pastas	260
22	Análisis estadístico de atributos sensoriales medidos en las pastas	261

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha incrementado la necesidad de productos sin o libres de gluten como consecuencia del aumento del número de consumidores celíacos y con trastornos del espectro autista. Inicialmente, el desarrollo de estos productos buscaba obtener productos económicamente viables y sensorialmente aceptables. Sin embargo, actualmente el interés creciente por la alimentación saludable, también se extiende a los alimentos sin gluten.

El presente trabajo doctoral pretende aportar información sobre diversos aspectos relacionados con el diseño y desarrollo de productos de pastificio sin gluten a base de arroz suplementados con quinoa y la mezcla de arroz con quinoa y chía, se destacan sus características de procesamiento, nutricionales, microbiológicas, sensoriales y de calidad de cocción.

Es de resaltar que en general, las pastas libres de gluten están compuesta por cereales libres de gliadina como el arroz lo que la hacen ricas en carbohidratos y deficitarias en algunos micronutrientes como por ejemplo el aminoácido esencial lisina y algunos minerales. Para solventar el desequilibrio por insuficiencia en algún nutriente se sugiere la incorporación de otros ingredientes, más comúnmente leguminosas o pseudocereales por lo que se plantea la suplementación con semillas o granos ancestrales como la quinoa que presenta una buena proporción de aminoácidos esenciales y minerales importantes en la alimentación humana que le otorgan un alto valor biológico y de la chía que aporta ácidos grasos del tipo omega-3 y 6, así como lisina (aminoácido esencial), esta combinación representa una alternativa para mejorar la composición nutricional de este tipo de alimento libre de gluten.

A efectos de esta investigación se toma los productos de pastificio como objetivo de producción por ser el tercer producto a base de cereales de más alta demanda y consumo en nuestro país, luego del consumo de arroz y harina de maíz, además se escoge a las pastas por su fácil preparación culinaria y versatilidad en la variedad de platos que se

pueden preparar con ella, así como por el bajo contenido en agua que presenta al ser sometida a secado para una mejor conservación durante largo tiempo, en especial si se mantiene en condiciones óptimas de empaquetado y almacenamiento impidiendo así que se alteren sus propiedades nutritivas y organolépticas.

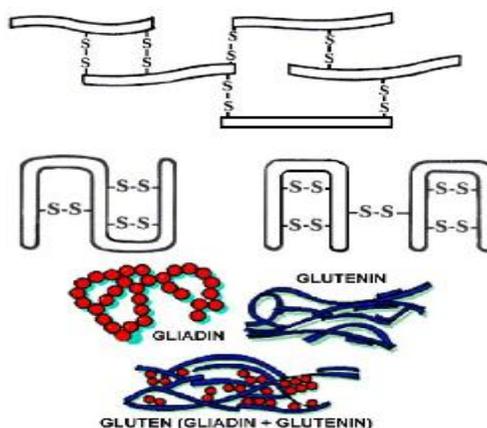
Adicionalmente, es fácil la transferencia tecnológica del proceso de elaboración de estos productos de pastificio a los consumidores de regímenes especiales para que puedan generar a nivel doméstico sus propias pastas para consumo personal.

# CAPÍTULO I

## REGÍMENES ALIMENTICIOS SIN GLUTEN

### 1.1. Definición de Gluten

El gluten es una glucoproteína que se encuentra en la semilla de muchos cereales combinada con almidón. En el caso del trigo representa un 80% de sus proteínas y está constituido por gliadina y glutenina, tal como se muestra en la figura 1.



**Figura 1. Conformación estructural del gluten.** Fuente: <http://celiacomania.blogspot.com/2012/11/que-es-el-gluten.html>

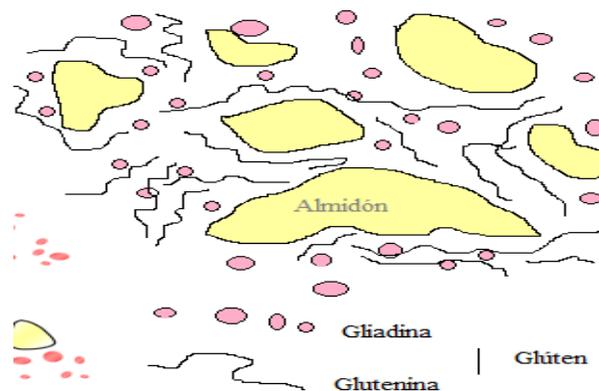
La gliadina en la harina de trigo, consiste en proteínas con estructura de prolamina, rica en glutamina (responsable de las propiedades mecánicas del gluten) y en prolina, con muchos enlaces intramoleculares, con pesos moleculares entre 42.000 a 47.000 Daltons. Es soluble en etanol al 70%, insoluble en agua y es de resaltar que algunas de sus fracciones pueden presentar efectos tóxicos y agudizar los efectos sobre la enfermedad celíaca (Badui, 1997).

La glutenina consiste en proteínas con estructura de glutelina, en forma monomérica presenta pesos moleculares que varían entre 20.000 y 120.000 Daltons y al unirse mediante enlaces disulfuros producen polímeros de altísimo peso molecular. Estas

proteínas son ricas en los aminoácidos glutamina y prolina. Es insoluble en agua, etanol al 70% y soluciones neutras y se solubiliza en ácidos y bases diluidas.

Según Badui (1997) el gluten representa el material proteínico compuesto por gliadina y glutenina, almidón ocluido y lípido. Al mezclarse con agua y amasar durante una media hora se forma una macroestructura proteica que se puede separar de la masa por lavado del almidón con agua. Se obtiene entonces el gluten que se supone es una macrored proteica muy elástica obtenida por el reordenamiento de los enlaces disulfuro intra e intermoleculares de la glutenina, así como de puentes de hidrógeno y enlaces hidrófobos e iónicos. Una vez seca, esta macrored contiene 39% de glutenina, 45% de gliadina y un 5% de otras proteínas, siendo el resto almidón, azúcares y lípidos. Es de resaltar que, las gliadinas producen la extensibilidad y expansión de la masa influyendo en el volumen de la misma. Mientras que las gluteninas son responsables de la elasticidad, cohesión y tolerancia de la masa al amasado, e influyen también sobre la duración óptima de amasado y sobre la estructura.

El gluten puede obtenerse a partir de la harina de trigo, centeno, avena y cebada a partir de la remoción del almidón que está integrado con estas proteínas, visualizado en la figura 2, el gluten constituye una estructura insoluble al agua en torno a los gránulos de almidón y este último puede eliminarse por lavado con agua común.



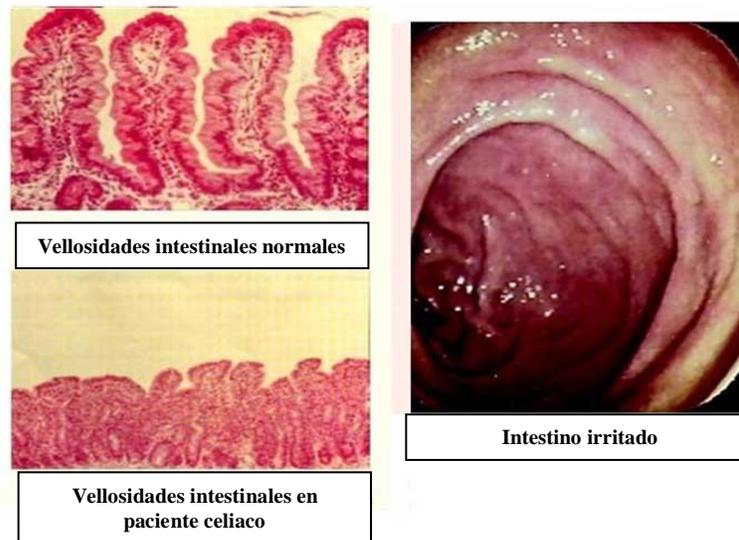
**Figura 2. Interacción proteína/almidón en el gluten.** Fuente Mosaca, 1995.

## **1.2. Enfermedad Celíaca o Celiaquía**

La enfermedad celíaca (celiaquía) consiste en una intolerancia permanente a la gliadina y otras proteínas afines, que produce una severa atrofia de las vellosidades del intestino. Se conoce que para que se exprese esta intolerancia se necesita la concurrencia de factores genéticos, inmunológicos y medioambientales (Panisello, 2004).

La enfermedad celíaca (EC), es también conocida como “enteropatía sensible al gluten” o “esprue no tropical”, se define como una inflamación crónica de la mucosa del intestino delgado mediada inmunológicamente, en sujetos genéticamente predispuestos, dando lugar a un cuadro de malabsorción debido a la atrofia de las vellosidades intestinales y en la que la clínica mejora al hacer una dieta exenta de gluten y reaparece al reintroducirlo nuevamente (García Almeida y col., 2012).

La gliadina al ser expuesta en el sistema inmune del individuo provoca una reacción cruzada en contra del intestino delgado, causando una reacción inflamatoria que causa la atrofia de las vellosidades que recubren el intestino y esto ocasiona interferencias en la absorción de nutrientes comprometiendo la salud del celíaco, visualizar figura 3. Es de resaltar que en condiciones normales todo alimento ingerido debe pasar por un proceso de digestión que lo degrade en partículas más pequeñas para que éstas puedan ser luego absorbidas. Esta absorción de alimentos tiene lugar en el intestino delgado y para que esto sea posible es necesaria la existencia de vellosidades, similares a raíces microscópicas que cuelgan en el interior del intestino, tienen como papel la absorción de nutrientes siendo la longitud de éstas esencial para que dicha absorción se produzca en mayor o menor grado. Cuando la longitud de la vellosidad se acorta la absorción se reduce y la nutrición de la persona queda comprometida (Diario Sarmiento, 2012).

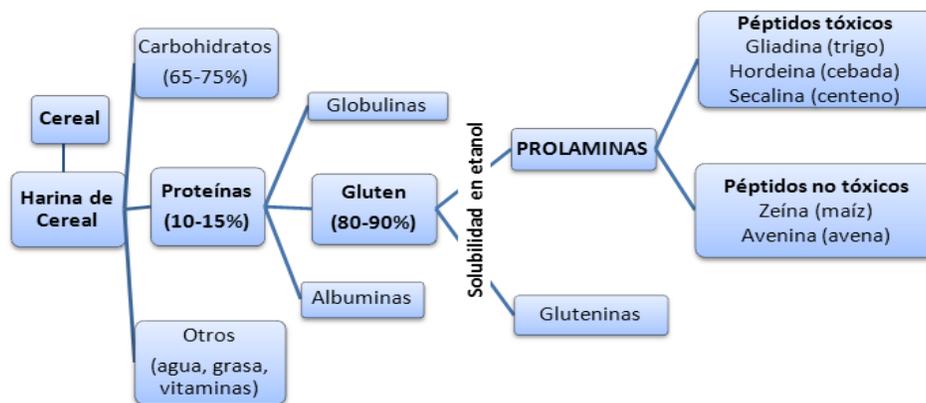


**Figura 3. Vellosidades intestinales de un individuo normal y de un paciente celíaco.**  
Fuente: Diario sarmiento, 2012.

### 1.3. Efecto Tóxico del Gluten en el Celíaco

En la figura 4, se muestra la composición del gluten que representa entre un 80 y 90%, y luego de su solubilización en etanol al 70% se separan las gluteninas (insolubles) de las prolaminas (solubles), observándose que las prolaminas presentan péptidos tóxicos para los celíacos como por ejemplo gliadinas (trigo), hordeínas (cebada), secalinas (centeno) y péptidos no tóxicos como la zeína (maíz) y avenina (avena), ésta última genera dudas sobre su efecto inmunogénico por lo que se prefiere descartar de la dieta.

En el caso de la gliadina del trigo no se conoce con certeza la estructura exacta de la parte de la gliadina responsable del daño en la enfermedad celíaca, aunque se han demostrado efectos tóxicos de los fragmentos 3-24, 25-55, 31-55 y 1-30 de la  $\alpha$ -gliadina. La glutamina representa el 35% de los aminoácidos que componen a la gliadina y se ha evidenciado que su desaminación completa anula el efecto tóxico. También se sospecha que existe una relación con el adenovirus humano 12, pues comparten una serie de aminoácidos comunes aunque no se ha certificado su relación en la patogenia (García Almeida y col., 2012).



**Figura 4. Caracterización de los péptidos tóxicos de los cereales en la enfermedad celíaca.** Fuente: García Almeida y col., 2012.

Los péptidos de gliadina resistentes a las enzimas gástricas acceden al organismo a través del epitelio intestinal parcialmente dañado e hiperpermeable. La respuesta autoinmune se inicia en el intestino delgado, el pH ácido presente en la mucosa inflamada favorece la deamidación de los péptidos de la gliadina por parte de la enzima transglutaminasa tisular activando a las células T provocando la destrucción subsecuente de las vellosidades intestinales (Cherñavsky y Bai, 2005).

#### 1.4. Manifestaciones Clínicas Digestivas de la Celiaquía

Las manifestaciones digestivas de la enfermedad celíaca se dividen en cuatro formas clínicas que se describen a continuación:

##### Enfermedad celíaca clásica

Es caracterizada por la triada diarrea, pérdida de peso y dolor abdominal junto con anemia ferropénica y déficits vitamínicos asociados y la desaparición de los síntomas y la atrofia intestinal al retirar el gluten de la dieta en un período de semanas a meses.

En la infancia se manifiesta por el retraso en el desarrollo estatura ponderal y está asociada a vómitos y diarrea, decaimiento general, cambios como apatía e irritabilidad. Mientras que en el adulto se presenta usualmente diarrea, pérdida de peso y anemia.

### **Enfermedad celíaca latente**

Los pacientes muestran una biopsia intestinal normal y escasos o nulos síntomas consumiendo una dieta sin restricción de gluten. Se presenta en casos de pacientes celíacos en la infancia que recuperan casi totalmente su capacidad de ingerir gluten o en pacientes que aún no han desarrollado la enfermedad pero podrían hacerlo en el futuro, como familiares de pacientes celíacos, con factores genéticos favorables, que fueron estudiados en el pasado descartándose una lesión intestinal pero que posteriormente la desarrollaron.

### **Enfermedad celíaca potencial**

Pacientes con riesgo de desarrollar la enfermedad (genética e inmunidad) pero que nunca han tenido clínica o lesión histológica sugestiva de esprue (García Almeida y col., 2012).

### **Enfermedad celíaca subclínica o silente**

Son formas clínicas con síntomas escasos e inespecíficos, como anemia o cansancio, o incluso completamente asintomáticos, detectados por la mayor difusión de tests inmunológicos de diagnóstico. Es importante su detección y corrección precoz para reducir el riesgo de complicaciones relacionadas como la aparición de neoplasias, pequeños déficits nutricionales, abortos, desarrollo de enfermedades autoinmunes, etc.

### **Enfermedad celíaca refractaria**

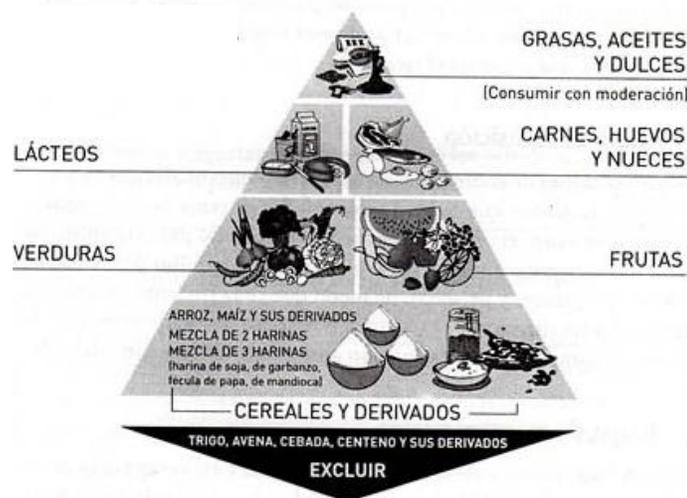
La dieta libre de gluten no elimina los trastornos intestinales, estos pacientes tienen 50% de supervivencia ya que la predisposición a desarrollar procesos neoformativos, como el linfoma intestinal e infecciones concomitantes es muy alta (Diario Sarmiento, 2012).

## **1.5. Dieta del Paciente Celíaco**

Actualmente los pacientes celíacos tienen como único tratamiento una terapia nutricional que restringe la alimentación a productos libres de gluten, y por tanto se excluye el consumo de cereales como el trigo, centeno, cebada, avena o sus variedades híbridas y

alimentos que contengan estos cereales. Concretamente, el Reglamento de la Comunidad Europea CE N 41/20091 define "productos alimenticios para personas intolerantes al gluten", aquellos productos alimenticios destinados a una alimentación particular elaborados, tratados o preparados especialmente para responder a las necesidades nutricionales particulares de las personas intolerantes al gluten (Molina-Rosell, 2013).

En la figura 5, se muestra la pirámide nutricional para la alimentación del paciente celíaco, donde se excluyen a los cereales como trigo, avena, cebada y centeno (TACC) y los productos manufacturados o procesados que los puedan contener en trazas de estos cereales. El Codex Alimentarius establece, como límite máximo de contenido en gluten para que un producto sea considerado sin gluten, 20 ppm (mg/kg) para los alimentos naturalmente exentos de gluten y 200 ppm (mg/kg) para los alimentos elaborados con almidón de trigo.



**Figura 5. Pirámide nutricional para el paciente celíaco.** Fuente: <http://cocinapopular.es/celios/celios-alimentos-prohibidos-y-permitidos.html>.

El principal efecto secundario descrito asociado a una dieta exenta de gluten es la aparición de estreñimiento, tanto en la población infantil como en la adulta, y generalmente se adscribe a una menor ingesta de fibra procedente de cereales. Este efecto puede, sin embargo, ser fácilmente subsanable con un mayor consumo de frutas,

hortalizas y legumbres o leguminosas. Igualmente, recomendaciones dietéticas en este sentido evitarían otro de los efectos secundarios relacionados con el consumo de productos especiales aptos para celíacos, es que por su mayor contenido en grasas para mejorar su palatabilidad y aspecto, contribuirían a situaciones de hiperlipidemias no deseables (Ribes, 2008).

### **1.6. Autismo o Trastornos del Espectro Autista**

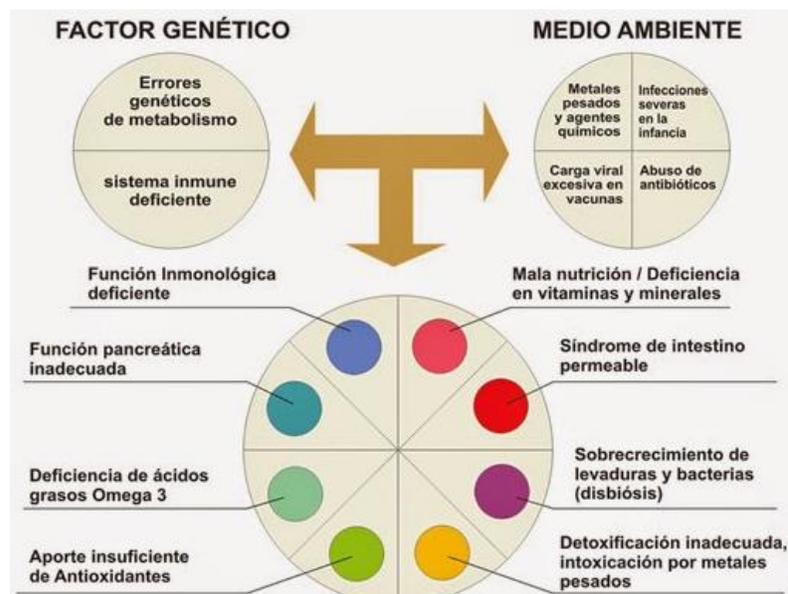
El autismo fue definido por primera vez por un psiquiatra austríaco llamado Leo Kanner en 1943 y luego por otro llamado Hans Asperger en 1944. Desde entonces, numerosas investigaciones trataron de encontrar las causas del mismo, que aún hoy se desconocen. Siempre se la consideró como una enfermedad de origen psicológico o familiar definiéndose a partir del comportamiento, pero en la década del 80, comenzó a acuñarse la teoría de que se trataba de una alteración severa del desarrollo y la comunicación, que tendría un origen biológico (Libenson, 2007).

El autismo es un trastorno neurobiológico muy complejo, que afecta el desarrollo normal del pensamiento, de la comunicación y de la conducta social de quien lo padece. Como consecuencia, se altera el procesamiento de la información recibida por los sentidos, se produce una reacción exagerada ante algunas sensaciones (como olores, imágenes, sonidos, etc.) y una falta de respuesta ante otras. Los síntomas suelen aparecer antes de los tres años de vida y afectan más a hombres que a mujeres (Defilippis Silva, 2012).

Los trastornos generalizados del desarrollo también llamado *Trastornos del Espectro del Autismo* son un conjunto de alteraciones del sistema nervioso central cuyo inicio se da en la infancia. Más exactamente, los niños que lo padecen desarrollan un incorrecto funcionamiento neuronal que provoca una falta de habilidades en la interacción social, la comunicación, y patrones de comportamiento e intereses restringidos, repetitivos y estereotipados; limitando así su desempeño normal en la actividad diaria y en todos los contextos en los que se desenvuelve su vida (Baratas y col., 2013).

Defilippis Silva (2012) refiere que trabajos de investigación realizados en Estados Unidos, España, Japón, México, Argentina y otros países indican que el trastorno autista está vinculado con la presencia de gran cantidad de péptidos en el sistema nervioso central.

Sobre su causa queda aún mucho por investigar, pero se sabe que es diversa y muy compleja, por tanto puede variar de unos niños a otros. Los factores biológicos como es la genética y otros factores ambientales como son las infecciones víricas, intoxicaciones, complicaciones obstétricas, consumo de productos perjudiciales durante el embarazo, etc., en la figura 6, juegan un papel muy importante, interactuando conjuntamente y afectando al desarrollando el cerebro dando lugar a su origen (Baratas y col., 2013).



**Figura 6. Etiología multifactorial del espectro autista.** Fuente: LINCA. Liga de Intervención Nutricional contra Autismo e Hiperactividad A.C 2010.

### 1.7. Acción de la Gluteomorfinas y Caseomorfinas

Investigaciones han demostrado que péptidos provenientes de algunas proteínas alimenticias podrían tener efectos no sólo en el trato gastrointestinal sino también en el sistema nervioso central. Estos péptidos se denominan exorfinas por su analogía con las endorfinas (Martínez de Muñoz, 1991).

La gluteomorfinina (gliadorfina) y la caseomorfinina (casomorfinina) son péptidos, es decir fracciones de proteínas derivados de una digestión parcial del gluten y de la caseína respectivamente. Estos péptidos tienen estructuras similares ya que están compuestas por siete aminoácidos cuyas abreviaturas aparecen en la tabla 1. Tanto la casomorfinina como la gliadorfina inician con la secuencia N-terminal tyr-pro (tirosina y prolina) y luego pro (prolina) en las posiciones 4 y 6 de ambos péptidos (Centro diagnóstico Calderón, 2012).

**Tabla 1. Secuencia de aminoácidos en los péptidos gliadorfina y casomorfinina.**

Péptido	Posiciones						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Casomorfinina</b>	tyr tirosina	pro prolina	phe fenilalanina	pro prolina	gly glicina	pro prolina	ile isoleucina
<b>Gliadorfina</b>	tyr tirosina	pro prolina	gln glutamina	pro prolina	gln glutamina	pro prolina	phe fenilalanina

Fuente: Centro diagnóstico Calderón, 2012.

La gliadina puede ser dividida en varias longitudes de aminoácidos o péptidos. La gliadorfina es un péptido de 7 aminoácidos de largo: Tyr-Pro-Gln-Pro-Gln-Pro-Phe que se forma cuando el sistema gastrointestinal se ve comprometido. Cuando las enzimas digestivas son insuficientes para romper o desdoblar a la gliadorfina en longitudes de aminoácidos de 2 a 3 y adicionalmente la pared intestinal se encuentra complicada se produce la fuga de la totalidad del fragmento de 7 aminoácidos de largo a la sangre, de esta manera la gliadorfina puede pasar al cerebro a través de los órganos circunventriculares y activar a los receptores opioides resultando en una función cerebral alterada (Sajer, 2010).

En cuanto a la casomorfinina, la misma se obtiene a partir de la leche por digestión con proteasa-peptona dando origen a péptidos con actividad opioide denominadas  $\beta$ -casomorfinina cuya principal característica radica en que contienen residuos de prolina (pro) alternados. Se ha evidenciado que las  $\beta$ -casomorfinas en dosis elevadas pueden producir efectos catalépticos (Martínez de Muñoz, 1991).

La casomorfina y la gliadorfina reaccionan con los receptores opiáceos del cerebro imitando los efectos de drogas como la morfina y la heroína. Estas reacciones se producen en los lóbulos temporales del cerebro que maneja el área oral y conversacional. El paso de estos péptidos del sistema digestivo al sistema nervioso central en personas autistas se explica por el hecho de que es habitual que exista una alteración de la permeabilidad intestinal, muchas veces provocada por una colonización de levaduras (*Candida spp*) o bacterias que puedan alterar la mucosa. La permeabilidad intestinal provoca que estas moléculas pasen fácilmente a través de la pared intestinal y entren al flujo sanguíneo y de allí al cerebro (Centro diagnóstico Calderón, 2012).

### **1.8. Dieta del Paciente del Espectro Autista**

La dieta sin gluten y sin caseína no es la dieta extraordinaria que cura el autismo, pero se mejora la calidad de vida de los pacientes que lo padecen y en ciertos casos se ha demostrado la recuperación en poco tiempo del lenguaje en niños pequeños. La dieta es aplicable a cualquier edad y es conveniente efectuar el cambio de régimen alimenticio paulatinamente y tomando en cuenta lo siguiente: (Libenson, 2007, Defilippis Silva, 2012).

- El autismo debe ser diagnosticado por un médico especialista.
- No todos los autistas presentan intolerancia al gluten. Cada autista es único, por lo que cada tratamiento debe ser individual, basado si es posible en los resultados de laboratorio clínico.
- La dieta tiene que ser prescrita por un médico y desarrollada por un nutricionista.
- Si el régimen prescrito es una dieta sin gluten y sin caseína. Se recomienda primeramente excluir la caseína porque su influencia es mayor, luego de 6 a 8 semanas retirar el gluten. La supresión repentina de la caseína y el gluten puede provocar síndrome de abstinencia.

- Mientras menor es la edad del paciente se verán con mayor rapidez los resultados terapéuticos.

Defilippis Silva (2012) establece el siguiente protocolo para el régimen alimenticio del autista:

- Excluir de la dieta productos lácteos que contengan caseína y cereales que contienen gluten tales como trigo, avena, cebada y centeno, pues los mismos no pueden ser metabolizados debido a deficiencias enzimáticas.
- No permitir el uso de colorantes, aditivos y preservantes dañinos.
- Reducir el consumo de azúcar y edulcorantes artificiales. Solamente usar sacarina para endulzar.
- Vigilar los alimentos que produzcan alergia o intolerancia.
- Incorporar a la dieta ácidos grasos omega 3.
- Incluir alimentos ricos en vitaminas B<sub>6</sub>, C y E, también los alimentos con calcio, magnesio, zinc y selenio.

## CAPÍTULO II

### **ARROZ (*Oryza sativa*), QUINOA (*Chenopodium quinoa willd.*) Y CHÍA (*Salvia hispanica L*) COMO MATERIAS PRIMAS LIBRES DE GLUTEN**

#### **2.1. Generalidades del Arroz**

##### **2.1.1 Origen del cultivo de arroz**

El cultivo de arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la india el país donde se cultivó por primera vez el arroz, debido a que en ella abundan los arroces silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en china, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo.

Los últimos hallazgos arqueológicos en yacimientos en china han puesto al descubierto glumas de arroz que podrían datarse entre los años 2.750 y el 3.280 antes de cristo. Y hasta 3.500 años antes de cristo en Tailandia. De este modo, la extendida creencia de que el *Oryza sativa* era el origen del arroz (2.500 años antes de cristo en la india) ha quedado desplazada. En realidad, las últimas investigaciones apuntan a que la planta del arroz parece tener un origen mucho más anterior a lo que se creía hasta la fecha (Franquet Bernis y Borrás Pámies, 2004).

Degiovanni y Colaboradores (2010), indican que es difícil establecer la época exacta en la que se inició el cultivo de arroz asiático (*Oryza sativa L*). Haciendo referencia a la literatura china donde se menciona el arroz 3000 años antes de cristo (AC), y se consideraba su siembra como parte de una ceremonia religiosa reservada al emperador; atribuyéndose el primer cultivo al emperador Shen-Nung, padre de la agricultura y medicina china. Es de resaltar que, el arroz constituye el más importante de los cinco cultivos básicos de la alimentación de los chinos. También existen evidencias de que en el valle del Yang-Tse Kiang se han encontrado restos de arroz que datan de 3000 a 4000 años AC.

En la figura 7, se resume el movimiento del arroz a nivel mundial o rutas colonizadoras centrandó su origen en el continente asiático, algunos investigadores coinciden en que el arroz se origina o procede del sudeste de Asia, específicamente en la zona sur de la India o región meridional de la península de Indochina, actualmente ocupada por Vietnam, Camboya y Laos) pues aseguran que sus condiciones ambientales favorecen su cultivo y en esta zona existe gran variedad de especies silvestres del Género *Oryza*. Posteriormente, se cree que se propagó el cultivo hasta China, 3000 años AC, y de allí se trasladó a Corea y luego a Japón, Siglo I AC. También se ha admitido que desde China se introdujo el arroz en Filipinas, 2000 años AC o antes, y bajo el imperio persa pasó a la zona del Asia occidental. Según la historia, Alejandro Magno al invadir Persia, llevó arroz y logró la incursión de este cultivo en Grecia. En el siglo IV AC los árabes expandieron el cultivo de arroz en Egipto y entre los siglos VIII y X a lo largo de África oriental, Marruecos y España, específicamente en la península ibérica durante las invasiones.



**Figura 7. Origen del arroz y su movimiento en el mundo.** Fuente: Degiovanni y col. (2010), tomado de Cheaney 1974 y González 1985.

En cuanto a la introducción del arroz en el hemisferio occidental, se afirma que Cristóbal Colón en 1493, en su segundo viaje a América, trajo semillas de Arroz desde España, pero

que estas no germinaron. Aunque se ha registrado cultivo de Arroz en Colombia, Valle del río Magdalena. Otros investigadores sostienen que la introducción del arroz al Occidente ocurrió aproximadamente 320 AC, mientras que en América ocurrió en la época poscolombina, siendo traído por los colonizadores españoles, portugueses y holandeses, a finales del siglo XVII hacia el año de 1685, introdujeron el arroz en América del Norte procedente de Madagascar (Acevedo y col., 2006; Degiovanni y col. 2010).

Según Franquet Bernis y Borrás Pámies (2004) existen dos especies cultivadas, a pesar de que la consideremos una única planta: la variedad asiática y la africana (*Oryza glaberrima steud*). Ambas han sufrido su propio camino de domesticación. 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. Los actuales cultivos de *Oryza sativa* se obtienen a través de cruzamientos y combinaciones interraciales y se distribuyen por todo el mundo.

En cuanto al arroz africano o arroz rojo, presenta una menor diversidad, se obtuvo a partir de dos especies silvestres. Se conoce que es originario del oeste de África, posiblemente circundante el delta central del Río Niger., y que su dispersión sólo fue alrededor de su lugar de origen. Su cultivo experimentó un declive en favor de la especie asiática, la cual probablemente fue introducida en el continente Africano por las caravanas árabes que procedían de la costa oriental entre el siglo VII y el siglo XI.

En Venezuela el cultivo de arroz fue introducido por los españoles durante la Colonia. Se ha encontrado información que lo señala como uno de los cultivos de la provincia de Caracas a la fecha de 1578 bajo el mandato del Gobernador Juan de Pimentel. También existen referencias que indican según El Barón Von Humboldt que el arroz se cultivaba bajo riego en la planicie de Chacao. Para el año de 1937 se sembraban 10.503 hectáreas (ha), con una producción de 12604 Ton (1,2 Ton por ha). Para el año 2010 se cultivan cerca de 150.000 ha, con una producción promedio de 700.000 Toneladas (Ton) por año. (4.66Ton/ha) (Castillo, 2006; Guevara, 2010).

Cartay (2005) y Guevara (2010) señalan que con la llegada de la inmigración europea a nuestro país, en 1946, se comienza a sembrar arroz seco en los llanos de Portuguesa y en Turmero, Estado Aragua, cobrando auge su producción a gran escala, cuando se inició el plan arrocero nacional, en la década de los cincuenta, implantado por la Corporación Venezolana de Fomento. El plan contemplaba políticas de financiamiento, construcción de infraestructura, precios mínimos al productor, investigación, entre otros componentes para promocionar el cultivo. En 1952 ya se había producido una buena cosecha en el Estado Barinas. Con la construcción y puesta en funcionamiento de la represa y sistema de riego del río Guárico a mediados de los cincuenta, que se inicia la siembra de arroz en este Estado. En la década de los cincuenta ya el cultivo está extendido en un número apreciable de entidades, destacándose como los más importantes los Estados Portuguesa, Bolívar, Carabobo, Barinas y Delta Amacuro.

### **2.1.2 Zonas de cultivo y producción a nivel mundial y en Venezuela**

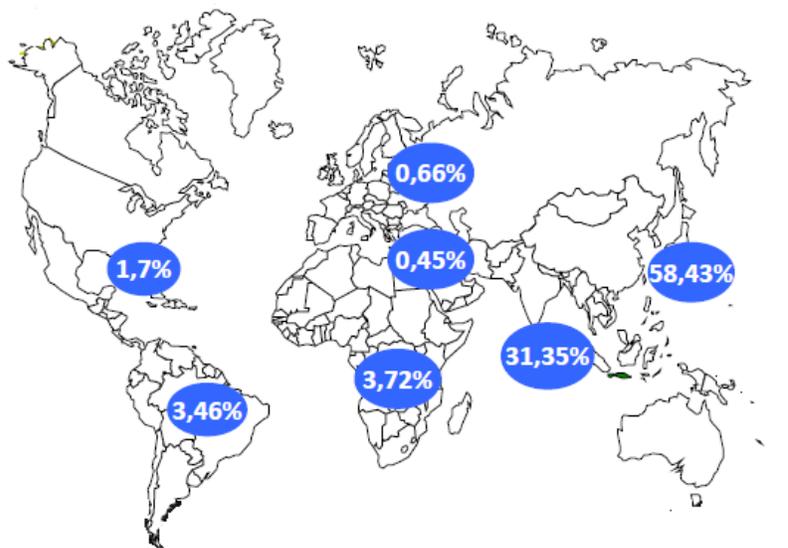
Los Principales países productores de arroz en el mundo son China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Tailandia, Birmania y Japón (continente Asiático), en Europa se distinguen Italia, España, Rusia, Grecia y Portugal, en el continente americano representado por Estados Unidos, Brasil, Colombia, Perú y Argentina y en África se encuentran Egipto, Nigeria, Madagascar y Costa de Marfil.

En Asia, el arroz es una especie considerada mucho más productiva que otros cereales pues permite realizar varias cosechas cada temporada y la productividad por hectárea cultivada es superior. Esto influyó en las culturas orientales para la escogencia del arroz por encima del trigo, la cebada o el mijo, cereales que ellos también conocían y hubieran podido explotar. China es uno de los centros originarios del cultivo del arroz. Es el mayor productor de arroz del mundo y el pionero del arroz híbrido. China representa aproximadamente el 30% de la producción total de toneladas de arroz en el mundo seguido de la India con una participación en la producción de un 22.82%, Indonesia también cubre una parte importante de la producción mundial con un 9.24%.

Entre los países del continente americano el principal productor es Brasil que cuenta con una participación del 1.85% de las toneladas totales de arroz, ocupando así el noveno puesto de la producción mundial de este cereal. Seguido de los Estados Unidos que ocupa el 12avo puesto con un porcentaje de 1.42%. Dos factores explican en este caso el desarrollo del cultivo del arroz: los nuevos hábitos de alimentación en los países industrializados y la emergencia de nuevos nichos de comercialización en los países en desarrollo.

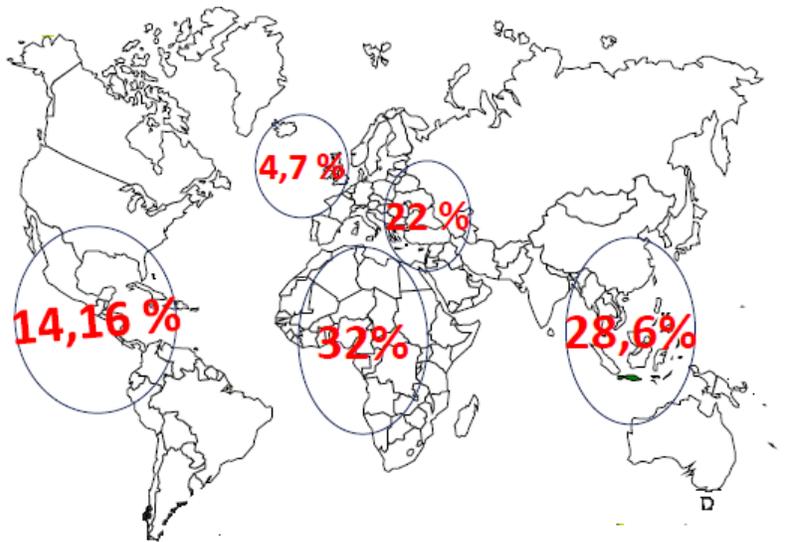
En resumen, la producción mundial de arroz en 2012 con 465,81 toneladas métricas (Tm), fue estable respecto a la de 2011, y ha tenido un crecimiento del 7% respecto al año 2007, mientras que la demanda mundial con 469,32 Tm, tiene un crecimiento sostenido y en el mismo periodo este ha sido del 9 %. Alcanzó una cifra record, con mayor crecimiento en Asia. En la figura 8, se muestra la producción proyectada para el año 2013 de los principales países que cultivan arroz.

El pronóstico de la FAO relativo a la producción mundial de arroz en 2013 se ha fijado en 746,4 millones de toneladas (de estas 497,6 millones de toneladas de arroz elaborado), aproximadamente unas 300.000 toneladas menos de lo previsto en abril. La disminución o baja concierne principalmente a Indonesia, pero también se redujeron las cifras correspondientes a Camboya, China (Continental), la Unión Europea, Madagascar y los Estados Unidos. Por otro lado, mejoraron las perspectivas para las cosechas de 2013 en la República Islámica de Irán, Perú, Tailandia y Vietnam. La producción mundial de arroz en 2013, situada en 746,4 millones de toneladas, estaría por encima de la cifra revisada de 2012 en un 1,4 por ciento, o sea 10,2 millones de toneladas. Una gran parte del incremento derivaría de unas condiciones atmosféricas favorables, que han propiciado una recuperación de la superficie plantada. Con todo, las perspectivas moderadas para los precios y el aumento de los costos están atenuando la expansión del sector (FAO, 2013).



**Figura 8. Producción mundial de arroz.** Fuente: [http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE\\_Departament/DE02\\_Estadistiques\\_observatoris/27\\_Butlletins/02\\_Butlletins\\_ND/Fitxer\\_estatics\\_ND/2013\\_fitxers\\_estatics/0115\\_2013\\_SProductius\\_Arros\\_Arros-ACaton.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/27_Butlletins/02_Butlletins_ND/Fitxer_estatics_ND/2013_fitxers_estatics/0115_2013_SProductius_Arros_Arros-ACaton.pdf)

En la figura 9 se visualiza la proyección en porcentajes de la importación de arroz y principales países importadores. La utilización mundial de arroz para los años 2013 y 2014 se pronostica ahora en el orden de los 490,7 millones de toneladas, un 3 por ciento más que en 2012-2013. Se considera que el consumo humano de arroz, representa el 83 por ciento del uso mundial proyectado, aumentará a 408,8 millones de toneladas, manteniéndose constante el consumo por persona en 57,0 kilos. En los tres últimos meses del 2013 los precios del arroz al consumidor se han mantenido estables o se han debilitado, ya que sólo unos pocos países de África oriental y de América Latina y el Caribe registraron aumentos de dos dígitos.



**Figura 9. Importación mundial de arroz.** Fuente: [http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE\\_Departament/DE02\\_Estadistiques\\_observatoris/27\\_Butlletins/02\\_Butlletins\\_ND/Fixer\\_estatrics\\_ND/2013\\_fixers\\_estatics/0115\\_2013\\_SProductius\\_Arros\\_ArrosACaton.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/27_Butlletins/02_Butlletins_ND/Fixer_estatrics_ND/2013_fixers_estatics/0115_2013_SProductius_Arros_ArrosACaton.pdf)

### En Venezuela

La explotación comercial del arroz en Venezuela se intensifica a partir de 1953, a través del plan arrocero desarrollado en la colonia agrícola de Turén en el estado Portuguesa, cuando se siembran 32.517 hectáreas, con un volumen de producción total de 41.650 toneladas. Hasta ese entonces, la siembra del arroz se mantuvo dispersa en mayor o menor grado, en las diferentes entidades del territorio nacional.

Actualmente, la producción de arroz se desarrolla en torno a dos grandes zonas: la Región Central, en el estado Guárico; y la Región de los Llanos Occidentales, que incluye principalmente los estados Portuguesa y Cojedes. Con menor aporte a la producción nacional, también participan los estados Barinas y Delta Amacuro. En estas regiones, con sus variantes y diferencias particulares, la siembra de arroz se realiza durante el ciclo de lluvias y en la época seca (verano), y en términos de superficie total sembrada en el país, aproximadamente 35% corresponde a la Región Central, y cerca de 60% a los llanos occidentales. En valores de producción, el aporte se estima en 38 y 60%, respectivamente (Páez y Romero, 2004).

La siembra de arroz en Venezuela se realiza en dos ciclos por año, una en el período norte-verano (noviembre - abril) y otra en el período de lluvia (mayo - octubre), predominando los sistemas de producción bajo riego por inundación (Guevara, 2010).

En la tabla 2, se muestran la superficie cosechada en hectáreas y el volumen de producción de arroz en el país para el período comprendido entre los años 2007 y 2012.

**Tabla 2. Estadísticas sobre superficie cosechada (hectáreas) y volumen de producción (toneladas) de arroz en Venezuela durante el período 2007-2012**

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Superficie cosechada (hectáreas)	207.396	263.000	263.738	180.454	165.334	179.996
Volumen de producción (Toneladas)	1.048.282	1.360.650	1.193.957	723.412	845.254	924.686

Fuente: FEDEAGRO, 2013

### 2.1.3. Taxonomía del arroz

El arroz pertenece a las Fanerógamas, tipo Espermatofitas, subtipo Angiospermas, clase Monocotiledóneas, orden glumifloras, familia Gramíneas (Poaceae), subfamilia Panicoideas, tribu Oryzae, subtribu oryzíneas, género *Oryza* (Degiovanni y col., 2010).

La tribu Oryzae se caracteriza por las espiguillas en panícula, unas veces uniflorales y con frecuencia carentes de glumas, o bien con dos o tres flores, de las cuales dos inferiores poseen una sola pieza, la glumela, y la terminal es la única fértil. Los estambres son generalmente seis, aunque a veces son menos y en ciertos casos se reducen a uno. Esta tribu comprende dos subtribus: las oryzíneas y las zizaníneas, a las cuales pertenecen cuatro géneros diferenciados por sus características sexuales y por la presencia o ausencia de glumas.

La subtribu oryzíneas presenta espiguillas bisexuales y comprende tres géneros: *Oryza*, *Leercia* e *Hygroryza*. Los cuales se detallan a continuación:

El género *Oryza* posee glumas, generalmente rudimentarias pero bien visibles, tiene espiguillas comprimidas lateralmente, aristadas o múticas. La cariósida está estrechamente encerrada por las glumas endurecidas.

El género *Leercia* no posee glumas; sus espiguillas descansan en pedúnculos muy cortos, son múticas, muy comprimidas lateralmente, y bastante parecidas a las del género *Oryza*, pero más pequeñas de 3 a 4 mm.

El género *Hygroryza* no posee glumas; las espiguillas descansan en pedúnculos de longitud variable, son solitarias o poco numerosas, lanceoladas, y tienen glumelas papiráceas (Degiovanni y col., 2010).

#### **2.1.4. Morfología del arroz**

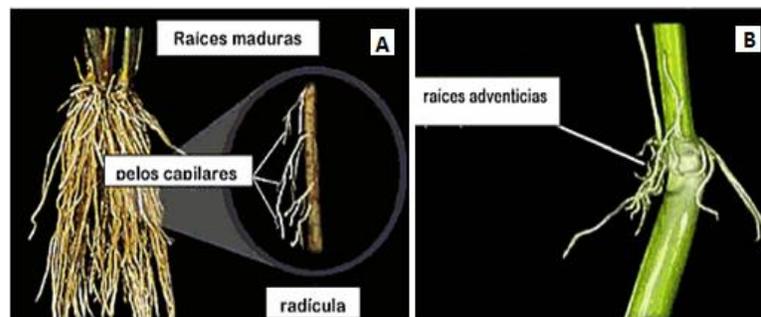
El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0,4 m (enanas) hasta más de 7 m. Para efectos de la clasificación morfológica de la planta de arroz se han dividido los órganos que la componen en:

- a. Órganos vegetativos: raíces, tallos y hojas
- b. Órganos reproductores: flores y semillas (CIAT, 2005, Degiovanni y col., 2010).

Los órganos vegetativos se describen a continuación:

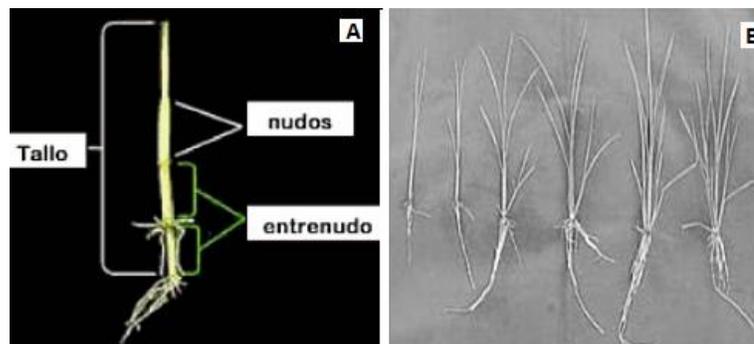
**a.1. Raíces:** La planta de arroz, durante su desarrollo, presenta dos clases de raíces, las *primarias* llamadas seminales o temporales (figura 10A) y las *secundarias* también llamadas adventicias o permanentes (figura 10B). Las raíces primarias o seminales son poco ramificadas, viven un corto tiempo después de la germinación, y son reemplazadas por las raíces adventicias. Las adventicias o secundarias brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes; en el caso del arroz flotante, estas raíces brotan de los nudos del tallo que está sumergido en el agua y, en algunos casos, también de los nudos aéreos. En los primeros estadios de su crecimiento, son blancas, poco ramificadas y

relativamente gruesas; a medida que la planta crece las raíces se alargan, se adelgazan, se vuelven flácidas y se ramifican en abundancia. Cuando ya están maduras las raíces adventicias se tornan fibrosas y emiten raíces secundarias, las cuales producen pelos radicales. Frecuentemente, estas raíces forman verticilos en los nudos que están sobre la superficie del suelo. En la figura 10, se muestran los tipos de raíces de la planta de arroz (CIAT, 2005, Degiovanni y col., 2010).



**Figura 10. Tipos de raíces en la planta de arroz. A: Raíces primarias, B: raíces secundarias.** Fuente:(CIAT, 2005).

**a.2. Tallos:** El tallo de la planta del arroz consta de una sucesión alterna de nudos y entrenudos, tal como se muestra en la figura 11A. En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla (figura 11B). La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja.



**Figura 11. Tallo de la planta de arroz. A: estructura general, B: Formación macollas.** Fuente:(CIAT 2005, Degiovanni y Col. 2010).

El septo es la parte interna del nudo que separa los dos entrenudos adyacentes. El entrenudo maduro es hueco, finamente estriado, su superficie exterior carece de vello, y su brillo y color dependen de la variedad. Los entrenudos, en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida.

La altura de la planta de arroz es una función de la longitud y número de los entrenudos, tanto la longitud como el número de los entrenudos, son caracteres varietales definidos, el medio ambiente, puede variarlos pero en condiciones semejantes tienen valores constantes.

Un tallo con sus hojas forma una macolla. Estas desarrollan en orden alterno en el tallo principal. Las macollas primarias se desarrollan de los nudos más bajos, y a la vez producen macollas secundarias; y éstas últimas producen macollas terciarias. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta. El número total de macollas es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente.

**a.3. Hojas:** Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina *prófilo* (figura 12A), no tiene lámina y están constituidos por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófilo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a lo original. En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera, tal como se muestra en la figura 12B, que es una hoja completa en la que se distinguen tres partes correspondientes a la vaina, el cuello y la lámina. La vaina, cuya base se encuentra en un nudo, envuelve el entrenudo inmediatamente superior y en algunos casos hasta el nudo siguiente. La vaina, es generalmente glabra, o sin vellosidades o pelos, presenta pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie, está dividida desde su base y exhibe surcos finos. Es de hacer notar que existe una formación o protuberancia llamada *pulvino*, que está ubicada encima del punto de unión de la vaina con el tallo, en algunos casos es confundido con el nudo.

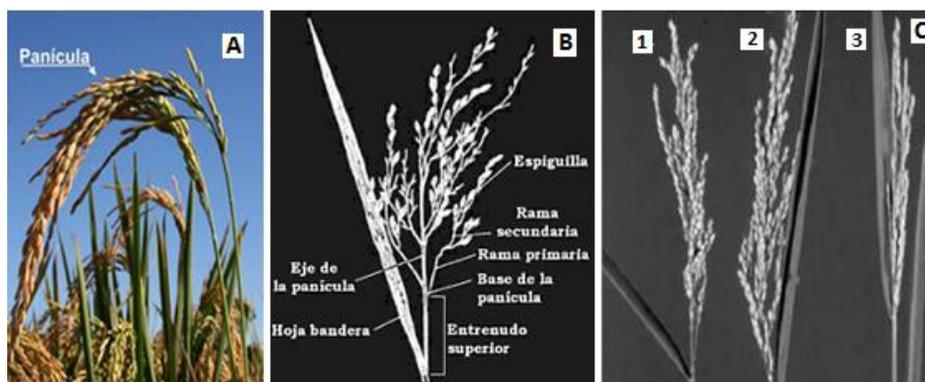


**Figura 12. Hoja de la planta de arroz. A: prófilo, B: hoja bandera; C: lígula y aurícula de la hoja.** Fuente:(CIAT, 2005, Degiovanni y col., 2010).

Otra parte que constituye a la hoja bandera es el cuello en el cual se encuentran dos estructuras que se conocen como *lígula y aurículas* (Figura 12C). La lígula es triangular apergaminada o membranosa que aparece en la base del cuello como una prolongación de la vaina. Las aurículas, por su parte, son dos apéndices situados en el cuello que tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa. La lámina es lineal, larga y más o menos angosta, mostrando diferencias según las variedades. La cara superior o haz, muestra venas paralelas y la nervadura central es prominente y en algunos casos sobre ella se enrolla la lámina. En algunas variedades se puede evidenciar presencia de vellos en las hojas y pigmentación antocianica en los márgenes o en toda la lámina, esto puede estar influenciado por condiciones ambientales. La principal característica de la lámina de la hoja bandera es que su ángulo de inserción es determinado, siendo más corta y ancha que las demás hojas.

Los órganos reproductores de la planta de arroz están formados por flores y semillas.

**b.1. Flores:** Las flores están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula (Figura 13A). La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula, frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado. La base de la panícula carece, en general, de hojas y yemas, pero en esa zona pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de la panícula, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y la de la panícula.



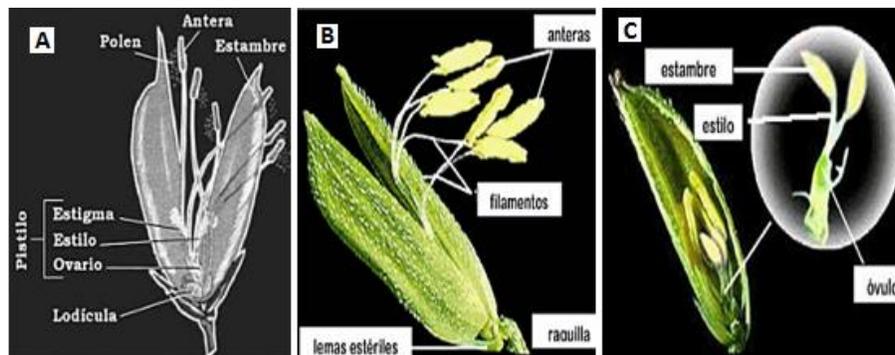
**Figura 13. Inflorescencia de la planta de arroz. A: panícula, B: estructura de la panícula, C: tipos de panículas, 1 intermedia, 2 abierta y 3 cerrada. Fuente:(CIAT, 2005; Degiovanni y col., 2010; Sebastião Araújo, 2011).**

En la figura 13B; se observa el entrenudo superior del tallo o *pedúnculo* de la panícula; su longitud varía considerablemente según la variedad, en algunas puede ser mayor a la de la hoja bandera y en otros casos puede quedar encerrado en la vaina de la misma.

Otra estructura es el eje principal de la panícula o *raquis*, el cual es hueco y de sus nudos nacen las ramificaciones y están provistas de protuberancias en la base del raquis conocidas como pulvínulos paniculares. Cabe destacar que, en cada nudo del eje principal nacen de manera individual o por parejas, ramificaciones, las cuales a su vez originan ramificaciones secundarias de donde brotan las espiguillas.

Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula. Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad. La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros.

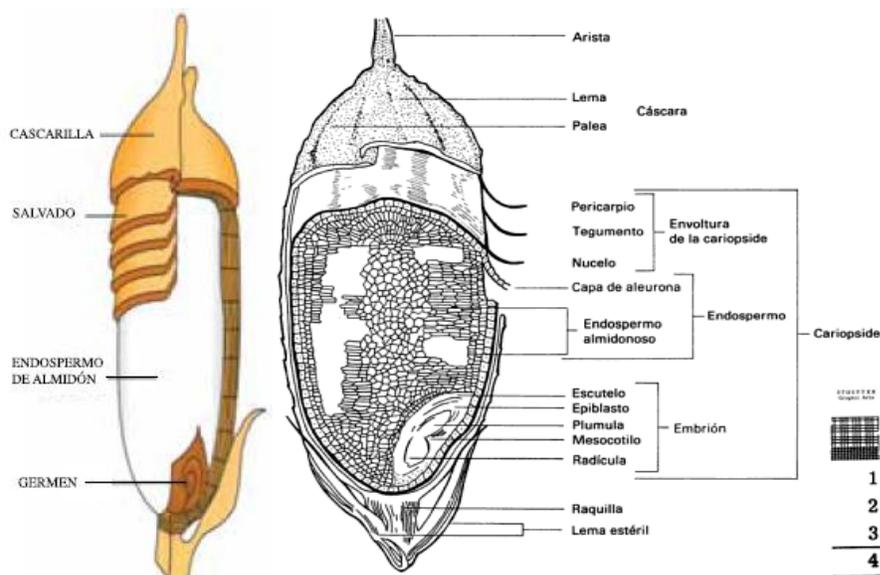
La espiguilla, tal como se visualiza en la figura 14, es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente, la espiguilla del género *Oryza* se compone de tres flores, pero sólo una se desarrolla. Básicamente, una espiguilla consta de dos lemmas estériles la raquilla y la florecilla (CIAT, 2005).



**Figura 14. Inflorescencia o flor de la planta de arroz. A: Órganos de la flor, B: estructura de la espiguilla, C: Órganos de una espiguilla.** Fuente: CIAT, 2005; Degiovanni y col., 2010.

**b.2. Semillas:** La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente; está rodeada externamente por una estructura llamada pericarpio, conformando de esta forma un fruto llamado cariósipide, el cariósipide, a su vez, está incluido dentro de la lemma y de la palea, estructuras que constituyen la cáscara, asociadas a esta última se encuentran la raquilla y la arista; internamente en existe el embrión, el cual está situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lemma y el endospermo que tiene como función proveer alimento al embrión durante la germinación. La estructura del grano de arroz puede distinguirse en la figura 15.

La cáscara está compuesto por dos hojas modificadas: la lema y la palea, cuya forma y tamaño corresponden a las del grano maduro; debajo de la lemma y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; e inmediatamente debajo de éstas se encuentran dos capas denominadas el tegumento y la aleurona. La parte exterior de la cáscara posee tricomas o vellosidades. En algunas variedades tienen una arista adherida en la parte superior del lema. Las células de la cáscara son altamente lignificadas y quebradizas. La cáscara representa aproximadamente el 20% del peso del grano de arroz (fluctúa entre 16 y 28%) y su principal función consiste en proteger a la cariósipide del ataque de insectos y hongos.



**Figura 15. Estructura del grano de arroz (cáscara y cariósido).** Fuente: Juliano, 1994; [www.usarice.com/wic](http://www.usarice.com/wic)

La cariósida es un fruto de una sola semilla y está conformada por varias capas que son el pericarpio, el tegumento, el nucelo, y por el endospermo y el embrión.

El pericarpio constituye la pared del ovario maduro, la cual se degenera durante el desarrollo de la cariósida. Está compuesto por varias capas de células. La superficie externa tiene apariencia ondulada y cutícula delgada. Junto al pericarpio está la envoltura o tegumento, formada por una sola capa de células. Su cutícula es gruesa (0,5µm) localizada en la parte interna de las células. Los pigmentos que le dan cierto color a la cariósida del arroz pueden estar situados tanto en el pericarpio como en el tegumento.

Posterior al tegumento se encuentra el nucelo que tiene un espesor de 2,5 mm incluyendo la cutícula. La siguiente capa es la aleurona, que encierra al endospermo y la parte externa del embrión. La aleurona está compuesta por varias capas (1 a 7) de células parenquimatosas y es más gruesa en la parte dorsal que en la ventral. Las células de la capa aleurona son ricas en proteínas y lípidos.

El endospermo blanco consiste principalmente en gránulos de almidón inmersos en una matriz proteínica. Contiene, además, azúcares, grasas, fibra cruda y materia inorgánica. El endospermo está dividido en dos regiones: la subaleurona localizada debajo de la capa de aleurona, y la región central que consiste del resto del endospermo. Está compuesto por células parenquimatosas de paredes delgadas que contienen gránulos de aleurona y algunos cuerpos proteínicos, y por una capa de aleurona que forma la capa más externa del tejido del endospermo. En algunas variedades se presentan áreas opacas en el endospermo llamadas centro blanco o panza blanca.

El embrión (germen) es pequeño y está localizado en el lado ventral de la base del grano. Está delimitado internamente por el escutelo (cotiledón) el cual está situado junto al endospermo. En su parte externa está envuelto por la capa de aleurona. Contiene dos hojas embrionarias (plúmula) y la raíz (radícula) unidas por el hipocotilo. La plúmula está recubierta y protegida por el coleóptilo. La parte inferior del eje embrionario está rodeada por el epiblasto, una extensión de la coleorriza la cual rodea la radícula.

### **2.1.5. Tipos y variedades de arroz**

Serna (2007) y Ramos Gamiño (2013) clasifican diversos tipos de arroz y describen sus principales características a continuación:

- ✓ **Japónico:** Son arroces generalmente cortos, consumidos en Japón y en el norte de China, con bajo contenido de amilosa (12-19 por ciento). Al ser cocidos adquieren una textura pegajosa.
- ✓ **Javánico:** Son arroces cortos, con contenido de amilosa intermedio o bajo, y baja temperatura de gelatinización.
- ✓ **Hindú:** Son arroces con contenido de amilosa intermedio o alto, que, una vez cocinados, no son pegajosos. Existen variedades largas, medianas y cortas.
- ✓ **Ceroso o glutinoso:** Se trata de arroces carentes de amilosa; la gran mayoría de sus variedades se clasifican como de tamaño corto. Tienen menor temperatura de gelatinización, y son pegajosos o aglutinantes, una vez que se cocinan. Son los preferidos para elaborar sushi.

- ✓ **Basmati:** Son granos largos fitomejorados, para que posean un sabor y aroma característico o aromático “basmati” o jazmín, una vez que son cocinados.
- ✓ **Negro:** Es un genotipo que produce cariósides negras, ampliamente cultivado en el sur de China, donde se le denomina *heiyouzhan*. Es el arroz preferido para elaborar postres dulces. Tiene un alto potencial nutracéutico.

Según su tamaño se pueden clasificar en:

- ✓ **Arroz grano largo:** Son granos que, en la forma paddy (contiene cascarilla o cubierta con textura ligeramente áspera y porcentaje no mayor de 15% pueden presentar arista) miden de 8,9 a 9,6 mm de largo, por 2,3 a 2,5 mm de ancho. La relación longitud-ancho es mayor o igual a 3. Generalmente poseen endospermo normal; es decir, con 25 por ciento de amilosa y 75 por ciento de amilopectina (Juliano, 1994; COVENIN 1641-99).
- ✓ **Arroz grano medio:** Son granos que en la forma paddy miden 7,9 a 8,2 mm de largo, por 3,0 a 3,2 mm de ancho. La relación longitud-ancho oscila entre 2,1 y 3,0. Poseen menos amilosa (15-20 por ciento) que los arroces largos. Absorben más agua durante el cocimiento y son más pegajosos que los arroces largos (Juliano, 1994).
- ✓ **Arroz grano corto:** Son granos que en la forma palay miden de 7,4 a 7,5 mm de largo, por 3,1 a 3,6 mm de ancho. La relación longitud-ancho es menor o igual a 2. Poseen menos amilosa (18-20 por ciento) que los arroces largos. Absorben más agua durante el cocimiento y son más pegajosos que los largos. Dentro de esta categoría existen genotipos cerosos o que no contienen amilosa (Juliano, 1994).

En la figura 16, se visualizan diferentes tipos de granos de arroz, variando principalmente en tamaño, color y uso. También es importante conocer las principales presentaciones del arroz comercial, es decir como arroz integral y blanco o pulido (figura 17).



**Figura 16. Diversos tipos de arroz.** Fuente: [www.camisinwonderland.com.br/2011/10/manual-pratico-da-cozinha-arroz](http://www.camisinwonderland.com.br/2011/10/manual-pratico-da-cozinha-arroz)



**Figura 17. Arroz con cáscara y pulido.** Fuente: Sebastiao Araújo, 2011.

El arroz descascarado o cariósido, se conoce comercialmente como arroz integral o arroz cargo; el cual, debido a la presencia del pericarpio, es de color café. El arroz cargo corresponde a los granos a los que sólo se le ha removido la cáscara o glumelas y que no han recibido ningún proceso de elaboración y estos pueden estar tanto enteros como partidos. Para obtener en definitiva el arroz blanco, que es el que se comercializa en forma masiva, primeramente se procede a la extracción del pericarpio; posteriormente, y a través de un proceso de pulido, se elimina la testa, la capa de aleurona y el embrión. El producto industrial obtenido en definitiva y que se denomina arroz blanco o pulido, corresponde al endosperma amiláceo que forma parte de las semillas. También existe el

arroz denominado paddy el cual corresponde a los granos con su cáscara, envolturas o glumelas (COVENIN 44-90; COVENIN 1641-99; Páez y Romero, 2004).

Existe una clasificación según COVENIN (2384-86) de acuerdo al estado de los granos, enteros o partidos:

- ✓ **Grano entero:** Es aquel cuya longitud es igual o mayor a las  $\frac{3}{4}$  partes de la longitud media normal del grano.
- ✓ **Grano partido de segunda:** Es aquel cuyo tamaño es menor que las  $\frac{3}{4}$  partes de la longitud media del grano entero y mayor que la  $\frac{1}{4}$  parte.
- ✓ **Grano partido de tercera:** Es aquel cuyo tamaño es menor que la  $\frac{1}{4}$  parte de la longitud media del grano y pasa a través de una malla con orificios circulares de 1,4 mm.

#### **2.1.6. Composición química del arroz**

La composición y propiedades del grano del arroz y sus fracciones dependen del genotipo, del medio ambiente y del tipo de procesamiento al que se someta. El grano de arroz está conformado por tres componentes básicos: almidón, proteínas y lípidos que constituyen el 98,5% de la materia seca; el porcentaje de estos nutrientes varía de acuerdo con el grado de procesamiento del arroz.

Según lo expuesto por Juliano (1994) el arroz Paddy o con cáscara muestra mayores valores fibra y cenizas que el arroz integral y el blanco o pulido, lo cual es lógico pues se conoce de la riqueza mineral y de fibra no digerible en la cáscara. También, en la tabla 3, se detalla la variación en la composición proximal dependiendo del procesamiento del grano.

El arroz elaborado o pulido, constituido por el endospermo al cual se le ha eliminado el pericarpio, tegumento, testa, aleurona y embrión, presenta una disminución en los contenidos de proteína, grasa, fibra dietética así como de cenizas y vitaminas como la tiamina, riboflavina, niacina y  $\alpha$  tocoferol. Los carbohidratos disponibles, sobre todo el

almidón, abundan más en el arroz elaborado o pulido que en el arroz integral y el paddy (Juliano 1994).

**Tabla 3. Composición proximal del arroz con cáscara (paddy), integral y pulido.**

<b>Componentes (%)</b>	<b>Arroz paddy</b>	<b>Arroz integral</b>	<b>Arroz pulido</b>
Proteína	5,8 – 7,7	7,1 – 8,3	6,3 -7,1
Lípido	1,5 – 2,3	1,6 – 2,8	0,3 – 0,5
Fibra	7,2 – 10,4	0,6-1,0	0,2 – 0,5
Ceniza	2,9 – 5,2	1,0 – 1,5	0,3 – 0,8
Carbohidratos solubles	63,6 – 73,2	72,9 – 75,9	76,7 – 78,4
Almidón	53,4	66,4	77,6
Energía (kJ)	15,8	15,2 – 16,1	14,6 – 15,6

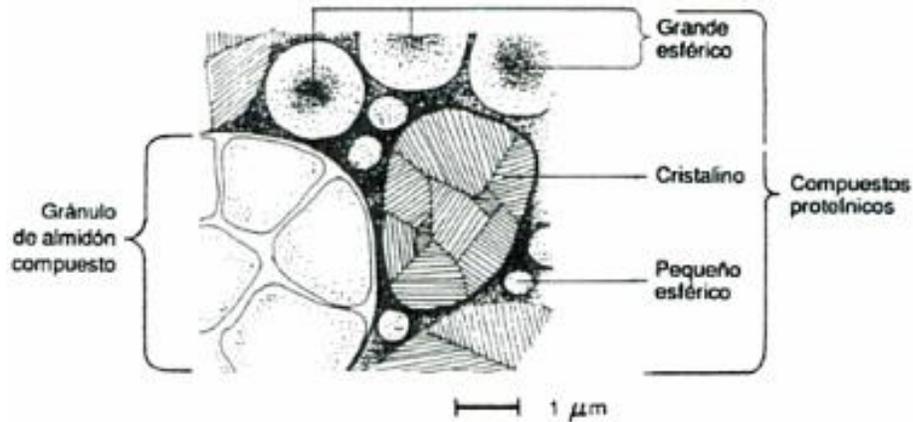
Fuente: Juliano, 1994

Entre los componentes constitutivos principales del arroz pulido se encuentra el almidón, que alcanza un 90% de la materia seca. La fracción lineal del almidón o amilosa en el arroz presenta de 2 a 4 cadenas con un grado de polimerización de 900 a 1.100 unidades de glucosa; mientras que la fracción ramificada, amilopectinas, está compuesta por cadenas de 19 a 22 unidades de glucosa con un con un grado de polimerización de 5.000 a 15.000 unidades de glucosa y de 220 a 700 cadenas por molécula.

Los polisacáridos no amiláceos se componen de polisacáridos solubles en agua y de la fibra dietética insoluble, su combinación con el almidón tiene un efecto hipocolesterolémico. El endospermo tiene un contenido menor de fibra dietética que el resto del arroz cáscara o paddy y una baja proporción de lignina.

El valor de proteínas en el arroz puede ser estimado en promedio en  $5,17 \pm 0,25\%$ , empleando el coeficiente de conversión de nitrógeno a proteínas de 5,95; basado en el contenido de nitrógeno de 16,8% para la proteína principal (glutelina) del arroz pulido. Es de resaltar que la proteína del endospermo de arroz se compone de varias fracciones comprendidas en un 15% albúmina (hidrosoluble) más globulina (soluble en soluciones salinas), de un 5 a 8% de prolamina (soluble en alcohol) y el resto aproximadamente de 80 a 85% en glutelina (soluble en álcali). La proteína del endospermo se halla localizada

principalmente en los compuestos proteínicos cristalinos (CPII) ricos en glutelina y los compuestos proteínicos esféricos grandes (CPI) lo son en prolamina, esto se muestra en la figura 18.



**Figura 18. Diagrama fotomicrográfico esquemático de varios compuestos proteínicos y granulo de almidón compuesto de la capa de subaleurona del endospermo.** Fuente: Juliano, 1994.

El contenido en lípidos o grasa del arroz se encuentra principalmente en la fracción del salvado (20% en seco), expresamente como lípidos o esferosomas en la capa de aleurona y en el salvado, también en arroz elaborado existe de un 1,5 a 1,7% de lípidos sobre todo en forma no amilácea. Los principales ácidos grasos son el linoleico, el oleico y el palmítico. Los lípidos amiláceos son mayormente monoacílicos constituidos por ácidos grasos (palmítico linoleico) y lisofosfátidos compuestos por amilosa, su contenido depende del contenido de amilosa en el gránulo de almidón y este es mínimo para el tipo glutinoso ( $\leq 0,2\%$ ), máximo para arroz de amilosa intermedia (1 %), siendo ligeramente inferior en el de gran contenido de amilosa. Los lípidos amiláceos contribuyen poco al contenido energético del arroz, pero la formación del complejo lípido-amilosa lo protege contra la rancidez oxidativa.

Los arroces cultivados en Venezuela son blancos e integrales y pertenecen a las variedades Araure, Cimarrón y Oryzica. Su composición proximal se refleja en la tabla 4. En la misma se refleja valores semejantes en cuanto a las variedades sólo se observa

un aumento en los contenidos de lípidos, cenizas y fibra, reduciéndose su valor en carbohidratos. En la tabla 5, se muestra la composición mineral de estas variedades de arroz cultivadas en Venezuela.

**Tabla 4. Composición proximal de diversas variedades de arroces venezolanos tanto blancos (pulido) como integrales (Valores de nutrientes por 100 g de producto crudo).**

Variedad	Kcal	Agua (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Cenizas (g)	Carbohidratos (g)		Fibra Dietética(g)	
						Disponibile	Totales	Total	Insoluble
Arroz blanco	345	13,0	8,1	0,7	0,5	76,5	77,7	1,2	0,8
Blanco Araure	353	11,3	8,6	0,6	0,3	78,4	79,2	0,8	-
Blanco Cimarrón	355	10,9	6,1	0,9	0,4	80,5	81,7	1,2	-
Blanco Oryzica	353	10,9	9,2	0,6	0,4	77,6	78,9	1,3	-
Arroz Integral	354	8,3	8,5	1,5	1,4	76,7	80,3	3,6	3,0
Integral Araure	351	11,8	8,9	2,9	1,1	72,2	75,3	3,1	-
Integral Cimarrón	352	11,3	6,8	2,7	1,1	75,0	78,1	3,1	-
Integral Oryzica	350	11,4	9,6	3,3	1,7	70,5	74,0	3,5	-

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2012.

**Tabla 5. Composición mineral de diversas variedades de arroces venezolanos tanto blancos (pulido) como integrales (Valores de nutrientes por 100 g de producto crudo).**

Variedad	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Zinc (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)
Arroz blanco	8	147	0,9	-	-	-	-
Blanco Araure	9	78	0,1	20	1,6	7	58
Blanco Cimarrón	11	87	0,4	33	1,6	7	67
Blanco Oryzica	7	69	0,3	23	1,4	7	68
Arroz Integral	14	318	2,5	-	-	-	-
Integral Araure	14	232	1	107	2,3	7	217
Integral Cimarrón	13	184	0,9	101	2	7	277
Integral Oryzica	11	288	0,9	120	2,1	7	237

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2012.

En la tabla 6, se refleja la composición proximal de arroces blanco (pulido) e integral sometidos a cocción, visualizándose similitud en los contenidos de los macronutrientes a excepción de la fibra y menor valor calórico para el arroz integral.

**Tabla 6. Composición proximal de arroz cocido o sancochado en su presentación blanco (pulido) e integral (Valores de nutrientes por 100 g de producto cocido).**

Arroz	Kcal	Agua (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Cenizas (g)	Carbohidratos (g)		Fibra Dietética (g)	
						Disponible	Totales	Total	Insoluble
<b>Blanco</b>	106	73,1	2,2	0,1	0,2	24	24,4	0,4	-
<b>Integral</b>	96	74,3	2,4	0,3	0,4	20,8	22,6	1,8	1,7

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2012.

La composición mineral de arroces blanco pulido e integral sometidos a cocción, en la tabla 7, visualizándose como minerales principales el calcio, fósforo y el hierro, se evidencia gran variación entre los dos tipos de arroz alcanzando mayor contenido en el arroz integral.

**Tabla 7. Composición mineral de arroz cocido o sancochado en su presentación blanco (pulido) e integral (Valores de nutrientes por 100 g de producto cocido).**

Arroz	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Zinc (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)
<b>Blanco</b>	8	147	0,9	-	-	-	-
<b>Integral</b>	14	318	2,5	-	-	-	-

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición, 2012.

## 2.2. Generalidades de la Quinoa

### 2.2.1. Origen del cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*)

La quinoa es una planta autóctona de los Andes localizándose principalmente en los alrededores del lago Titicaca; se le denomina el “grano de los Incas” o “grano de oro”, cuyos vestigios de existencia datan desde hacen miles de años antes que se iniciara el imperio de los Incas. Algunos investigadores sostienen que esta planta fue cultivada desde la época Prehispánica (hace 3000 a 5000 años) en los andes y domesticada en Bolivia, Perú, Ecuador, Argentina y Chile. También se resalta que a raíz de la conquista

por parte de los españoles se introdujeron cultivos como el trigo que causaron el desplazamiento de la quinoa hacia tierras más altas y esto incidió en la disminución de su producción y consumo tradicional por los pueblos originarios (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia, 2013).

Las teorías sobre el origen de la quinoa son disímiles. Según evidencias arqueológicas obtenidas en el norte chileno, señalan que la quinoa fue utilizada 3 000 años antes de Cristo, mientras que hallazgos en la zona de Ayacucho, en el Perú, indicarían que la domesticación de la quinua ocurrió incluso 2 mil años antes. Existen también hallazgos arqueológicos de quinoa en tumbas de Tarapacá, Calama, Arica y diferentes regiones del Perú, consistentes en semillas e inflorescencias, encontrándose abundante cantidad de semillas en sepulturas indígenas de los Tiltil y Quillagua en Chile. Una evidencia del uso de la quinoa se encuentra en la cerámica de la cultura Tiahuanaco, que representa a la planta con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que mostraría a una de las razas más primitivas (Mujica y col., 2001; Tapia y Fries, 2007).

A la llegada de los españoles, la quinoa contaba con una amplia distribución en el territorio Inca y también en otras áreas. El español Pedro de Valdívía reporta por primera vez el cultivo de quinoa ubicando sus cultivos alrededor de Concepción (Chile), menciona que los indígenas lo emplean en su alimentación y que la siembran entre otras plantas. Posteriormente, Bernabé Cobo, confunde la quinoa con la Kiwicha e indica que la quinua es una planta muy parecida al bleo de Europa. Garcilaso de la Vega, en sus comentarios reales describe a la planta de quinoa y lo refiere como los segundos granos que se cultivan sobre la faz de la tierra y que se asemeja algo al mijo o arroz pequeño, y reseña el primer envío de semillas hacia Europa, las cuales desafortunadamente llegaron muertas y sin poder germinar, posiblemente debido a la alta humedad reinante durante la travesía por mar.

Posteriormente, Mujica y colaboradores (2001) señalan que Cieza de León en 1560, indica que la quinoa se cultivaba en las tierras altas de Pasto (Colombia) y Quito (Ecuador), mencionando que en esas tierras frías se siembra poco maíz y abundante

quinoa y que también Patiño en 1964, en sus revisiones sobre la quinoa que servía de alimento a los indígenas de la Paz en Bolivia (Jimenes de la Espada, 1885, II, 68) y finalmente Humboldt, al visitar Colombia indica que la quinoa siempre ha acompañado y seguido a los habitantes de Cundinamarca.

### **2.2.2. Zonas de cultivo de quinoa a nivel mundial**

La quinoa en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominandola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. Este caso puede explicarse como una migración antigua de quinua, por tener caracteres similares de grano, ser conespecíficos, además por haberse obtenido descendencia al realizarse cruzamiento entre ellos La quinua en la actualidad tiene distribución mundial: en América, desde Norteamérica y Canadá, hasta Chiloé en Chile; en Europa, Asia y el África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación.

La distribución del cultivo, se inicia con las culturas preincas y su expansión se consolida con el imperio incaico, extendiéndose desde Pasto-Colombia hasta el río Maule en Chile y Catamarca en Argentina (figura 19), aunque su uso como verdura, estuvo extendido en toda la zona andina muy anteriormente; en Colombia, es cultivada, usada y difundida por los Chibchas, denominándola Suba o Pasca y extendiendo su cultivo a toda la sabana Bogotense; en el Ecuador, su cultivo es generalizado en toda la sierra ecuatoriana, principalmente en los departamentos y provincias de Carchi, Imbabura (Pablo del Lago, Otavalo), Pichincha, Cotopaxi (Saquisilí), Tungurahua, Chinborazo (Calpi), Guamote (Laguna de Colta) y el Cañar; en el Perú se ha generalizado su cultivo, en las diferentes zonas agroclimáticas, pudiendo distinguirse seis tipos de quinuas de acuerdo a su forma de cultivo, ubicación geográfica y destino de la producción: altiplano, valles interandinos abrigados, zonas altas y frías por encima de los 4000 msnm, zonas de las salinas, costa y en la ceja de selva, estas últimas áreas no

tradicionales para este cultivo. En el pasado no se podía observar cultivos en costa ni en ceja de selva, su cultivo ahora está distribuido desde Piura (Huancabamba) hasta Tacna (Torata).



**Figura 19. Zonas andinas de cultivo de Quinoa antes de la conquista española.** Tomado de National research council (u.s.). (1989). *Lost Crops Incas*, 1989.

A partir de la década de los años 90 este cultivo anteriormente artesanal se masifica trasladándose desde las zonas altas andinas a otras zonas más bajas, posibilitando la exportación a mercados como el norteamericano y el europeo. En Bolivia, su cultivo está distribuido tanto en el altiplano (norte, central y sur), valles interandinos y en los salares existentes al sur, con características propias y peculiares de cultivo, uso y transformación. Y se cubre un área de alrededor de 80 mil hectáreas con una producción aproximada de 40 mil toneladas y de éstas aproximadamente un 40% se exporta a Estados Unidos de América y Europa, principalmente. Mayormente el 80% de las unidades productivas están a cargo de pequeños agricultores (Choque Vilca, 2013; Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia, 2013).

En Chile su cultivo se ubica mayormente en la zona colindante con el altiplano boliviano, zonas de Tarapacá, Antofagasta, Calama, San Pedro de Atacama y al sur en Concepción y Valdivia, siendo en el pasado cultivado por las comunidades indígenas Araucanos y Mapuches, quienes distribuyeron su cultivo hasta las islas de Chiloé (Latitud sur 47°). Mientras que en Argentina su cultivo en el pasado llegó hasta Catamarca pero luego por razones de mayor competitividad de los cereales se ha replegado a Córdoba y San Juan de Jujuy, sin embargo aún su cultivo se mantiene en la zona de Tucumán, en forma aislada en pequeños campos y asociada al maíz (Choque Vilca, 2013).

En cuanto a la producción de quinoa, se conoce que en el altiplano boliviano para el año 2013 el área sembrada corresponde a 104 000 hectáreas (ha) siendo el principal cultivador mundial de quinua. Las zonas con mayor producción se ubican en los departamentos de La Paz, Potosí y Oruro. El Instituto Nacional de Estadística Boliviano muestra un aumento sostenido en la tendencia de la producción boliviana, pues pasó de 28.809 toneladas durante el año agrícola 2007-2008 a 38.257 toneladas en el año agrícola 2010-2011. Para el año agrícola 2011-2012 fue 42.267 toneladas y en el año agrícola 2012-2013 la producción alcanzó 58 mil toneladas y exportó 26 201 toneladas en 2012.

El segundo país productor, con una superficie cultivada de 55.000 hectáreas en las que se producen más de 41.000 toneladas al año, es Perú. El cultivo de quinoa es muy importante para los agricultores de este país, principalmente para las más de 70.000 unidades campesinas y pequeños agricultores de Puno. En 2012 las exportaciones de quinua del Perú alcanzaron 9.453 toneladas. En Ecuador, 2000 hectáreas se dedican a la producción de quinoa y en Colombia, más de 1000 ha, con la zona de mayor producción al sur de Nariño y una producción creciente en el Cauca. En las zonas de cultivo de estos dos países es común encontrar la quinua sembrada en asociación con maíz, frijol y haba o como cercado alrededor de sementeras de papa.

### 2.2.3. Taxonomía de la quinoa

La quinoa es una planta de la familia *Chenopodiaceae*, género *Chenopodium*. Este género es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies. En la tabla 8, se muestra su clasificación taxonómica.

**Tabla 8. Clasificación taxonómica de la Quinoa**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clases</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Caryophyllales
<b>Familia</b>	Amaranthaceae
<b>Subfamilia</b>	Chenopodioidae
<b>Tribu</b>	Chenopodieae
<b>Género</b>	<i>Chenopodium</i>
<b>Especie</b>	<i>Chenopodium quinoa</i>
<b>Nombre binomial</b>	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium\\_quinoa](http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa)

Dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: unas como productoras de grano, *Ch. quinoa* Willd. y *Ch. pallidicaule* Aellen, en Sudamérica; y otras para consumo como verdura *Ch. nuttalliae* Safford y *Ch. ambrosioides* L. en México; y *Ch. carnosololum* y *Ch. ambrosioides* en Sudamérica (Tamayo Contreras, 2010).

### 2.2.4. Morfología de la planta de quinoa

La quinoa o quinua, es una planta herbácea anual, con amplia dispersión geográfica, presenta características distintivas en su morfología y coloración. Es de hacer notar que exhibe variaciones morfológicas y de adaptabilidad dependiendo a la zona agroecológica donde es cultivada debido a las diferentes condiciones ambientales, se siembra tanto a nivel del mar como a 4000 metros sobre el nivel del mar (msnm), desde zonas áridas,

hasta zonas húmedas y tropicales, desde zonas frías hasta templadas y cálidas; y ha demostrado ser muy tolerante a los factores abióticos adversos como son sequía, helada, salinidad de suelos y otros que afectan a las plantas cultivadas. El período vegetativo de la quinoa varía desde los 90 hasta los 240 días, crece con precipitaciones desde 200 a 2600 mm anuales, adaptándose a suelos ácidos de pH 4.5 hasta alcalinos con pH de 9.0, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos (Mujica, 1988; Meyhuay, 2000).

La coloración de la planta, flores y semillas de quinoa, es variable y depende de los genotipos y etapas fenológicas, y varían desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate y demás gamas que se pueden diferenciar (Mujica, 1988; Gallardo y col. 1997).

La planta de quinoa alcanza alturas variables que van desde 30 a 300 cm, dependiendo de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; pues se ha determinado mayor altura en las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, que en otras cultivadas en condiciones de menor altitud y variación climática. También su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas. A continuación se describe las partes que componen a la planta de quinoa o quinua:

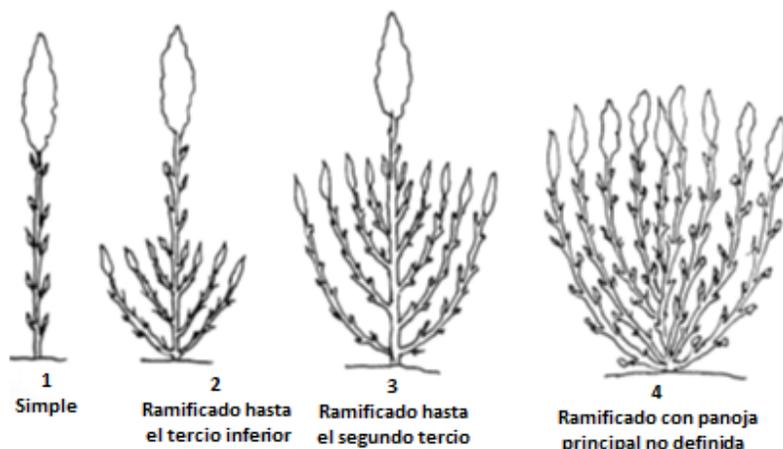
**Raíz:** Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa (visualizada en la figura 20), le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, varía su color dependiendo del tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1.80 cm de profundidad, y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja, la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta (Mujica, 1988).



**Figura 20. Sistema radicular de la planta de quinoa.** Fuente: Tapia y Gandarillas., 1979.

**Tallo:** El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla, existen genotipos ampliamente ramificados incluso desde la base y otros de tallo único (figura 21), así como genotipos intermedios, dependiendo del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes, la coloración del tallo es variable, desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo, o púrpura.

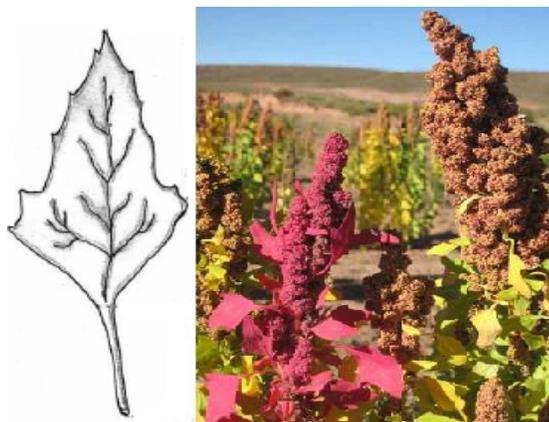
El tallo posee una epidermis cutinizada, corteza firme, compacta con membranas celulósicas, interiormente contiene una medula, que a la madurez desaparece, quedando seca, esponjosa y vacía, este tallo por su riqueza y gran contenido de pectina y celulosa se puede utilizar en la fabricación de papel y cartón; la arquitectura de la planta puede ser modificada por el ataque de insectos, daños mecánicos o por algunas labores culturales como pueden ser la densidad de siembra o abonamiento orgánico. El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm de diámetro (Mujica, 1988).



**Figura 21. Tallos de quinoa según su hábito de crecimiento.** Fuente: Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013.

**Hojas:** Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta, la lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés. Las hojas presentan bordes dentados, aserrados o lisos, variando el número de dientes con los genotipos, desde unos pocos hasta cerca de 25, el tamaño de la hoja varía, en la parte inferior grandes, romboidales y triangulares y en la superior pequeñas y lanceoladas, que muchas veces sobresalen de la inflorescencia, con apenas 10 mm de largo por 2mm de ancho.

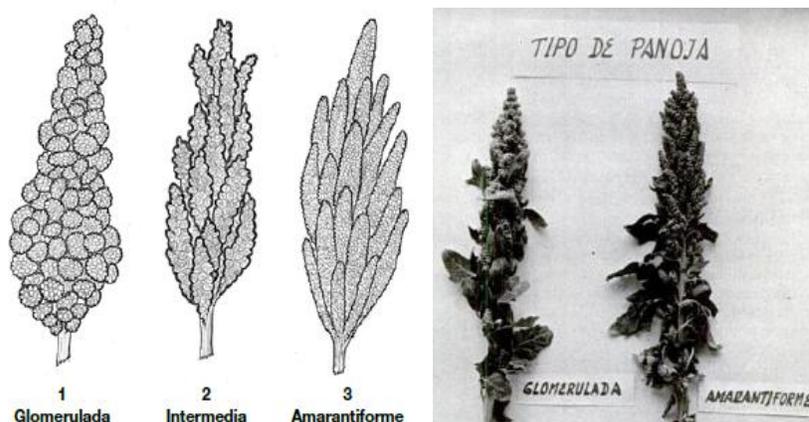
La coloración de la hoja es muy variable: del verde al rojo (figura 22) con diferentes tonalidades, que están constituidos por pigmentos como las betalainas, tanto del tipo, betacianinas (rojo- violeta) y betaxantinas (amarillas) y puede medir hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho, presenta nervaduras muy pronunciadas y fácilmente visibles, que nacen del peciolo y que generalmente son en número de tres, existen genotipos que tienen abundante cantidad de hojas y otros con menor, algunos tipos de quinoa tienen un follaje abundante, incluso han permitido seleccionar como forrajeras por su alta producción de materia verde (Mujica, 1988).



**Figura 22. Forma y colores de la hoja de quinoa.** Fuente: Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013.

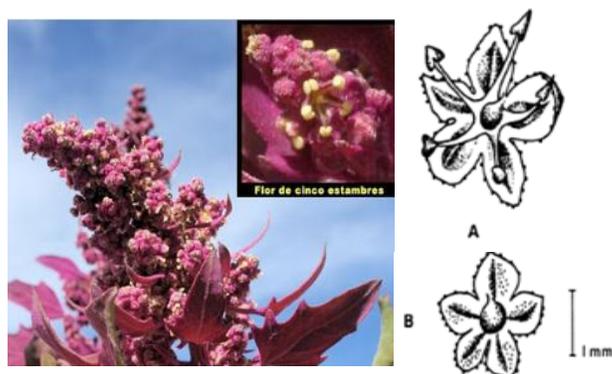
**Inflorescencia:** Es una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores. El eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas (figura 23), presentando características de transición entre los dos grupos, es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo), es amarantiforme cuando los glomérulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias y en ellas se agrupan las flores formando masas bastante laxas, se designan con este nombre por el parecido que tiene con la inflorescencia del genero *Amaranthus*.

La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinoa, zona donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja oscila entre 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia (Mujica, 1988).



**Figura 23. Forma de la panoja de quinoa.** Fuente: Tapia y Gandarillas., 1979; Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013.

**Flores:** Son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por una corola formada por cinco piezas florales tepaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles. Las flores presentan un perigonio sepaloides, rodeado de cristales de oxalato de calcio generalmente cristalinas, con cinco sépalos, de color verde, un androceo con cinco estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos y un gineceo con estigma central, plumoso y ramificado con dos a tres ramificaciones estigmáticas, ovario elipsoidal, súpero, unilocular. Las flores son muy pequeñas, alcanzan un tamaño máximo de 3 mm en caso de las hermafroditas y las pistiladas son más pequeñas (figura 24). (Gallardo y col. 1997).



**Figura 24. Flores de quinoa mostrando sus estambres, A) flor hermafrodita, B) flor femenina.** Fuente: Tapia y Gandarillas, 1997; Miranda, 2013.

**Fruto:** Es un fruto seco e indehisciente o aquenio (figura 25), tiene forma cilíndrico-lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio, de aspecto membranáceo, opaco, de estructura alveolar, con un estrato de células de forma poligonal-globosa y de paredes finas y lisas, el perigonio es el que envuelve a la semilla única por completo y el perigonio cubre una sola semilla y se desprende con facilidad al frotarlo, es de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección.



**Figura 25. Fruto de quinoa cubierto por el perigonio, cara dorsal (a la izquierda) y ventral (derecha).** Fuente: Tapia y Gandarillas, 1979; <http://fao.org/quinoa-2013>.

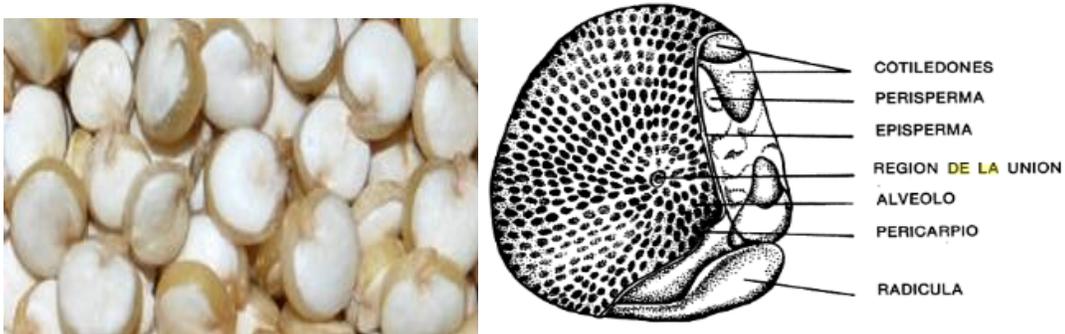
**Semilla:** Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas que son: episperma, embrión, perisperma (figura 26).

- Episperma: en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable dependiendo de los genotipos. Éste ha sido estudiado y se describe la presencia de cuatro capas:

- Una capa externa que determina el color de la semilla y que es de superficie rugosa, quebradiza y seca que se desprende fácilmente con el vapor.

- El color de la segunda capa difiere de la primera y se observa solo cuando la primera capa es translúcida.

- La tercera capa es una membrana delgada, opaca, de color amarillo.
- La cuarta capa es traslúcida y está formada por una sola hilera de células que cubre el embrión (Tapia, 1997).
- Embrión: está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320°, es de color amarillo, mide 3,54 mm. de longitud y 0,36 mm. de ancho. En algunos casos alcanza una longitud de 8,2 mm. y ocupa 34% de toda la semilla y con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones.
- Perisperma: es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (Mujica, 1988).



**Figura 26. Semillas enteras y estructura de la semilla de quinoa.** Fuente: Tapia y Gandarillas, 1997; <http://fao.org/quinoa-2013>.

### 2.2.5. Composición química del grano de quinoa

La quinoa es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana. En la tabla 9, se compara el valor nutricional de la quinoa con los de cereales tradicionales utilizados en la alimentación humana.

**Tabla 9. Composición proximal de la quinoa comparado con otros cereales (por 100g de alimento).**

Alimento	Kcal	Agua (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Carbohidratos (g)
<b>Quinoa</b>	350	12,65	13,81	5,01	59,74
<b>Arroz</b>	353	13,10	7,40	2,20	74,60
<b>Maíz</b>	338	12,50	9,20	3,80	65,20

Fuente: Meyhuay, 2000.

**Proteínas:** El contenido de proteínas, próximo al 15%, es mayor que el del arroz y el maíz. Las proteínas de la quinoa están formadas por albúminas y globulinas, principalmente, y un bajo contenido en prolaminas y glutelinas hace que se afirme que la quinoa no tiene gluten. Adicionalmente las investigaciones han demostrado que las proteínas de la quinoa presentan una proporción de aminoácidos más equilibrada que la de los cereales especialmente en lisina, histidina y metionina, en la tabla 10, lo que le proporciona un valor especial en las dietas vegetarianas.

**Tabla 10. Comparación de perfiles de aminoácidos esenciales de la quinoa comparado con otros cereales (por 100g de alimento) tomando en cuenta el patrón de la FAO (1985) para edades entre 3 y 10 años.**

Componente	FAO/OMS/(1985)	Quinoa	Arroz	Maíz
<b>Isoleucina</b>	3,00	4,90	4,10	4,00
<b>Leucina</b>	6,10	6,60	8,20	12,50
<b>Lisina</b>	4,80	6,00	3,80	2,90
<b>Metionina+ Cisteína</b>	2,30	5,30	3,60	4,00
<b>Fenilalanina+Tirosina</b>	4,10	6,90	10,50	8,60
<b>Treonina</b>	2,50	3,70	3,80	3,80
<b>Triptófano</b>	0,66	0,90	0,70	0,70
<b>Valina</b>	4,00	4,50	5,00	5,00

Fuente: Koziol, 1992

Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinoa es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos

esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO. Risi (1991) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche (Risi, 1991; Alía y González, 2003).

**Carbohidratos:** El principal componente de los granos de quínoa es el almidón, que constituye el 60% del peso fresco del grano con sólo el 11% de amilosa. Sus gránulos pueden encontrarse aislados o en grupos más o menos compactos. Esta estructura contrasta con la de los cereales, donde los gránulos de almidón se encuentran aislados, son mucho más grandes y con un contenido de amilosa que va desde el 17% (arroz) al 28% (trigo). La estructura de la amilopectina del almidón de la quínoa es similar a la de los cereales, pero su elevado contenido hace que la pasta de quínoa sea más viscosa que la del trigo (Alía y González, 2003).

Los granos contienen entre 58 y 68% de almidón y 5% de azúcares. Los gránulos de almidón son pequeños, contienen cerca del 20% de amilosa, y gelatinizan entre 55 y 65°C. Los carbohidratos de las semillas de quinoa contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, lo que la convierte en una fuente óptima de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra (Llorente, 2008).

**Fibra:** Estudios aplicados a cuatro variedades de quinoa demostraron que la fibra dietética en la quinoa cruda se ubica entre los 13,6 g y los 16,0 g por cada 100 g de peso en seco. La mayoría de la fibra dietética era de naturaleza insoluble, oscilando entre 12,0 g a 14,4 g en comparación con el contenido comprendido entre 1,4 g y 1,6 g de la fibra soluble por cada 100 g de peso en seco. De modo similar al valor proteico total de la quinua, el valor de la fibra dietética es por lo general mayor al de la mayoría de granos e inferior al de las leguminosas. La fibra dietética constituye la parte de los alimentos vegetales que no se puede digerir y es importante para facilitar la digestión y prevenir el atasco fecal del intestino (Repo-Carrasco y Serna 2011).

**Tabla 11. Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (FDT) en semillas de quinoa (g/100g)**

<b>Muestra</b>	<b>Fibra insoluble</b>	<b>Fibra soluble</b>	<b>Fibra dietética total</b>
Quinoa	5,31	2,49	7,80

Fuente: Repo-Carrasco, 1992.

**Grasas:** La quinoa contiene más grasa en comparación con el maíz y el arroz, tal como se muestra en la tabla 9. Del contenido total de materias grasas de la quinoa, aproximadamente más del 50 % está compuesta por ácidos grasos poliinsaturados esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3). Los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, ya que no los puede producir el cuerpo. Se ha demostrado que los ácidos grasos de la quinoa mantienen la calidad debido al alto valor natural de la vitamina E, que actúa como antioxidante natural (Reyes y col., 2006).

El pequeño grano contiene, asimismo, ácidos grasos esenciales para la dieta humana (contenido medio entre 5,3 y 6,3% del peso fresco) En la composición de los lípidos dominan los ácidos grasos insaturados, destacando su alto contenido de ácido linoleico (50,2-56,1%) y oleico (22,0-24,5%), y moderado de linolénico (5,4-7%) (Alía y González, 2003).

**Minerales:** Según Siener y Colaboradores (2006) la quinoa constituye una excelente fuente de minerales en comparación con cereales como el arroz y el maíz, presentados en la tabla 12. En especial, la quinoa muestra contenidos de hierro, magnesio y zinc excelentes si se compara con las recomendaciones relativas al consumo diario de minerales. La falta de hierro suele ser una de las deficiencias nutricionales más comunes. Sin embargo, la quinoa contiene algunos componentes no nutritivos que pueden reducir el contenido y la absorción de sustancias minerales. Las más notables son sus saponinas, que se encuentran en la capa exterior de su semilla y normalmente se extraen durante el lavado y remojo y su procesado para eliminar el sabor amargo. También tiene un alto contenido de oxalato, que se puede unir o acomplejar a minerales como el calcio y el magnesio y reducir su absorción en el organismo.

**Tabla 12. Composición mineral de la quinoa comparado con otros cereales (por 100g de alimento).**

Alimento	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Potasio (mg)	Zinc (mg)
Quinoa	148,7	383,7	13,2	249,6	926,7	4,4
Arroz	6,9	137,8	0,7	73,5	118,3	0,6
Maíz	17,1	292,6	2,1	137,1	377,1	2,9

Fuente: Koziol 1992.

### 2.2.6. Usos y aplicaciones de la quinoa.

En la alimentación humana se consume de la quinoa el grano, las hojas tiernas hasta el inicio de la formación de la panoja, pues éstas alcanzan un contenido de proteínas de hasta 33,3 % en materia seca, y con menor frecuencia se emplean las panojas tiernas. Destacan el contenido y la calidad de proteínas por su composición en aminoácidos esenciales de la quinoa lo que la hace especialmente apta para mezclas alimenticias con leguminosas y cereales. En la figura 27, se muestra los productos obtenidos a partir de la industrialización de la quinoa, destacando el uso del grano entero, la harina cruda o tostada, hojuelas, sémola, polvo instantáneo, entre otros, los cuales pueden ser preparados en múltiples formas, lo cual se traduce en una enorme cantidad de recetas tanto tradicionales como innovadoras (FAO, 2013).



**Figura 27. Industrialización de la quinoa.** Fuente: FAO, 2013.

**Saponinas:** Las saponinas se extraen de la quinoa amarga y se puede utilizar en la industria farmacéutica, cuyo interés en las saponinas se basa en el efecto de inducir cambios en la permeabilidad intestinal, lo que puede colaborar en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Adicionalmente se mencionan las propiedades de la saponina como antibiótico y para el control de hongos entre otros atributos farmacológicos. También se propone su utilización como potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en animales grandes por su toxicidad diferencial en varios organismos, teniendo un uso potencial en programas integrados de control de plagas. El uso de la saponina de la quinua como bioinsecticida fue probado con éxito en Bolivia (FAO, 2013).

Se obtiene polvillo con saponina en el descascarado por fricción de la quinoa perlada. Se usa en la fabricación de jarabe de frutas, cerveza, crema de afeitar, etc. El polvillo sin saponina resulta del pulido del grano de quinoa descascarada estos subproductos se utilizan en la alimentación de ganado y aves de corral (Meyhuay, 2000).

**Quinoa perlada:** Es el grano entero, obtenido del escarificado o desaponificado del grano de quinoa. Se utiliza directamente en la elaboración de guisos tradicionales o indirectamente para la elaboración de harinas, hojuelas y expandidos (maná).

**Hojuelas de quinoa:** Los granos de quinoa perlada son sometidos a un proceso de laminado a presión, ejercido por 2 rodillos lisos sobre los granos, lo que permite darles una forma laminada o aplanada. Este producto es consumido previa cocción y mezclado con leche en el desayuno bajo la forma de “cereal” (Meyhuay, 2000).

**Expandido de quinoa (Maná):** Se obtiene a partir de la quinoa perlada, aunque algunas veces de la quinoa al natural. El maná resulta de los procesos de extrusión/expansión brusca de los granos debido a una temperatura alta y descompresión violenta.

**Harina cruda de quinoa:** Es el producto resultante de la molienda de la quinoa perlada, su finura dependerá del número de tamices o malla que se utilizan en la molienda. Se utiliza en panificación, pastificio, galletería, repostería, etc. Diferentes pruebas en la

región Andina, y fuera de ella, han mostrado la factibilidad de adicionar 10, 15, 20 y hasta 40% de harina de quinoa en pan, hasta 40% en pasta, hasta 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas. La principal ventaja de la quinoa como suplemento en la industria harinera, está en la satisfacción de una demanda creciente en el ámbito internacional de productos libres de gluten.

También se obtiene harina tostada de quinoa, resultante de la quinoa perlada tostada sometido a un proceso de molienda, se usa en repostería. Otro producto es la harina instantánea de quinoa en la que la harina es precocida (gelatinizada), reducida a polvo y que se dispersa rápidamente en líquidos, esta cualidad y la de poder ser consumido sin previa cocción brindándole la ventaja sobre la harina cruda para ciertos usos como en la preparación de bebidas instantáneas, uso en postres, cremas como suplemento nutritivo en cacao y leches malteadas (Meyhuay, 2000; FAO, 2013).

**Almidón de quinoa:** Estos almidones podrían ofrecer una alternativa interesante para sustituir almidones modificados químicamente. Tiene una excelente estabilidad frente al congelamiento y la retrogradación. El almidón tiene posibilidades especiales de uso en la industria debido al pequeño tamaño del gránulo de almidón, por ejemplo, en la producción de aerosoles, pastas, producción de papel autocopiante, postres alimenticios, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos anti-offset (FAO, 2013).

## **2.3. Generalidades de la Chía**

### **2.3.1. Origen del cultivo de la Chía**

La *Salvia hispanica L.* es una planta arbustiva oriunda de Mesoamérica, la cual era cultivada inicialmente entre las áreas montañosas del oeste y centro de México, esta información es sustentada en escritos indígenas cuya data es del año 1519, fecha en la cual se produce la llegada de los españoles a territorio mexicano, otros datos exponen que probablemente la semilla sea originaria de los territorios que actualmente ocupan la República Mexicana y Guatemala (Beltrán-Orozco y Romero, 2003).

Fray Bernardino de Sahagún, reseña en el Codex Florentino, escrito en tiempos de la conquista de América, que entre los años 1548 y 1585, las semillas de chía eran empleadas como alimento hacia el año 3500 antes de cristo (A.C) y que su cultivo se extendió entre los años 2600 y 2000 A.C, en el valle de México por las civilizaciones teotihuacanas y toltecas antes de los aztecas, en este documento se expone que entre 1500 y 900 (a.C.) la chía se utilizó como moneda en el centro de México; usándose como forma de pago de tributos anuales exigidos por los aztecas a los pueblos que había conquistado y también se ofrendaba a los dioses en sus ceremonias religiosas. De igual manera, resalta que la chía constituía uno de los componentes de la dieta de los aztecas junto con el maíz, ciertas variedades de frijoles, la quinua y el amaranto (Rodríguez, 1992; Cahill, 2003; Ayerza y Coates 2006).

En la figura 28, tomada del Codex Florentino, se muestra una planta de *Salvia hispanica* L, así como un atole de semillas de Chía molida cruda, con maíz tostado, y una cola del tlacuache (mamífero marsupial similar al rabipelado, recomendado para la mujer que quería inducir el parto (Sahagún, 1579).



**Figura 28. Ilustración de la planta de *Salvia hispanica* del Codex Florentino escrito entre 1575 a 1580.** Fuente: (Sahagún, 1579).

Ayerza y Coates (2006) indican que con respecto a los Mayas, no hay evidencia que la chía era cultivada en el apogeo de su civilización, 800 antes de cristo (A.C) a 900 después de cristo (D.C), aunque la existencia de un intenso comercio entre los centros

Teotihuacanos y Mayas durante varios siglos hacen suponer que la chía también era conocida por este pueblo precolombino, el cual ocupó una gran parte de México, Guatemala, Honduras y El Salvador.

Después de la conquista española sobre México, probablemente se introdujo en España la chía, alrededor de 1521 y se atribuye su nombre científico de *Salvia hispanica* L, al famoso botánico Karl Linnaeus, quien tomó en cuenta el vocablo latino “hispanica” pues se creía erróneamente que era oriunda de España. La chía ha crecido desde ese entonces en España de manera silvestre y aislada (Naturkost Uebelhoer, 2008).

### **2.3.2. Zonas de cultivo de chía a nivel mundial**

La *Salvia hispanica* L es cultivada en México, ubicada más extensamente en Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí y Chiapas, creciendo tanto en climas templados como cálidos. También se cultiva en el noreste de Argentina, donde se introdujo como cultivo alternativo desde el año 1991 a través del Regional Northwestern Argentina Project comenzando con su cultivo en pequeña escala. En la actualidad se cultiva en mediana y gran escala en países como Argentina, Bolivia, Perú, México y Australia (Ayerza, 1995; Centurión 2012, Ramírez Jaramillo y col. 2012).

En la figura 29, se visualizan geográficamente las zonas de cultivo y dispersión de la *Salvia hispanica* L en norte y centro América. En primer lugar, se representa la zona tradicional de cultivo que está ubicada desde el norte-central de México hasta Guatemala sombreada en color azul. Una segunda área resaltada en color verde abarca aparentemente la zona precolombina desde el sur de Honduras y Nicaragua. Las franjas de color amarillo indican las superficies en las que las líneas tradicionales de chía se puede cultivar en los Estados Unidos de América requiriendo aplicación de riego; mientras que las áreas marcadas en rojo representan los cultivos de nuevos genotipos de floración temprana de chía cuya finalidad es la producción de semillas.



**Figura 29. Zonas de cultivo de chía en Norte y Centroamérica.** Fuente: Jamboonsri y col., 2012.

### 2.3.3. Taxonomía de la chía

La *Salvia hispanica L*, es una planta cultivada bianualmente categorizada en el reino plantae, superdivisión Spermatophyta, familia Labiatae o Lamiaceae, representante de las mentas. La clasificación taxonómica de la chía se muestra en la tabla 13 (Mohd Ali y col., 2012).

**Tabla 13. Clasificación taxonómica de la chía**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Subreino</b>	Tracheobionta
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Superdivisión</b>	Spermatophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Asteridae
<b>Orden</b>	Lamiales
<b>Familia</b>	Lamiaceae
<b>Subfamilia</b>	Nepetoideae
<b>Tribu</b>	Mentheae
<b>Género</b>	Salvia
<b>Especie</b>	S. hispanica
<b>Nombre binomial o científico</b>	<i>Salvia hispanica L</i>

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/salvia-hispanica>.

El género *Salvia* incluye unas 900 especies y se distribuye extensamente en varias regiones del mundo, tales como Sudáfrica, América Central, América del Norte, Sudamérica y Asia Sur-Oriental. Las plantas pueden ser herbáceas o leñosas y sus flores muy atractivas de variados colores (Capitani, 2013).

La chía (*Salvia hispanica* L.) cuenta con varios nombres comunes como: salvia española, artemisa española, chía mexicana, chía negra, tlacote, tapachichi, azul-sipari, charahuesca, ichukuta (SEMARNAT, 2002).

Cabe destacar que al revisar la bibliografía se halló que el término chía también se aplica a un cierto número de otras plantas nativas de México y de los Estados Unidos pertenecientes a otras especies del género *Salvia*, así como al género *Hyptis* y *Amaranthus*. Esta confusión pudo haber ocurrido en el período postcolombino cuando el sistema botánico de clasificación Nahuatl fue abandonado (Ayerza y Coates, 2006).

La chía es confundida a menudo con otra planta denominada chan (*Hyptis suaveolens*), a la que también se conoce como chía gorda, chani, coneguari o conivari. En la antigüedad, la planta de chan se confundía con la chía debido a su aparente parecido, pero los estudios botánicos han evidenciado diferencias morfológicas a pesar de pertenecer a la misma familia botánica de las lamiáceas, son de diferente especie. La confusión entre ambas puede atribuirse a que como los frutos de estas plantas tienen la propiedad de producir semillas aceitosas u oleaginosas, y químicamente difieren pues el chan es rico en omega 6 mientras que la chía en su composición contiene mayores niveles de omega 3.

#### **2.3.4. Morfología de la planta de chía**

La chía es una planta anual o bianual, en condiciones controladas que puede alcanzar de 1 a 2 m de altura. Hernández y Miranda (2008); Di Sapio y colaboradores (2012) y Capitani (2013) describen los caracteres morfológicos y anatómicos de los distintos órganos o partes constitutivas de la planta de *Salvia hispanica* L.:

**Tallo:** El tallo de la planta de chía, tal como se muestra en la figura 30, es sufrútice, es decir una planta intermedia entre el arbusto y la hierba, es ramificado y aromático, cuadrangular, con diámetros promedios que varían de 1 a 4 cm y pubescente, es decir que presenta una superficie cubierta de pelillos cortos y blancos que retienen el rocío matutino.



**Figura 30. Foto e ilustración mostrando el aspecto general de un individuo adulto, mostrando los tallos ramificados y hojas de chía.** Fuente: Di Sapia y colaboradores (2012) y <http://www.salviahispanica.com>

**Hojas:** Las hojas son simples, opuestas, enteras, de color verde intenso con pubescencias cortas y blancas en su envés, sus bordes son aserrados y se observan un poco onduladas en las orillas. Las hojas presentan unas dimensiones promedios entre 8 a 12 cm de longitud y 4 a 7 cm de ancho, su pecíolo es corto de 1 a 3 cm en la parte superior de la planta y de 5 a 7 cm en las ramificaciones inferiores. Además presentan una lámina oval-elíptica, algo discolora, y una base cuneada a subcordada, el ápice es agudo con un margen dentado aserrado, sus nervaduras son prominentes en el envés y pubescentes. En la figura 30, se visualiza la disposición de las ramificaciones del tallo y las hojas de la planta de chía.

**Flores:** Las flores de chía, en la figura 31, son pequeñas de aproximadamente 3 a 4 mm, sus corolas son pequeñas y sus partes florales son fusionadas lo cual contribuye a la alta tasa de autopolinización. Las flores son hermafroditas, pueden ser blancas, celestas o purpúreas, y brotan en ramilletes terminales sobre pedicelos; por lo que son pedunculadas y se presentan reunidas en grupos de seis o más, en verticilos sobre el raquis de la inflorescencia; el cáliz es un tubo acampanado, ligeramente comprimido lateralmente, con pelillos a lo largo de las venas. La planta florece entre julio y agosto en el hemisferio norte; al cabo del verano, las flores dan lugar a un fruto en forma de aqueno indehisciente. Prominentemente crece por semillas y sus flores purpuras (Mohd Ali y col., 2012; Capitani, 2013).



**Figura 31. Foto e ilustración de flores de chía en ramillete.** Fuente: <http://www.infojardin.com>

En la investigación llevada a cabo por Hernández y Miranda (2008) se determinó que las flores de plantas de chía silvestres difieren de las cultivadas, pues éstas últimas se caracterizan por desarrollar flores más grandes y corolas que sobresalen del cáliz, con inflorescencias compactas debido a un mayor número de verticilos y menor distancia entre ellos; también poseen un ciclo biológico más tardío y semilla de mayor tamaño.

**Fruto:** El fruto proveniente de cada flor es un carcérulo, que a la madurez produce pequeños mericarpios indehiscientes denominados núculas o clusas, en número de 1 a 4, incluidas en el cáliz frecuentemente acrescente (continúa creciendo durante la

maduración del fruto); son monospermas (con una sola semilla), obovoides, de simetría dorsiventral y tamaño de 1,5 a 2 mm de longitud. y 1 a 1,2 mm en el diámetro medio (Figura 32). En general, en las labiadas como la *Salvia hispanica* puede considerarse un fruto que se fragmenta, ya que procede de un ovario con dos carpelos soldados cada uno con dos semillas pero que en la madurez queda dividido en cuatro partes (Di Sapio y col., 2012).



**Figura 32. Aqueno seco y exomorfología del fruto; clusas (cl) incluidas en el cáliz (K).** Fuente: [www.chiaperuvian.blogspot.com](http://www.chiaperuvian.blogspot.com) y Di Sapio y colaboradores (2012)

En mayor porcentaje se presentan de color pardo grisáceo con abundantes manchas de contornos muy irregulares de color castaño oscuro y que se destacan más en los límites de las areolas. En menor proporción se observan clusas de color blanquecino con la inserción basal y los límites de las areolas, de color castaño claro. El arreglo epidérmico del pericarpio le confiere una superficie glabra (desprovista de pelos o pelusa), brillante, generalmente lisa o apenas tuberculada y dividida en áreas irregulares que originan numerosas areolas (pequeño reborde circular) delimitadas por surcos muy suaves (Di Sapio y col., 2012).

**Semillas:** La semilla de la *Salvia hispanica* L. o chía es horizontal, albuminosa, se ubica sólo una por clusa y ocupa todo el volumen del fruto. Su contorno es oblongo-elíptico,

forma levemente navicular, con el extremo radicular angosto y el extremo cotiledonal ancho; su superficie es opaca, reticulada, de color amarillo ocráceo y dimensiones de 1,3-1,8 mm longitud. x 1-1,2 mm de ancho (Figura 33). Su cara ventral o placentaria es subtrígona, algo prominente, con una tenue y fina depresión en sentido longitudinal de color marrón claro (Di Sapio y Col. 2012).



**Figura 33. Exomorfología de las clusas o semillas con cutícula: a, b: clusas oscuras; c, d: clusas claras; a y c: cara ventral; b y d: cara dorsal (a la derecha). Exomorfología de la semilla desnuda: e: cara dorsal, f: cara ventral (a la izquierda).** Fuente: Di Sapio y colaboradores (2012).

Las semillas, en mayor porcentaje, presentan color pardo grisáceo con abundantes manchas de contornos muy irregulares de color castaño oscuro y que se destacan más en los límites de las areolas. En menor proporción se observan clusas de color blanquecino con la inserción basal y los límites de las areolas, de color castaño claro.

Algunos investigadores indican que las semillas pueden ser negras, grises o negras con manchas, o sólo blancas; su forma es oval con un tamaño entre 1 a 2 mm. Otros afirman que la domesticación del cultivo de chía produce semillas más grandes con respecto a la chía salvaje. También sostienen que en general, las semillas blancas poseen mayor tamaño que las negras (Ayerza y Coates, 2006; Cahill, 2005; Hernández y Miranda, 2008, Ixtaina y col., 2008; Mohd Ali y col., 2012).

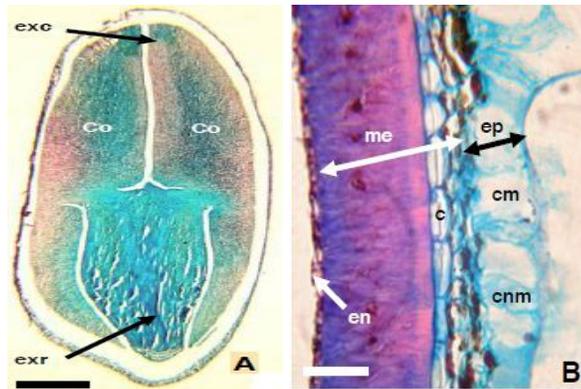
El pericarpio de la semilla de *Salvia hispanica L.*, que se muestra a través de microfotografías en la figura 8, presenta un grosor que oscila entre 80-120 $\mu\text{m}$  y al realizar su corte se distinguen tres regiones: Epicarpio, Mesocarpio y Endocarpio.

a) **Epidermis externa o epicarpio**, formado por dos tipos de células que recubren a las clusas en toda su superficie: unas son células mucilaginosas, que son transparentes, alargadas radialmente, con engrosamientos secundario celulósicos y con morfología de U invertida; y las otras son no mucilaginosas, de morfología levemente oviforme que alternan con las mucilaginosas.

b) **Mesocarpio**, tiene un grosor variable (40-60  $\mu\text{m}$ ), y atendiendo a la morfología y naturaleza de sus células se diferencian tres regiones. Una primera zona constituida por 3-6 estratos celulares parenquimáticos de paredes celulósicas. Un segundo estrato más interno formado por sola hilera de idioblastos cristalíferos bien organizados, de gran tamaño, con paredes celulósicas deprimidas radialmente y con cristales poliédricos planos de oxalato de calcio, y una tercera región denominada capa en empalizada (35-40  $\mu\text{m}$ ), que es un estrato mecánico formado por 1 capa de esclereidas, elongadas radialmente, de paredes fuertemente engrosadas, muy onduladas, sin límite notorio entre ellas, que muestran un lumen muy ramificado, estrechamente circular con numerosos pliegues y ocupado por inclusiones o cristales. Esta capa de esclereidas es la que le otorga la rigidez al fruto.

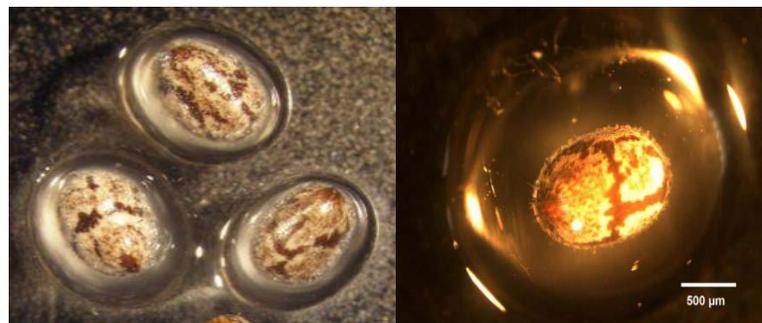
c) **Epidermis interna o endocarpio**: unistrato (4-6  $\mu\text{m}$ ), constituido por células pequeñas, más o menos rectangulares y deprimidas radialmente que, a veces presentan escaso engrosamiento escalariforme en cercanías del hilio.

Adicionalmente en la figura 34, se visualiza en el corte longitudinal de la semilla de chíá que internamente cuenta con dos cotiledones y el eje embrional, común en semillas maduras de Dicotiledóneas.



**Figura 34.** A. sección longitudinal de la semilla de chía, Co: cotiledón, exc: extremo cotiledonal, exr: extremo radicular. B: sección transversal del pericarpio, c: cristales de oxalato de calcio, cm: células mucilaginosas, cnm: células no mucilaginosas, en: endocarpio, ep: epicarpio, me: mesocarpio. Fuente: Di Sapio y col., 2012.

Otra característica importante que se debe destacar es que las semillas de chía presentan un fenómeno conocido como **Mixocarpia**, y ocurre cuando las clusas ó núculas (fruto o semilla con pericarpio endurecido) entran en contacto con agua destilada, entonces el epicarpio se hincha y tras la ruptura de la cutícula debido al agotamiento de su elasticidad, se excreta el contenido de las células epicárpicas mucilaginosas, dando como resultado un mucílago alrededor de toda la superficie del fruto, tal como se visualiza en la figura 35.



**Figura 35.** Semillas de chía presentando mixocarpia o formación de mucilago Fuente: Di Sapio y col., 2012; Muñoz y col., 2012.

La reacción de mixocarpia, de estas semillas al compararla con los parámetros de Duletiae-Lauseviae y Marín (1999), se manifiesta como moderadamente fuerte

(entre 0,1-0,5 mm) con un halo de mucílago de  $0,324 \pm 0,087$  mm, éste es continuo, transparente y de consistencia pegajosa.

El mucílago formado o excretado por la semilla de *Salvia hispanica L.* es transparente, continuo, y recubre todo el pericarpio y la semilla, y esta propiedad le brinda protección a la plántula en los primeros estadios de su germinación. A la reacción de mixocarpia se le han dado algunas interpretaciones y aplicaciones, entre las que destacan las siguientes:

- ✓ Constituye un mecanismo para impedir la desecación de la semilla.
- ✓ Estrategia para fijar la semilla al suelo, o incluso una manera de impedir que se hunda en la tierra malogrando su germinación.
- ✓ Forma de evitar una germinación prematura de la semilla que encierra.
- ✓ Constituye un tipo de atelecoria que en plantas higrocásticas pudiese asegurar su viabilidad, debido a que los frutos se abren y dispersan sus semillas al aumentar la humedad.
- ✓ En otras se considera como una forma de recubrirse de partículas del suelo como camuflaje contra animales granívoros (Gutterman, 2002).

Por otra parte, Muñoz y colaboradores (2012) sostienen que las semillas de chíá producen un mucílago que se libera cuando se pone en contacto con agua, y este polisacárido tiene la capacidad de absorber en agua alcanzando siete veces su peso. Estos investigadores han demostrado que el mucílago una vez aislado tiene la capacidad de absorber 27 veces su peso en agua, lo que es significativamente mejor a lo reportado con la semilla entera.

En cuanto al proceso digestivo se infiere que cuando la semilla entera se mezcla con los jugos gástricos, el gel producido puede formar una barrera física entre los carbohidratos y las enzimas digestivas, por lo tanto son digeridos en forma uniforme y lenta, lo que se traduce en el no aumento de insulina en la sangre.

### 2.3.5. Composición química de la semilla de chía

En la Tabla 14, se recopila información sobre la composición de las semillas de chía, la cual es comparada con el arroz (cereal) y de quinoa (pseudocereal). En la misma se visualiza que el contenido de proteínas, lípidos, fibra y energía de la semilla de chía es mayor que los presentes en el arroz y la quinoa. Además, la chía es conocida principalmente como una importante fuente de ácidos grasos  $\omega$ -3 y también contiene otros compuestos de importancia a nivel nutricional.

**Tabla 14. Composición proximal y energía aportada por semillas de chía y algunos cereales (% en base fresca).**

Componente (%)	Arroz <sup>1</sup>	Quinoa <sup>2</sup>	Chía <sup>3</sup>
<b>Agua</b>	13,0	11,5	4,4
<b>Proteína</b>	8,1	13,60	18,7
<b>Grasa</b>	0,7	5,80	30,0
<b>Cenizas</b>	0,5	2,5	2,5
<b>Fibra dietética</b>	1,2	5,90	20,3
<b>Carbohidratos disponibles</b>	76,5	60,70	23,1
<b>Energía (Kcal)</b>	345	343	420

Fuente: Instituto Nacional de Nutrición <sup>1</sup>, 2012, Instituto Nacional de Salud de Perú<sup>2</sup>, 2007, Bautista Justo y col. <sup>3</sup>, 2007.

**Proteína:** La chía posee un contenido de proteínas que oscila entre 15 y 24%, el cual es mayor al asociado a los cereales tradicionales, adicionalmente presenta como ventaja no contener gluten a diferencia del trigo, la cebada, el centeno y la avena, motivo por el cual se considera como apta para la alimentación y uso en pacientes celíacos (Ixtaina, 2010).

Los aminoácidos de las proteínas de la semilla de chía se muestran en la tabla 15. En ésta puede visualizarse que las proteínas de chía poseen un buen balance de aminoácidos esenciales lo que representa una excelente fuente alternativa de proteína para el consumo humano. Entre ellos, destaca el contenido de lisina, que es bastante alto, así como

también los porcentajes de metionina y cistina los cuales alcanzan niveles mayores que los presentes en las proteínas de otras semillas (Ting y col., 1990).

**Tabla 15. Composición aminoacídica de hidrolizados proteicos obtenidos a partir de semillas de chía desgrasadas a extracción por solvente y por prensado**

Aminoácido	Extr. por solvente (g/16 g N)	Extr. por prensado (g/16 g N)
Ácido aspártico	7,64	7,36
Treonina	3,43	3,23
Serina	4,86	4,43
Ácido glutámico	12,40	13,65
Glicina	4,22	4,03
Alanina	4,31	4,41
Valina	5,10	5,32
Cistina	1,47	1,04
Metionina	0,36	0,36
Isoleucina	3,21	3,35
Leucina	5,89	5,99
Triptófano	--	1,29
Tirosina	2,75	2,75
Fenilalanina	4,73	4,77
Lisina	4,44	3,6
Histidina	2,57	2,45
Arginina	8,90	6,83
Prolina	4,40	3,92

Fuente: Ting y col., 1990; Brown, 2003; Ayerza y Coates, 2006.

Los aminoácidos de la chía no tienen factores limitantes en una dieta para adulto, razón la que puede ser incorporada en dietas humanas y ser complementada como suplemento de otros granos con el fin de equilibrar las proteínas (Ayerza y Coates, 2011).

**Grasas:** La chía presenta características aceitosas similares a las semillas oleaginosas, y es muy rica en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), y por lo tanto puede ser considerada como un sustituto altamente económico para cultivos oleaginosos de campo. Un Kg de semilla de chía tiene aproximadamente 250 a 390 g de aceite.

En relación al contenido de ácidos grasos en la fracción lipídica de las semillas de chía, tal como se demuestra en la tabla 16, los mismos son altamente insaturados siendo sus

principales representantes el ácido linolénico (C18: 3n-3, omega ( $\omega$ ) 3) y el linoleico (18:2 $\omega$ -6) (Heuer y col., 2002; Ayerza y Coates, 2004; Peiretti y Gai, 2009).

**Tabla 16. Contenido de ácidos grasos (g/kg de ácidos grasos) en semillas de chía.**

Ácido graso	Heuer y Col. 2002	Ayerza y Coates 2004	Peiretti y Gai 2008
Palmítico 16:0	76-87	66-77	71
Palmitoleico 16:1 <sup>a</sup>	--	--	--
Hexadecadienoico 16:2	--	--	--
Esteárico 18:0	26-30	27-36	33
Oleico 18:1 <sup>b</sup>	61-63	68-133	60
Linoleico 18:2 <sup>c</sup>	174-187	180-211	188
Linolénico 18:3 <sup>d</sup>	635-651	542-642	641
Araquídico 20:0	--	--	--
Relación $\omega$ -6/2 $\omega$ -3	0,27- 0,29	0,29 – 0,38	0,29
Relación AGPI/AGS	7,3 – 7,8	6,7 – 8,7	7,9

Leyenda: a omega 7; b omega 9; c omega 6; d omega 3; AGPI: ácido graso poliinsaturado, AGS: ácido graso poliinsaturado

Cabe resaltar, en lo que respecta al enriquecimiento de alimentos con ácidos grasos  $\omega$ -3, la chía presenta la ventaja de no transmitir el característico “olor a pescado”, lo que la diferencia de las otras fuentes previamente mencionadas, adicionalmente presenta un menor contenido de sodio y cero colesterol lo que contrasta con los productos de origen animal (Ayerza y Coates, 2006).

**Fibra y carbohidratos:** El análisis comparativo del contenido de fibra, en la tabla 17, de las semillas de chía (18- 30%) referido al de otros cereales, permite apreciar que la chía tiene 1,6; 2,3; 2,6; 8,3 y 9,8 veces más contenido de fibra dietaria que la cebada, trigo, avena, maíz y arroz, respectivamente.

**Tabla 17. Composición proximal y energía aportada por semillas de chía y algunos cereales.**

Componente (%)	Arroz <sup>1</sup>	Cebada <sup>1</sup>	Avena <sup>1</sup>	Trigo <sup>1</sup>	Maíz <sup>1</sup>	Chía <sup>2,3</sup>
<b>Fibra</b>	2,8	17,3	10,6	12,2	3,3	18 - 30
<b>Carbohidratos</b>	79,1	73,5	66,3	71,1	74,3	9 - 41

Fuente: United States Department of Agriculture<sup>1</sup>, 2002; Ayerza y Coates<sup>2</sup>, 2004; Diario oficial de la Unión Europea<sup>3</sup>, 2009.

**Minerales:** Las semillas de chía son una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre, tal como se refleja en la tabla 18. Además, contienen entre 13-354 veces más de calcio, de fósforo entre 2-12 veces y 1,6-9 de potasio con respecto a cereales como el trigo, arroz, cebada, avena y maíz. De igual manera, en comparación con la leche, las semillas de chía presentan un contenido 6 veces mayor de calcio, el doble de fósforo y 4,6 veces más de potasio. Los niveles de hierro en las semillas de chía y en la harina desgrasada son muy elevados, presentando valores poco frecuentes en semillas (Bushway y col., 1981; United States Department of Agriculture, 2002).

**Tabla 18. Contenido de minerales en semillas de chía (*Salvia hispanica L*), según algunos autores.**

Minerales	Bushway 1981	INA <sup>1</sup> 2003
	mg/100 g	mg/100 g
<b>Calcio (Ca)</b>	870	714
<b>Potasio (K)</b>	890	700
<b>Magnesio (Mg)</b>	466	390
<b>Fósforo (P)</b>	922	1067
<b>Cobre (Cu)</b>	2,45	0,2
<b>Hierro (Fe)</b>	48,7	16,4
<b>Sodio (Na)</b>	--	--
<b>Zinc (Zn)</b>	7,40	3,7

Fuente: Bushway y col., 1981; Instituto Nacional de Alimentos de Argentina<sup>1</sup>, 2003.

### 2.3.6. Usos y aplicaciones de la chía

En el sentido religioso o ceremonial, antes de la conquista de América por parte de los españoles, los aztecas ofrendaban brotes de Chía a Chicomecóatl, la diosa del maíz, durante la fiesta de la veintena de hueytozotli (cuarto mes del calendario azteca, que significa *gran vigilia*), y durante la veintena ritual de hueytecuílhuitl (octavo mes del calendario azteca, que significa *gran fiesta del señor*), se preparaba pinole de semillas de chía tostadas hasta llenar una embarcación, que se hacía flotar y los asistentes a la ceremonia tomaban de ella una porción hasta vaciarla. A su vez, los purépecha de Michoacán empleaban el pinole para fabricar unos pequeños tamales que usaban como ofrenda en el altar de sus muertos (Sahagún, 1579).

**Bebida de Chía:** El “Agua Fresca de Chía” es una de las bebidas que formaban parte de la cultura Azteca y que perdura hoy en día en Centroamérica. Esta bebida consiste en una limonada a la que se le agregan pequeñas y oscuras semillas de *Salvia hispánica L.* que al hidratarse dejan salir un mucílago. Resulta una bebida refrescante y digestiva.

**Aceite de Chía:** Las semillas de chía son principalmente valoradas por su aceite. Según el Código Alimentario Argentino, (Resolución Conjunta 76/2009 y 391/2009, Artículo 1381) el aceite de Chía es el producto obtenido de semillas de *Salvia hispánica L.* por presión mecánica y/o por extracción por solventes y se autoriza su uso exclusivo en suplementos dietarios. Este aceite presenta un color amarillo claro, brillante, libre de materiales extraños e inmiscibles con el agua.

**Mucilago de chía:** El mucílago de chía es un material de aspecto gelatinoso que se forma al poner en contacto las semillas enteras en agua, el gel formado representa la fibra dietética soluble y tiene interés desde el punto de vista nutricional, por su aporte benéfico a la salud y por sus propiedades como agente espesante que lo haría útil en la industria alimentaria. Se ha demostrado que la fibra obtenida a partir de algunos granos o semillas exhibe ciertas propiedades fisiológicas y funcionales que resultan interesantes y son de potencial aplicación en la industria alimentaria (Vázquez-Ovando y col., 2009).

**Harina de Chía:** El Código Alimentario Argentino en su Resolución conjunta 86/2009 y 711/2009 en el Artículo 1407 bis denomina a la Harina de Chía, como el producto proveniente de la molienda de la semilla de chía (*Salvia hispanica L.*) debiendo presentar esta última, características de semillas sanas, limpias y bien conservadas, que han sido sometidas a prensado para la remoción parcial o prácticamente total del aceite que contienen. La denominación de venta será Harina de Chía Desgrasada o Harina de Chía Parcialmente Desgrasada, según corresponda. Entre las Características físicas tanto de la harina parcialmente desgrasada como de desgrasada, presentan un color marrón grisáceo, sabor y aroma suave, agradable, propio de la semilla y su Granulometría debe ser entre 0.5 - 1 mm. La composición proximal de la harina de chía establecida por el Código Alimentario Argentino se detalla en la tabla 19.

**Tabla 19. Composición proximal de las harinas de chía desgrasada y parcialmente desgrasada**

Componente	Parcialmente desgrasada	Desgrasada
Humedad (100 -105 °C) Máx.	9	5
Proteína (Nx 6,25) min.	20	29
Grasa (extracto etéreo) Máx.	18	7
Fibra total Máx.	35	52
Cenizas (500-550°C) Máx	5	6

Fuente: Código Alimentario Argentino Resolución Conjunta 86/2009 y 711/2009 Artículo 1407 bis

En cuanto al nivel de incorporación en la formulación de alimentos, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) autorizó, en el año de 2009, la comercialización de las semillas de chía como nuevo ingrediente alimentario o novel food bajo la Decisión 2009/827/CE, una vez que consideró los estudios en torno a las características nutricionales y de inocuidad de las semillas enteras y trituradas de *Salvia hispánica L.*, permitiendo su uso en productos de panadería con un contenido máximo del 5%. Otra consideración es que en el etiquetado de los productos alimentarios debe designarse como "semillas de chía (*Salvia hispanica*)" al venderse al consumidor final

preenvasadas y requieren de un etiquetado adicional para informar que su ingesta diaria no tiene que superar los 15 gramos (Diario Oficial de la Unión Europea, 2009).

#### **2.4. Arroz, Quinoa y Chia como Alimentos Libres de Gluten**

Aunque el gluten se encuentra en cereales como trigo, cebada, centeno y en la avena, esta última contiene pequeñas trazas de gluten, y no debe ser ingerido por alérgicos e intolerantes; existen cereales libres de gluten como el maíz, alforfón o trigo sarraceno, sorgo y arroz sobre todo de forma integral, también se reconocen como libres de gluten a pseudocereales como quinoa, amaranto, entre otros (Santillán, 2010).

El arroz es considerado un cereal libre de gluten puesto que es su constitución proteica no se encuentra gliadinas como la del trigo. En el caso de la quinoa las proteínas están formadas por albúminas y globulinas, principalmente, y un bajo contenido en prolaminas y glutelinas y esto hace que se afirme que la quinoa no tiene gluten, pues es su constitución no encuentran gluteninas. En vista de lo anterior, la carencia de gluten puede ser un factor restrictivo para el empleo de la harina de quinoa en panificación, pero es de gran utilidad para su uso en la dieta de personas sensibles a la presencia de gluten evitando que se ocasionen lesiones intestinales. Las proteínas de la quinoa presentan una proporción de aminoácidos más equilibrada que la de los cereales especialmente en lisina, histidina y metionina, lo que le proporciona un valor especial en las dietas vegetarianas (Alía y González, 2003).

En el caso de la chía, Sandoval-Oliveros y Paredes López (2013) realizaron un estudio de aislamiento y fraccionamiento de las proteínas de semillas desgrasadas y sin mucilago, siguiendo la clasificación de Osborne por diferencia de la solubilidad de cada fracción, y sus resultados se muestran en la tabla 20, donde se visualiza la ausencia de gluteninas y la fracción de prolaminas es menor al 5%. Los investigadores indican que el patrón de composición de la proteína de la chía muestra cierta similitud con otras semillas importantes, como los guisantes y el algodón.

**Tabla 20. Proporción de las fracciones de proteína de semilla de Chía**

<b>Fracción proteica</b>	<b>g /100 g proteína</b>
<b>Albuminas</b>	7,64
<b>Globulinas</b>	3,43
<b>Prolaminas</b>	4,86
<b>Glutelinas</b>	12,40
<b>Proteínas insolubles</b>	4,22

Fuente: Sandoval-Oliveros y Paredes López (2013).

## CAPÍTULO III

### PASTAS ALIMENTICIAS A BASE DE HARINAS COMPUESTAS DE ARROZ (*Oryza sativa*), QUINOA (*Chenopodium quinoa Willd.*) y CHÍA (*Salvia hispanica L*)

#### 3.1. Generalidades sobre Pastas Alimenticias

##### 3.1.1. Origen e historia de las pastas

El origen de las pastas es muy controversial pues algunas referencias indican distintas culturas como la italiana, china, griega y del medio oriente como los primeros artífices en la elaboración de este producto altamente consumido a nivel mundial.

Aunque tradicionalmente se ha dicho que las pastas son originarias de Italia, esta teoría queda descartada por el hallazgo en China de un bol de fideos de hace 4.000 años AC (período neolítico) que parece demostrar que la pasta se originó en ese país, según fue publicado en la revista británica "Nature", Los científicos de la academia de Ciencias de Pekín descubrieron en la región de Lajia, al noroeste del país, un pequeño bol enterrado en el barro en cuyo interior había fideos delgados y amarillos, de unos tres milímetros de espesor y 50 centímetros de extensión, tal como se muestra en la figura 36, según los expertos, los delicados fideos, fueron elaborados con mijo, y se parecen a los que tradicionalmente se hacen en la zona de La-Mian, a base de estirar la masa a mano (Diario El Mundo, 2005).



**Figura 36. Hallazgo de pasta en china con una data de 4000 años antes de cristo (período neolítico).** Fuente: <http://ferransalacasasampere.blogspot.com/2013/06/la-ruta-dels-fideus.html>

La Organización Internacional de la Pasta (IPO) refiere que cuando los griegos fundaron Nápoles adoptaron un plato que hacían los nativos y consistía en una pasta de harina de cebada y agua que luego secaban al sol y por extensión lo llamaron “makaria”. En la antigua Roma, también se encuentran reseñas de platos de pasta, que datan del siglo III antes de Cristo. De hecho, el propio Cicerón emperador Romano, habla de su pasión por el "Laganum" las “laganas”, que son tiras de pasta largas (que son pasta en forma de láminas anchas y planas, elaboradas con harina de trigo). En esa época los romanos desarrollaron instrumentos, utensilios, procedimientos o máquinas para la elaboración de la pasta de lasaña.

Posteriormente, adjudican el descubrimiento a Marco Polo en el siglo XIII, el cual la introdujo en Italia de vuelta de uno de sus viajes a China, en el año 1271 DC, tal como se afirma en el capítulo CLXXI de “Libros de Maravillas del mundo”, donde Marco Polo hace referencia sobre la pasta en China. Para otros se remonta mucho más allá, a antiguas civilizaciones etruscas, que la elaboraban mediante el machaque o trituración de diversos cereales y granos mezclados con agua, que luego cocían resultando un alimento sabroso y nutritivo, y esto se evidencia en la tumba de los relieves, situada cerca de Roma y datada en el siglo IV AC, en la cual se reproducen diferentes utensilios que se cree se usaban para dar forma y cortar la pasta, aunque esto no es totalmente concluyente (International Pasta Organisation, 2014; Toda la pasta, 2012).

Con el pasar de los siglos, la pasta siguió apareciendo en las mesas de Italia con diferentes nombres. En el año 1400 la pasta se llamaba "lasagna" y los fabricantes de pasta "lasagnare". En el 1800 cambiaron de nombre y se llamaron "vermicellai". Pero entre el 1400 y el 1800 entre "lasagne" y "vermicelli" nacieron los "fidelli", que eran hilos de pasta con forma cilíndrica. De este modo los fabricantes de pasta también se llamaron "fidellai".

Al inicio del Siglo XVII es cuando nacieron en Nápoles las primeras y rudimentarias maquinarias para su producción, y en Gragnano, a pocos kilómetros de la ciudad partenopea, se encontró el modo de secarla y conservarla gracias al clima especial que se

crea por los vientos Ponentino (seco) con el Vesubiano (cálido y húmedo), lo que permitió las condiciones para una excelente fabricación de pastas, puestas a secar en las calles. La extensión de la máquina de amasamiento y la invención de la máquina de prensar, hizo posible la producción de pasta a un precio bajo. Y así se convirtió en un alimento popular. En 1740, en la ciudad de Venecia, Paolo Adami, recibió la licencia para abrir la primera fábrica de pasta. Cien años después, en Amalfi, empezaron a usar molinos de agua y molidoras de piedra, donde la sémola era separada del salvado. Las máquinas trajeron consigo el desarrollo del mercado, competencias y exportación a través del océano (International Pasta Organisation, 2014).

En 1878, se inventó el Purificador Marsellais, nombre de su propio autor, el cual estaba destinado a mejorar la sémola, y por ende la pasta. Durante el siglo XIX, la pasta se consolidó como un ingrediente fundamental de la cocina italiana. Para 1914, el secado artificial, hacía que la pasta esté a disposición de todas las regiones de Italia. El gran desarrollo de la pasta italiana en el cambio de siglo, estuvo muy ligado a la exportación, la cual alcanzó un alto récord de 70.000 toneladas, muchas de las cuales fueron dirigidas hacia los Estados Unidos. Más tarde, países importadores comenzaron a producir máquinas para fabricar sus propias pastas, y éstas lograron conquistar el mundo. A partir de ahí, la gente comienza a referirse a este fenómeno como “La Industria de la Pasta”.

### **3.1.2. Producción y consumo mundial de pastas alimenticias**

A nivel mundial, el principal país productor de pastas alimenticias para el 2011 es Italia, seguido por Estados Unidos, según las estadísticas emitidas la International Pasta Organisation (IPO) en el Annual Survey on World Pasta Industry, para el mes de octubre de 2013, en las mismas Venezuela ocupó el octavo puesto a nivel mundial y segundo lugar latinoamericano con una producción de 341.554 toneladas (ver tabla 21). En la producción de pastas alimenticias a nivel mundial para el año 2012, demuestra que Venezuela se ubica en el octavo lugar nuevamente con un pequeño aumento en los niveles de producción de 30.961 toneladas con respecto al año anterior alcanzando las 372.515 toneladas producidas. Mientras que para el año 2013, nuestro país ocupa la posición 10 a nivel

mundial y cuarto lugar latinoamericano con una producción de 329.540 toneladas, observándose una disminución de 42.975 toneladas con respecto al año anterior.

**Tabla 21. Producción de Pastas Alimenticias en el mundo 2011, 2012 y 2013 (en Toneladas) tomando en cuenta los primeros 15 países productores.**

N°	Año 2011		Año 2012		Año 2013	
	País	Producción (Ton.)	País	Producción (Ton.)	País	Producción (Ton.)
1	Italia	3.316.728	Italia	3.326.750	Italia	3.408.499
2	Estados Unidos	2.000.000	Estados Unidos	2.000.000	Estados Unidos	2.000.000
3	Brasil	1.300.000	Brasil	1.191.847	Brasil	1.204.900
4	Rusia	1.083.000	Rusia	1.083.000	Rusia	1.083.000
5	Turquía	851.830	Turquía	1.000.000	Irán	560.000
6	Irán	560.000	Irán	560.000	Egipto	400.000
7	Egipto	400.000	Egipto	400.000	Argentina	353.895
8	<b>Venezuela</b>	<b>341.554</b>	<b>Venezuela</b>	<b>372.515</b>	México	337.000
9	Alemania	334.179	Alemania	334.179	Alemania	334.179
10	México	330.000	México	330.000	<b>Venezuela</b>	<b>329.540</b>
11	Perú	297.162	Argentina	327.293	Túnez	303.100
12	Argentina	324.437	España	254.876	Perú	278.890
13	España	252.208	Perú	250.000	España	260.288
14	Francia	241.933	Francia	233.566	Francia	241.573
15	Túnez	183.000	Túnez	183.000	Canadá	170.000

Fuente: IPO Annual Survey on World Pasta Industry (octubre 2013, octubre 2014, mayo 2016).

En cuanto al consumo de pastas alimenticias para el año 2011 (en la tabla 22), Italia ocupa el primer lugar, seguido de Venezuela con un consumo de 12,3 kilogramos de pasta por habitante. Este último valor es superior al reportado FEDEAGRO para el año 2009 donde hubo un consumo promedio alrededor de 11 kg/per/año. Para el año 2012 según el Annual Survey on World Pasta Industry de la International Pasta Organisation (IPO) emitida en mes de octubre de 2014, Venezuela se mantiene en el segundo lugar de consumo mundial incrementándose en 0,9 kg por persona con lo que alcanza el consumo de pasta alimenticia en 13,2 kg/per/año. Por lo que se considera el aumento progresivo de la demanda de este rubro alimenticio según las estadísticas de 2009 hasta 2012. Para el 2013 Venezuela baja al tercer lugar de consumidores disminuyendo el consumo en 1 2 kg/per/año.

**Tabla 22. Consumo de Pastas Alimenticias en el Mundo 2011, 2012 y 2013 (kg per capita) tomando en cuenta los primeros 15 países consumidores.**

N°	Año 2011		Año 2012		Año 2013	
	País	Consumo (kg per cápita)	País	Consumo (kg per cápita)	País	Consumo (kg per cápita)
1	Italia	26.0	Italia	26.0	Italia	25,3
2	Venezuela	12.3	Venezuela	13.2	Túnez	16.0
3	Túnez	11.9	Túnez	11.9	Venezuela	12.2
4	Grecia	10.5	Grecia	10.6	Grecia	11.5
5	Suiza	9.3	Suiza	9.2	Suiza	9.2
6	Suecia	9.0	Suecia	9.0	Estados Unidos	8.8
7	Estados Unidos	8.8	Estados Unidos	8.8	Irán	8.5
8	Irán	8.5	Irán	8.5	Chile	8.4
9	Chile	8.4	Chile	8.4	Argentina	8.3
10	Perú	8.2	Perú	8.3	Perú	8.2
11	Francia	8.1	Argentina	7,9	Francia	8.1
12	Alemania	8.1	Alemania	7,9	Alemania	8.0
13	Argentina	7.9	Francia	7.8	Rusia	8.0
14	Rusia	7.8	Rusia	7.8	Uruguay	7.5
15	Hungría	7.5	Hungría	7.5	Croacia	7.5

Fuente: IPO Annual Survey on World Pasta Industry (octubre 2013, octubre 2014, mayo 2016).

### 3.1.3. Definición de pastas alimenticias

Según la Norma Venezolana COVENIN 283:1994 las pastas alimenticias se consideran como el producto obtenido mediante el secado apropiado de las figuras formadas por la trefilación o laminación y prensado de la masa preparada con sémola de trigo, harina de trigo o mezcla de ambas, agua potable y con la adición o no de algunos ingredientes, tales como huevo de gallina, vegetales frescos, congelados o deshidratados, harina integral de trigo, gluten, soya u otra fuente proteínica, cereales diferentes al trigo, colorantes naturales y en algunos casos pueden contener un relleno.

Camarero (2006) define a las pastas alimenticias como el producto elaborado por desecación de una masa no fermentada, confeccionada con harinas, sémolas finas o semolinas, procedentes del trigo duro (recio), candeal o sus mezclas más agua, y a veces pueden contener huevo. La pasta puede ser fresca o seca y cualquiera que sea su tipo, presenta numerosas formas clasificadas básicamente en largas, cortas y para sopa.

López Barreras (2007) por su parte sugiere que las pastas alimenticias constituyen productos obtenidos por desecación de una masa no fermentada, elaborada con sémola o harina de trigo duro, semiduro o blando, o mezcla, en combinación con agua.

La Norma Técnica Salvadoreña (2009) especifica que las pastas alimenticias son productos obtenidos por deshidratación de porciones en formas variadas de masa preparada con: semolina de trigo duro o durum, semolina de trigo no duro o no durum, harina de trigo duro o durum, harina de trigo no duro o de trigo no durum, maíz, arroz, o cualquier otro cereal diferente al trigo, soya o la combinación de las mismas, con agua y con o sin uno o más de los ingredientes opcionales (NSO 67.03.03:2009)

Según Haraldsson (2010) la pasta está hecha de una masa compuesta por agua y harina de trigo duro, a menudo de sémola. La sémola se obtiene moliendo el endospermo (albumen farináceo) del trigo duro. Este tipo de trigo se utiliza en la fabricación de la pasta, debido a su alto contenido de proteína y la luteína pigmento carotenoide que da el color amarillo a la pasta. La mayor parte del contenido de proteína es el gluten y este se considera que es el factor más importante en la calidad de la pasta. El gluten es una mezcla de gliadina y glutenina y estas proteínas son responsables de la capacidad de elasticidad y masticabilidad o lo que se conoce como textura al dente de la pasta.

#### **3.1.4. Clasificación de las pastas alimenticias**

Las pastas se pueden clasificar por su método de elaboración, por la forma de presentación y según su composición.

**a. Según el método de fabricación:** Se pueden distinguir dos tipos de pasta: fresca y seca. Las características de cada una de ellas son las siguientes:

- ✓ **Pasta fresca:** Este tipo de pasta se elabora con trigo blando y huevos frescos y es muy fácil de confeccionar en casa. Su tasa de hidratación o contenido de humedad está en torno al 30% lo que la hace más ligera y que requiera menos tiempo de cocción que las pastas secas. Se pueden elaborar muchas variedades de pastas frescas

caseras, algunas de ellas rellenas. Además se pueden adicionar otros ingredientes como verduras para hacer variedades enriquecidas de diversos colores. Las pastas frescas son de consumo inmediato, a menos que se conserven adecuadamente bajo refrigeración (López Barreras, 2007; Toda la pasta, 2012).

✓ **Pasta seca:** Es la más habitual en los supermercados y la que mayor tiempo de conservación o vida útil posee. Se elabora fundamentalmente con harina de trigo duro y agua. En algunos países se le puede añadir huevo pero en Italia está prohibido por ley. Este tipo de pasta suele elaborarse industrialmente por la variedad de formas de presentación y porque la sémola de trigo es muy difícil de amasar a mano (Toda la pasta, 2012).

Como características genéricas la pasta seca contiene un 12 a 12,5% de humedad, al partirse debe producirse un sonido seco y debe mostrar una sección sin polvos secos o harinosa y al observarse a contra luz debe tener un color homogéneo (con ausencias de puntos negros, manchas blancas, burbujas de aire, grietas). Al aplicar la cocción la pasta debe permanecer firme y elástica, y esto prueba que el gluten es de buena calidad pues éste produce una red alrededor del almidón que le brinda estas características, caso contrario sale de la pasta dando un aspecto gomoso. También se debe tener en cuenta que durante la cocción la pasta absorbe agua aumentando de peso y volumen hasta dos o tres veces, lo que limita las pérdidas en el agua de cocción ([www.degustare.com.ar](http://www.degustare.com.ar)).

**b. Según su composición:** COVENIN en la norma 283:1994 para pastas alimenticias indica la siguiente clasificación de las mismas según la materia prima que la compone, a continuación se enumeran:

- ✓ Pastas alimenticias simples.
- ✓ Pastas alimenticias de sémola durum
- ✓ Pastas alimenticias de sémola
- ✓ Pastas alimenticias de sémola durum y sémola

- ✓ Pastas alimenticias de harina de trigo
- ✓ Pastas alimenticias de sémola durum y harina de trigo
- ✓ Pastas alimenticias de sémola y harina de trigo
- ✓ Pastas alimenticias al huevo
- ✓ Pastas alimenticias con vegetales
- ✓ Pastas alimenticias con maíz, arroz u otros cereales.

Aunque en esta norma no se considera es importante mencionar el auge a nivel de investigación de pastas elaboradas con harinas no convencionales (batata, papa y granos leguminosos) con el objetivo de que las mismas sean libres de gluten y en otros casos se persigue la fortificación proteica de las mismas. También se han reportado la elaboración de pastas con niveles disminuidos de proteínas y elevados valores energéticos donde se sustituye la harina por almidón.

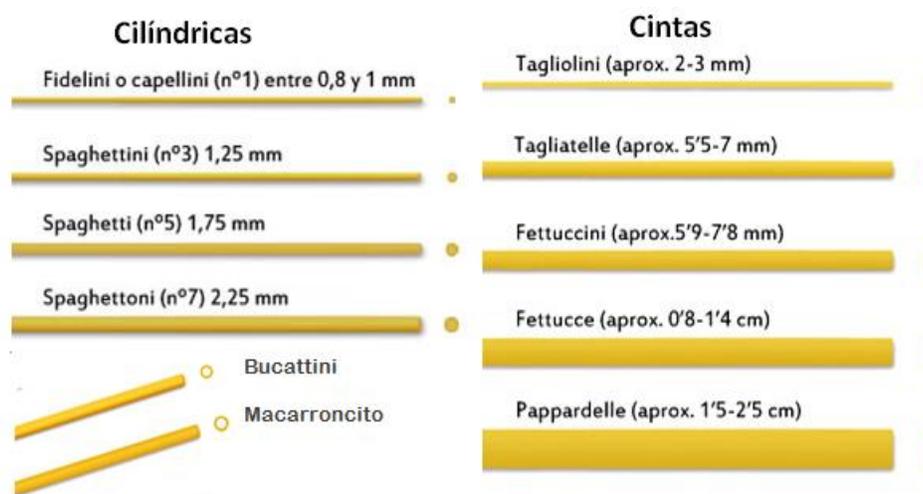
**c. Según su forma:** Las pastas también se pueden clasificar de acuerdo a la forma de la misma. Actualmente existe una diversa variedad de formas de pastas creadas para satisfacer y captar un mayor número de consumidores, entre las cuales se cuenta: pastas largas, cortas, nidos y especialidades.

✓ **Pastas alimenticias largas:** Son aquellas que coinciden en presentarse como hilos más o menos gruesos o cintas largas y estrechas. Estas pastas las podemos encontrar tanto simples como compuestas, entre ellas podemos distinguir las que presentan sección cilíndrica tanto maciza como hueca y también las que son planas o en forma de cintas. Pueden presentarse frescas aunque mayoritariamente se comercializan secas. Se hace referencia a que este tipo de pasta tiene una longitud entre 200 a 500 mm, a este respecto la Norma Venezolana COVENIN 283:1994 indica longitudes específicas de 26 ó 52 cm  $\pm$  1 cm. Las pastas largas pueden tener formas rectas o enrolladas. Dentro de esta clasificación se encuentran los espaguetis, tallarines, vermicelli, entre otros, tal como se muestra en la tabla 23 y se visualiza en la figura n°37 (Sedano Rodríguez, 1998; Delgado Millán, 2010).

**Tabla 23. Tipos de pastas alimenticias largas**

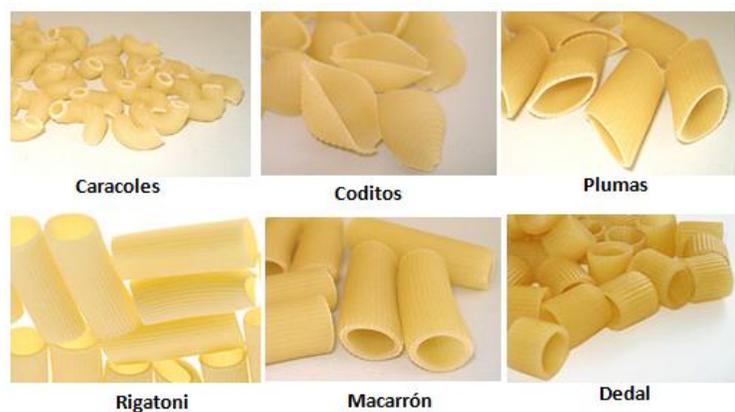
Denominación	Diámetro (mm)	Forma
Vermicelli (fino)	De 1,0 a 1,5	Cilíndrica maciza
Espaguetini (mediano)	De 1,6 a 2,0	Cilíndrica maciza
Espagueti (grueso)	Mayor de 2,0	Cilíndrica maciza
Bucatini	De 2,5 a 4,0	Cilíndrica hueca
Macarroncito	De 4,1 a 6,0	Cilíndrica hueca
Macarrón	De 6,1 a 8,0	Cilíndrica hueca
Linguini	---	Plana maciza
Tallarín	---	Plana maciza
Lasagna	Sección rectangular 0,6x25mm	Plana maciza

Fuente: COVENIN 283:1994; Toda la pasta (2012).



**Figura 37. Formatos de pastas alimenticias largas.** Fuente: Toda la pasta (2012).

✓ **Pastas alimenticias cortas:** La Norma Venezolana COVENIN 283:1994 la define como el tipo de pasta alimenticia que presenta dimensiones variables y de las figuras formadas generalmente deriva su nombre. Son conocidas con esta denominación aquellas pastas cuyo tamaño y formato permite un fácil manejo con tenedor pues no es necesario enrollarlas ni partirlas. Este tipo de pasta tiene una longitud entre 20 y 40 mm. El grupo que compone este tipo de pastas, pueden presentar superficies lisas o arrugadas. Entre estas se incluyen los codos, caracoles, tornillos, y otros representantes tal como se exhibe en la figura 38 y la tabla 24 y (Sedano Rodríguez, 1998; Delgado Millán, 2010).



**Figura 38. Formatos de pastas alimenticias cortas.** Fuente: <http://www.fideosaurora.com>

**Tabla 24. Tipos de pastas alimenticias cortas**

Denominación	Forma
<b>Codos</b>	Con forma tubular y semicircular
<b>Plumas o penne</b>	Tubulares cuyos extremos van cortados al bias, en forma de pluma. Los hay lisos y acanalados. El diámetro de su sección es de alrededor de 8,0 mm, el largo medio es de 39 mm, espesor entre 1,22 y 1,28 mm. La versión pequeña presenta un diámetro de 5 mm, largo de 31,5 mm. y el espesor entre 1,13 y 1,23 mm
<b>Rigatoni</b>	Pasta tubular con estrías paralelas, levemente curva tienen un diámetro de 16 mm y largo promedio de 45 mm., con un espesor entre 1,11 y 1,18 mm
<b>Macarrón</b>	Tubo estrecho, ligeramente curvo o recto. Tienen un diámetro de alrededor de 11,5 mm y largo promedio de 55 mm. Espesor entre 1,05 y 1,12 mm.
<b>Caracoles o conchas</b>	En alusión a sus formas curvas como las de un caracol. El formato grande tiene 39 mm de largo. Y un espesor entre 1,15 y 1,40 mm, mientras que el pequeño tiene unos 8 mm de largo
<b>Dedales</b>	pasta tubular muy corta, empleada para el minestrone
<b>Tornillos</b>	Hélice, forma de pajarita o tornillo de Arquímedes
<b>Lacitos o farfalle</b>	Con forma de mariposa o lacitos de bordes dentados. Pueden llegar hasta los 41 mm de largo y su espesor varía entre 1,33 y 1,38 mm

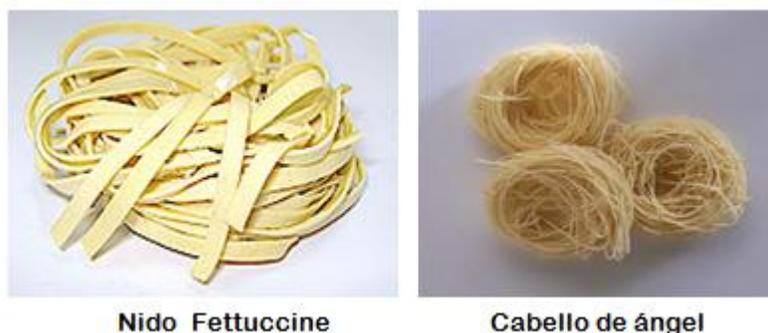
Fuente: Fideos Aurora. <http://www.fideosaurora.com>

- ✓ **Pastas enroscadas o nidos:** Las pastas que se conocen con el nombre de nidos, son aquellas propias de las sopas, son pastas finas que se encuentran plegadas sobre sí formando “nidos”. Sus características se describen en la tabla 25 y en la figura 39.

**Tabla 25. Tipos de pastas alimenticias enroscadas o en forma de nidos**

<b>Denominación</b>	<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Forma</b>
Cabello de ángel	Hasta 0,9	Cilíndrica maciza
Fideo fino	1,0 a 1,5	Cilíndrica maciza
Fideo mediano	1,6 a 2,0	Cilíndrica maciza
Fideo grueso	Mayor de 2,0	Cilíndrica maciza
Cinta delgada	Ancho hasta 5,0	Plana maciza
Cinta mediana	Ancho de 6,0 a 10 mm	Plana maciza
Cinta ancha	Ancho mayor a 10	Plana maciza

Fuente: COVENIN 283:1994.



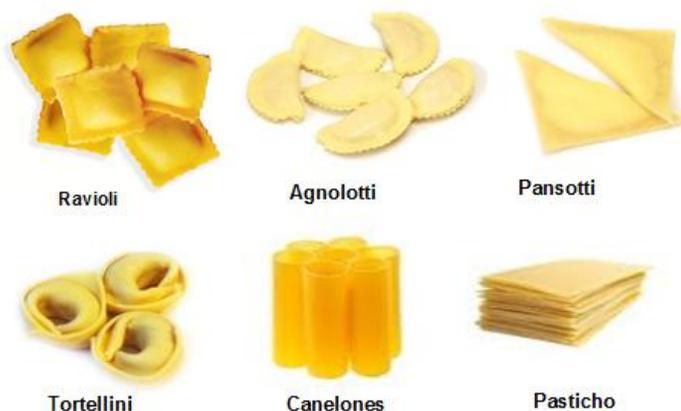
**Figura 39. Formatos de pastas tipo nido o enrolladas.** Fuente: <http://www.tiposdepasta.org/cotidianos/458-tipos-de-pastas.com>

✓ **Pastas Especialidades:** En esta categoría se encuentran pastas que varían en colores pues ciertas verduras las pigmentan como las de espinaca, tomate o remolacha; otras tienen formas novedosas, otras pueden ser rellenas y también hay pastas en forma de láminas y lonchas las cuales son usadas para preparar canelones, lasañas y pasticho, tabla 26 y figura 40 (Delgado Millán, 2010).

**Tabla 26. Tipos de pastas alimenticias especiales**

<b>Denominación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Forma</b>
<b>Raviolis</b>	Rellena	Forma de paquetito cuadrado
<b>Agnolotti</b>		Raviolis con borde redondeado
<b>Tortellini</b>	Rellena	Forma de rollito anudado, relleno de carne, queso parmesano u otros ingredientes
<b>Tortelloni</b>	Rellena	Similares a los tortellini pero más grandes y rellenos con requesón y espinaca
<b>Panzerotti</b>	Rellena	Forma de media luna, rellenos con queso, jamón y otros ingredientes
<b>Cappelletti</b>	Rellena	Pasta rellena en forma de pequeño sombrero
<b>Canelones</b>	Para rellenar	Tubos de pasta grueso
<b>Pasticho</b>	Para rellenar	Láminas largas de pasta rectangulares con las que se prepara un plato el cual consiste en intercalar capas de carne o vegetales, salsa y queso que se gratinan en el horno

Fuente: <http://es.Wikipedia.org/pastas rellenas>



**Figura 40. Formatos de pastas alimenticias denominadas especialidades.** Fuente: <http://tusrecetasya.com.ar>, <http://reposteriaitaliana.wordpress.com>

### 3.1.5. Composición química de las pastas alimenticias.

En la tabla 27, se muestran los requisitos químicos establecidos en la norma COVENIN 283:1994 para pastas alimenticias en su segunda revisión. En la misma se describen los valores de humedad, cenizas, proteínas y acidez de pastas de distintas materias primas.

**Tabla 27. Requisitos químicos de las pastas alimenticias a partir de distintas materias primas.**

Características	Humedad (% Max)	Cenizas <sup>1</sup> (% min)	Proteínas <sup>1</sup> (% Max)	Acidez <sup>2</sup>
<b>TIPOS DE PASTAS</b>	COVENIN 1553	COVENIN 1783	COVENIN 1195	COVENIN 1787
Sémola Durum de trigo	13,5	1,00	12,80	0,08
Sémola de trigo	13,5	0,50	10,50	0,08
Sémola Durum y sémola	13,5	0,95	10,70	0,08
Harina de trigo	13,5	0,85	10,50	0,11
Sémola Durum y Harina de trigo	13,5	0,98	10,70	0,11
Sémola y Harina de trigo	13,5	0,83	10,50	0,11
Al huevo	13,5	1,20	12,50	0,08
Con vegetales	13,5	1,50	10,00	0,08
Con harina integral de trigo	13,5	2,00	10,50	0,15
Con gluten, soya y otras fuentes de proteínas	13,5	1,10	18,00	0,08
Maíz, arroz u otro cereal diferente al trigo	13,5	--	10,50	10,5
Rellena	13,5	2,66	12,0	0,12

Fuente: COVENIN 283:1994. Leyenda: % en base seca<sup>1</sup>. % como ácido sulfúrico<sup>2</sup>.

El contenido de proteína de las pastas de trigo varía entre 10 y 13%, dependiendo de las características de la sémola utilizada. Al utilizar fuentes proteicas como gluten aislado y harina de leguminosas (soya) se eleva el contenido de proteína hasta un 18%, mientras que en las procedentes de harinas de cereales diferentes al trigo se reduce el valor proteico obteniéndose valores inferiores al 11%.

El contenido de vitaminas y minerales es reducido en las pastas en general dependiendo del grado de procesamiento del cereal usado, por aplicación de pulido y debido al proceso de molienda y refinación, se pierden parte de los nutrientes que se encuentran en sus cubiertas florales. Por lo que se suele enriquecer las pastas. Los valores promedios de vitaminas y minerales a agregar, son de 1,5 mg/kg de tiamina, 2 mg/kg riboflavina, 20 mg/kg de hierro y niacina (COVENIN 283:1994).

### **3.2. Harinas compuestas de cereales libres de gluten.**

El término de harinas compuestas fue creado en 1964 por la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando se reconoció la necesidad de buscar una solución para los países que no producen trigo. Estas harinas se pueden clasificar en dos tipos; una conocida como harina de trigo diluida, en la cual la harina de trigo se sustituye hasta en un 40% pudiendo contener otros componentes (proteínas suplementarias). La otra representada por harinas que no contienen trigo y están preparadas por harinas de otros cereales y/o tubérculos (Elías, 1996).

Las harinas compuestas se han utilizado como alternativas para elaborar pastas diferentes a las 100% trigo, lo que permite el enriquecimiento con proteínas, vitaminas y minerales de las mismas. Las pastas compuestas se elaboran a partir de harina de arroz, maíz, sorgo, amaranto, yuca, entre otras; soliendo utilizar aditivos que permiten la manipulación y formación de las pastas.

Las pastas preparadas con harinas compuestas, exhiben características similares a las pastas 100% trigo. Las variaciones que puedan presentarse entre ambos estilos de pastas, en cuanto a valor nutricional, características de cocción y propiedades sensoriales, están directamente afectadas por la calidad de la materia prima utilizada, el método de elaboración, las condiciones de cocción y forma de consumo (Pérez, 2011).

### **3.3. Pastas alimenticias libres de gluten**

Molina-Rosell (2013) señala que la producción de pastas alimenticias tradicionales se basa en la preparación de una masa obtenida al mezclar la harina de trigo duro (semolina) con agua y posteriormente la extrusión de la misma para obtener la forma y dimensión de la pasta deseada. Mientras que en la pasta libre de gluten la ausencia de éste se puede contrarrestar con la mezcla de almidón pregelatinizado y harina de maíz sin pregelatinizar antes de adicionar el agua, o bien pregelatinizando parte del almidón

durante el mezclado o la extrusión. Otra alternativa ha sido la utilización de altas o ultra altas temperaturas durante el proceso de secado de la pasta para desnaturalizar las proteínas y mantener la integridad de la pasta durante la cocción.

A continuación se detallan ejemplos de pastas libres de gluten basadas en arroz y pseudocereales:

**Pastas o fideos a base de arroz:** El término fideos asiáticos o fideos orientales se utiliza ampliamente para describir a la mayoría de los productos de pastificio elaborados a partir de trigo común, arroz, harina de arroz, almidón u otros materiales que constituyen los principales ingredientes estructurales producidos en el este, sureste y los países del pacífico asiático (Lu y Nip, 2005).

Kim y colaboradores (2006) define a estos fideos como tiras o hebras cortadas de una lámina de masa a base de harina, agua y sal común o de la mezcla de sales alcalinas. Y constituyen uno de los principales alimentos básicos que se consumen en el este y sureste de Asia, lo que representa un 40% del consumo total de la harina. Estos investigadores indican que algunos fideos al estilo asiático son a base de trigo, muchos otros están hechos de ingredientes como la harina de arroz, harina de papa, harina de trigo, harina de maíz y frijol, ñame o la harina de soja. Los fideos asiáticos se pueden clasificar tomando en cuenta diferentes parámetros tales como el tipo de materias primas utilizadas en su fabricación, el método de fabricación utilizado, la forma del producto en el mercado y el tamaño de las hebras de los fideos (Virtucio, 2003).

Cabe destacar que, las pastas italianas son las que han tenido más repercusión en occidente y en América mientras que las pastas asiáticas se diferencian de las italianas principalmente por los ingredientes y más concretamente por la harina empleada (Martín Artacho y col., 2007).

Se produce y consume más comúnmente en el sudeste asiático. El arroz es el ingrediente principal sin embargo, no todos los tipos o variedades de arroz dará un producto de buena calidad, se prefiere el arroz con un contenido de amilosa bastante alto. En

Filipinas, se añade al arroz almidón de maíz para la producción de este fideo. El proceso para fabricar este tipo de fideos difiere de la de los fideos a base de trigo. Principalmente, la extrusión de la masa húmeda en lugar de láminas se utiliza durante el procesamiento. Los fideos extruidos entonces son totalmente cocidos al vapor por aproximadamente 60 hasta 120 minutos. Después de la cocción, se deja enfriar a temperatura ambiente. El proceso de enfriamiento es lento y la retrogradación del almidón produce un tallarín con pérdidas de cocción muy bajas. Después de enfriar los fideos se enjuagan con agua y luego se dobla en porciones; luego se seca a aproximadamente 11% de humedad. Se pueden servir en la sopa caliente o remojar en agua caliente y luego saltearlos con carne, gambas y verduras (Virtucio, 2003).

**Pastas o fideos a base de pseudocereales:** Molina-Rosell (2013) manifiesta que se ha utilizado pseudo-cereales en la formulación de pastas libres de gluten, como por ejemplo la combinación de trigo sarraceno, amaranto y quinoa en presencia de albumina de huevo, emulgentes y enzimas que permiten obtener pasta, tipo *noodles o fideos*, con adecuadas características de calidad. De estas materias primas el trigo sarraceno es el que origina los fideos de mejor calidad, con una adecuada firmeza.

También se reporta que se han utilizado mezclas de harina de maíz y quinoa, en una proporción 80:20 para la obtención de espaguetis libres de gluten. El tamaño de partícula de las harinas estaba en el rango entre 191 y 492  $\mu\text{m}$ . Las harinas fueron mezcladas y homogenizadas, se hidrataron hasta una humedad final de 28% y se premezclaron en un mezclador planetario Brabender P-600. El proceso de extrusión/cocción se realizó a 100°C en un extrusor monotornillo Brabender 10 DN (Alemania) equipado con tornillo de geometría simple y relación de compresión 3:1. Su velocidad se fijó en 60 rpm y en el extremo de salida se colocó una boquilla de bronce con tres orificios de 1,5 mm de diámetro. Como resultado se obtuvo fideos mejorados nutricionalmente presentando un incremento significativo de macro y micronutrientes, respecto a la harina de maíz pura utilizada como control. Una porción de estos fideos aporta entre 10-20% del valor diario recomendado de fibra dietaria (Giménez y col., 2013).

## CAPÍTULO IV

### OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este capítulo hace referencia a los objetivos planteados en esta investigación, la metodología aplicada para la obtención de las harinas crudas y/o pregelatinizadas de arroz (*Oryza sativa*), quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y chía (*Salvia hispanica L*); así como la formulación de las harinas compuestas para la elaboración de pastas cortas; igualmente señala los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales que se aplicaron tanto a materias prima como a productos terminados.

#### 4.1. Objetivo General

Desarrollar y evaluar fórmulas de pastas alimenticias a base de la mezcla de harina de arroz (*Oryza sativa*), quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) y chía (*Salvia hispanica L*) destinadas a regímenes alimenticios sin gluten.

#### 4.2 Objetivos Específicos

- 1.1. Caracterizar físicamente los granos y semillas de arroz, quinoa y chía.
- 1.2. Elaborar harina de arroz y de chía en estado crudo por molienda simple.
- 1.3. Obtener harinas pregelatinizadas de arroz y de quinoa mediante la tecnología de secador de doble tambor giratorio.
- 1.4. Desarrollar pastas alimenticias cortas tipo macarroni extruidas en frío (a temperatura ambiente) a base arroz y de harinas compuestas por arroz, quinoa y chía.
- 1.5. Determinar y las características físicas de las harinas y pastas elaboradas:  $A_w$ , peso específico (densidad aparente), pH, color y textura (en pastas secas y cocidas).
- 1.6. Evaluar la composición proximal, fibra dietaria total, carbohidratos disponibles y acidez de las harinas y los productos de pastificio obtenidos.
- 1.7. Valorar energética o calóricamente los productos de pastificio obtenidos.

- 1.8. Cuantificar el contenido de minerales y metales pesados por espectroscopia de plasma inducido (ICP) en las muestra de harinas y en las pastas formuladas.
- 1.9. Realizar el perfil de ácidos grasos y aminoácidos de las pastas elaboradas.
- 1.10. Evaluar microbiológicamente las pastas formuladas (aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras, *E. coli*, *S. aureus*, *Salmonella spp.*).
- 1.11. Valorar la calidad de cocción o culinaria de las pastas desarrolladas: tiempo de cocción, pérdidas o liberación de almidón por cocción, ganancia de peso.
- 1.12. Analizar sensorialmente la preferencia de las pastas formuladas.

### **4.3. Proceso de Elaboración de Harinas y Pastas Alimenticias**

#### **4.3.1. Caracterización física de los granos y semillas de arroz, quinoa y chíá.**

En esta investigación se empleó arroz paddy SD20A donado por la Fundación para la investigación agrícola DANAC (Yaracuy, Venezuela). Cabe resaltar que el origen del cultivar SD20A (PCT-16\0\0\0>104-M-5-M) fue derivado genealógicamente a partir de una planta seleccionada en la población PCT-16 (Figura 41), proveniente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. Ingresando en ensayos regionales uniformes (ERU) durante el ciclo 2003-2004, del cual se realizaron siete ciclos de selección de plantas individuales para el desarrollo del cultivar.



**Figura 41. Plantas de arroz del cultivar SD20A.** Fuente: Fundación DANAC

Para este estudio se tomó como muestra, granos del cultivar SD20A provenientes de la parcela 13B, cuyo ciclo para cosecha osciló entre 110 a 115 días, y el número promedio granos/panícula fue de 138. Otro dato importante a considerar es su calidad culinaria la cual refleja un contenido de amilosa en el grano de 23 a 24%, y su perfil sensorial corresponde a un arroz suelto luego de la cocción.

Las características físicas más resaltantes del grano de arroz de esta variedad se detallan en la tabla 28.

**Tabla 28. Características físicas del grano de arroz cultivar SD20A**

<b>Características del grano</b>	<b>Medida</b>
Longitud promedio de la semilla (mm)	10
Ancho promedio de la semilla (mm)	2,4
Espesor promedio de la semilla (mm)	2
Peso promedio de mil semillas (g)	29
Longitud promedio del grano pulido (mm)	7,36
Ancho promedio del grano pulido (mm)	2,06
Espesor promedio del grano pulido (mm)	1,9
Peso promedio de mil granos pulidos (g)	21

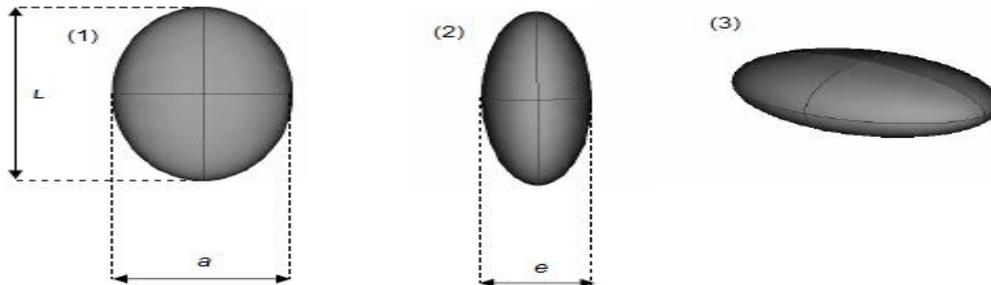
Fuente: Datos propios Fundación DANAC (APROSCELLO, 2010).

Otras materias primas empleadas fueron los granos o semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y chía (*Salvia hispanica L*) las cuales fueron obtenidas directamente desde un proveedor conociendo que ambas son originarias de Bolivia.

En virtud de que estos granos y semillas son pocos conocidos en nuestro país se consideró determinar sus características físicas dimensionales y gravimétricas, las cuales se describen a continuación:

**4.3.1.1. Tamaño de las semillas:** Para la determinación del tamaño de las semillas se aplicó la metodología propuesta por Ixtaina (2010) midiendo las dimensiones características: largo ( $L$ ), ancho ( $a$ ) y espesor ( $e$ ), según se muestra en la Figura 42. Se

empleó para ello un tornillo micrométrico Mitutoyo calibrado de apreciación 0,01mm y se realizó la medición de 25 semillas seleccionadas al azar.



**Figura 42. Dimensiones características de la semilla: largo y ancho en vista frontal <sup>(1)</sup>, espesor en vista del perfil <sup>(2)</sup> y geometría tridimensional <sup>(3)</sup>.** Fuente: Ixtaina 2010.

**4.3.1.2. Forma de las semillas:** Para determinar la forma de las semillas, se calculó la *relación de aspecto* (R) según la fórmula descrita por Maduako y Faborode (1990), tomando en cuenta las dimensiones de longitud (L) y ancho (a) de las semillas. Un valor de relación de aspecto igual o superior a 70% indica tendencia a forma esférica.

$$R=(a/L) \times 100$$

Adicionalmente se obtuvo el valor del *diámetro geométrico* (Dg) calculado a través de la ecuación definida por Mohsenin (1986), en la cual se emplean las tres dimensiones características como son largo (L), ancho (a) y espesor (e) de cada semilla medida individualmente.

$$Dg= (L.a.e)^{1/3}$$

También se determinó el *área superficial específica* (S), que se refiere al área superficial de la semilla por unidad de volumen de las mismas, tomando en cuenta el diámetro geométrico (Dg). Para ello se aplicó la ecuación de McCabe y Colaboradores (1986).

$$S = \pi Dg^2$$

Al grano de quinoa se le aplicó una fórmula de *área superficial específica ajustada* ( $S_{aj}$ ) propuesta por Jain y Ball (1997) y Arapa-Carcasi y Padrón-Pereira (2014), pues la superficie del grano no es completamente esférica pues su espesor es aplanado y considera las medidas de largo (L), ancho (a) y espesor (e).

$$S_{ajus} = \frac{\pi \cdot B \cdot L^2}{2 \cdot L - B}$$

Donde:

$$B = \left( \frac{a \cdot e}{2} \right)^{1/2}$$

Otra característica dimensional medida fue la *esfericidad* ( $\Phi$ ) usando la fórmula indicada por Mohsenin (1986) y Olaide y Ade-Omowaye (1999), quienes toman en cuenta el diámetro geométrico (Dg) y el largo (L). Valores superiores a 0,70 indican esfericidad del grano o semilla.

$$\Phi = \frac{Dg}{L}$$

En el caso del grano de la quinoa, se empleó una ecuación ajustada para la *esfericidad* ( $\Phi$ ) sugerida por Jain y Ball (1997), pues la superficie del grano es circular pero el espesor no evidencia esfericidad sino que es aplanado.

$$\Phi = \left[ \frac{B \cdot L - B}{L} \right]^{1/3}$$

Donde:

$$B = \left( \frac{a \cdot e}{2} \right)^{1/2}$$

En cuanto a las características físicas gravimétricas de los granos y semillas, se consideró lo siguiente:

**4.3.1.3. Peso de las semillas:** Las semillas y/o granos se pesaron en una balanza analítica con precisión 0,0001 g, de dos formas, primero individualmente y posteriormente en grupo de 100 unidades seleccionadas al azar.

**4.3.1.4. Densidad real y aparente de las semillas:** La densidad real ( $\rho_{real}$ ) de las semillas se midió por picnometría, utilizando como líquido de referencia y para evitar que este fuera adsorbido por las semillas como ocurriría si se empleara agua. Para este análisis se pesó el picnómetro lleno con tolueno (enrasado y seco) midiéndose la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) del mismo. Luego se pesaron aproximadamente 100 semillas para el caso de la quinoa y la chíá; y 10 granos para el arroz descasacarado empleando una balanza digital calibrada con precisión 0,0001g, éstos se colocaron en el picnómetro ( $25 \pm 0,1$  mL) lleno de solvente. Posteriormente, se enrasó y secó el picnómetro, pesándolo nuevamente. El volumen de los granos fue equivalente al volumen de tolueno desplazado, el cual se calculó a partir de la densidad del solvente a la temperatura medida. La densidad real de los granos se calculó aplicando la fórmula propuesta por Yalcin y col. (2007).

$$\rho_{real} = \frac{P_m - P_v}{P_l - P_v} \times \rho_l$$

Donde:

$P_m$ : masa del picnómetro más muestra

$P_v$ : masa del picnómetro vacío

$P_l$ : masa del picnómetro más tolueno

$P_{ml}$ : masa del picnómetro más muestra y tolueno

$\rho_l$ : densidad del tolueno

La densidad aparente ( $\rho$  aparente) se calculó mediante la relación entre la masa de las semillas (g) y el volumen de la medida de capacidad (10 cm<sup>3</sup>). Tanto las mediciones de densidad real y aparente se realizaron por triplicado (Vilche y col., 2003; Cervilla y col., 2012).

$$\rho \text{ aparente} = \frac{\text{masa (g)}}{\text{volumen (ml)}}$$

Una vez caracterizadas físicamente cada una de las materias primas se procedió a obtener las harinas respectivas a partir de las mismas.

#### 4.3.2. Elaboración de harinas crudas y pregelatinizadas.

Para la obtención de las distintas harinas se describen a continuación los procesos que se siguieron dependiendo de la materia prima:

##### 4.3.2.1. Harina cruda de arroz (HCA)

Para el procesamiento de harina de arroz cruda (Figura 43) se emplearon de 9 Kg de arroz paddy SD20A, el cual fue sometido a descascarado en un equipo RIMAC modelo MTH-35A Rice Machinery Suply Corp., a partir de este proceso se obtuvo un rendimiento, en la tabla 29, de 6,94 Kg de grano descascarado y 1,65 Kg de cascarilla y 0,40 Kg de arroz cáscara residual que resistió el paso por el descascarillador, se asume como pérdidas o residuos de proceso.

**Tabla 29. Rendimiento del proceso de descascarado de arroz paddy SD20A**

Cantidad de Arroz paddy SD20A	Rendimiento (Arroz descascarado)	Residuo 1 (Cascarilla)	% Residuo 2 (Arroz paddy)
9 Kg	6,94 Kg (77,10 %)	1,65 Kg (18,34%)	0,40 Kg (4,41 %)



**Figura 43. Proceso ilustrado para la elaboración de harina cruda de arroz SD20A**

Al grano integral de arroz (sólo descascarado sin pulir) se le aplicó una molienda en el molino de martillo FORPLEX con malla de corona de 0,5 mm, para obtener la harina, cuyo rendimiento fue de 5,99 Kg a partir de 6,5 Kg, en la tabla 30. Finalmente, la misma se dividió en dos muestras de 3 kg, una se tomó para elaborar la harina pregelatinizada y la otra para su uso posterior como materia intermedia para la elaboración de las pasta, ambas se almacenaron en recipientes de plástico previamente esterilizado. Adicionalmente se subdividió una muestra analítica en bolsas de cierre tipos ziploc para los análisis físico-químicos requeridos.

**Tabla 30. Rendimiento del proceso de molienda de arroz descascarado SD20A**

Cantidad de Arroz descascarado SD20A	Rendimiento de harina	Pérdidas en equipo
6,5 Kg	5,99 Kg (92,15 %)	0,51 Kg (7,85%)

#### 4.3.2.2 Harina pregelatinizada de arroz (HPA)

Para obtener la harina pregelatinizada de arroz se hidrató harina cruda de arroz SD20A con agua potable filtrada en una relación 1 parte de arroz y 3 partes de agua, hasta

formar una pasta altamente viscosa y luego se sometió a deshidratación mediante un secador de doble tambor giratorio (Drum dryer) Marca ARMFIELD modelo FT-32. En el proceso de secado se controlaron variables como: presión de vapor en 2 Bar para el control de la temperatura de la superficie de los tambores y el tiempo de giro de tambores se ajustó a 8 rpm, a fin de conseguir la gelatinización de los almidones. Una vez frío, al arroz laminado se aplicó la molienda en el molino de martillos Forplex con malla de corona de 0,5 mm, para obtener la harina, cuyo rendimiento es de 2,12 Kg a partir de 3 Kg de harina cruda y se considera una pérdida de material en los equipos de secado y molienda de 0,88 Kg, tal como se visualiza en la tabla 31. Finalmente, la harina pregelatinizada obtenida se almacenó en recipientes de plástico previamente esterilizados para su uso posterior como materia intermedia para la elaboración de las pastas y se retiró una submuestra en de bolsas tipos ziploc para los análisis físico-químicos requeridos.

**Tabla 31. Rendimiento del proceso de secado/molienda de arroz laminado SD20A**

<b>Cantidad de Arroz laminado SD20A</b>	<b>Rendimiento de harina</b>	<b>Pérdidas en equipo</b>
3 Kg	2,12 Kg (92,22 %)	0,52 Kg (7,88%)

En la figura 44, se muestra fotográficamente el proceso para la obtención de la harina pregelatinizada de arroz SD20A.



**Figura 44. Proceso ilustrado para la elaboración de harina pregelatinizada de arroz SD20A**

#### 4.3.2.3 Harina pregelatinizada de quinoa (HPQ)

En el caso de la harina pregelatinizada de quinoa (Figura 45), los granos se sometieron a desaponificación o eliminación de saponinas por remojo en agua potable, en proporción 1:10, por un período de 6 horas con tres cambios de agua cada 2 horas para la remoción de remanentes de espuma, luego se enjuagaron con agua potable, se escurrieron y posteriormente se laminaron en el secador de rodillo giratorio ARMFIELD FT-32, siguiendo las condiciones de 2,5 Bar de presión de vapor para el calentamiento de la

superficie de los tambores giratorios, y la velocidad de giro de los mismos se fijó en 8 rpm. Al enfriarse el material laminado se llevó al molino de martillo FORPLEX con el fin de reducir los granos laminados y pregelatinizados en harina fina. El proceso de secado y molienda arrojó un rendimiento de 1,82 Kg de harina pregelatinizada a partir de 2,5 Kg de granos de quinoa, tal como se muestra en la tabla 32. Finalmente, la harina se almacenó en recipiente de plástico esterilizado hasta su uso posterior.



**Figura 45. Proceso ilustrado para la elaboración de harina pregelatinizada de quinoa.**

**Tabla 32. Rendimiento del proceso de secado/molienda de quinoa**

Cantidad de quinoa	Rendimiento de harina	Pérdidas en equipo
2,5 Kg	1,82 Kg (72,8 %)	0,68 Kg (27,2%)

#### 4.3.2.4 Harina cruda de chía (HCC)

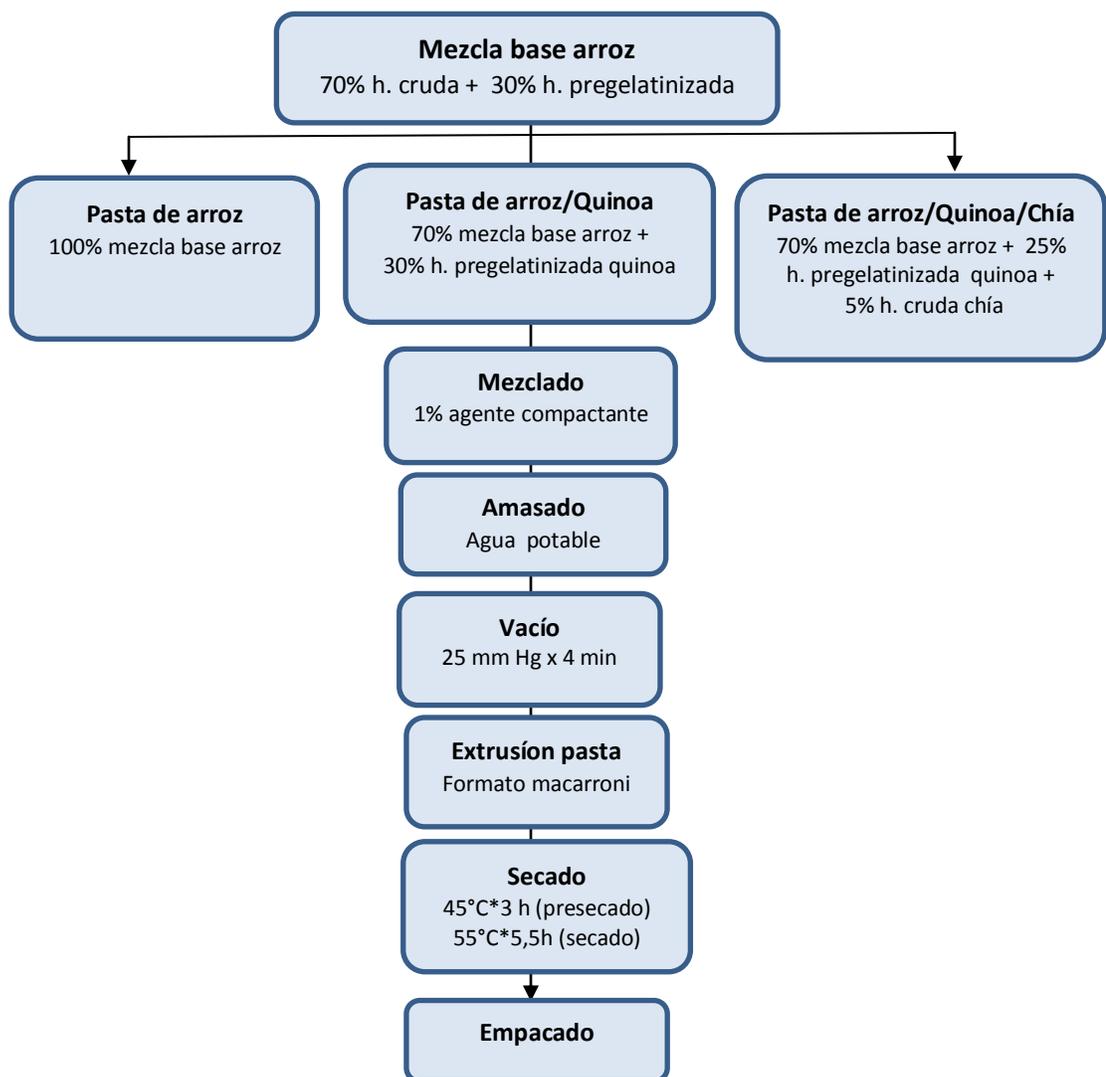
En el caso de la chía se aplicó la trituration de las semillas, para la reducción de tamaño en un procesador de alimentos marca Oster, no se le aplicó tamizado, tal como se muestra en la figura 46. Posteriormente esta harina se empacó en bolsas tipo ziploc.



**Figura 46. Semillas trituradas de chía o harina cruda de chía.**

#### 4.3.3. Elaboración de pastas alimenticias extruidas al frío (temperatura ambiente).

En la figura 47, se muestra el flujograma establecido para la elaboración de pastas alimenticias formuladas a partir de una mezcla base de arroz, compuesta por harina cruda y harina pregelatinizada en una proporción de 70:30 respectivamente. Con esta mezcla se preparará la pasta control. Adicionalmente, se elaboraron pastas suplementadas con harina de quinoa pregelatinizada y otra con la mezcla de harina pregelatinizada de quinoa y harina cruda de chía.



**Figura 47. Flujograma básico de procesamiento de pastas extruidas a temperatura ambiente.**

Es de resaltar que la formulación de las pastas suplementadas se realizó a partir de la mezcla base de arroz, el cual se fijó en un 70%. Por lo que para la pasta de arroz/quinoa, se empleó 70% mezcla de arroz y 30% harina pregelatinizada de quinoa. Mientras que para la pasta de arroz/quinoa/chía, la harina compuesta fue de 70% mezcla de arroz, 25% de harina pregelatinizada de quinoa y 5% de harina cruda de chía, limitada esta última por regulaciones donde se le considera alimento novel.

En la figura 48, se visualiza la descripción fotográfica del proceso de elaboración de las pastas alimenticias.



**Figura 48. Proceso ilustrado de elaboración de pastas alimenticias.**

Una vez pesadas las harinas, se incorpora la carboximetilcelulosa (CMC) al 1% que actúa como agente compactante, luego se realiza la hidratación de las mismas con agua potable a temperaturas entre 60 a 70°C. Luego se realizó el amasado, con la ayuda de un mezclador KitchenAid profesional, durante el proceso se ajustó la cantidad de agua según lo admitido por la masa. Posteriormente, se aplicó vacío a la misma bajo

condiciones de 25 mm de Hg por espacio de 4 minutos, a fin de extraer el aire ocluido y evitar burbujas o resquebrajamiento de la pasta. Luego se compactó la masa y se llevó al equipo mezclador con el accesorio extrusor (KPEXTA) al cual se le adaptó el disco de formato de macarroni y se extruyó la masa hasta obtener las pastas. Una vez concluida la extrusión se llevó a cabo el secado de las pastas en un secador de convección marca JP SELECTA a 45°C por 3 horas (presecado) y a 55°C hasta completar 8,5 horas, cuando se alcanza el contenido de humedad requerido. Finalmente se almacenaron en bolsas plásticas tipo ziploc para realizar los análisis respectivos.

#### **4.4. Métodos Analíticos.**

Para el desarrollo de esta etapa se realizaron los siguientes ensayos:

##### **4.4.1. Análisis físicos.**

###### **4.4.1.1. Características gravimétricas de las harinas y pastas**

**Densidad aparente ( $\rho$  aparente):** Se calculó mediante la relación entre la masa de las harinas y pastas (g) y el volumen de la medida de capacidad del cilindro (10 cm<sup>3</sup>). Las mediciones de densidad aparente se realizaron por triplicado (Vilche y col., 2003; Cervilla y col., 2012).

$$\rho \text{ aparente} = \frac{\text{masa } \left[ \begin{array}{c} \text{g} \\ \text{---} \end{array} \right]}{\text{volumen } \left[ \begin{array}{c} \text{ml} \\ \text{---} \end{array} \right]}$$

###### **4.4.1.2. Otras características físicas de las harinas y pastas**

**Aw.** Para la determinación de la actividad de agua se utilizó el método higrométrico empleando para la medida el Decagon CX2 Aqualab. Se aplicó a las harinas crudas, harinas pregelatinizadas así como a las pastas alimenticias formuladas.

**Color instrumental:** Para esta determinación se utilizó un colorímetro Hunterlab Color Flex Spectrophotometer calibrado con patrón iluminante D65 empleando la escala CIELAB. Se midieron los parámetros luminosidad ( $L^*$ ), tinte ( $a^*$ ), croma ( $b^*$ ) e índice de blanco tanto de las harinas como de las pastas secas crudas y cocidas.

El índice de blanco (IB), representa la blancura total de la muestra, se calculó de acuerdo a la ecuación usada por Hsua y col. (2003):

$$IB = \sqrt{100 - \left(100 - L^*\right)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

**Textura instrumental:** Se aplicó a las pastas tanto secas como cocidas. Se empleó el texturómetro Thwing-Albert Instrument Company EJA Series, en el caso de las pastas secas se aplicó la metodología sugerida por Mora Guzmán (2012) que consistió en la evaluación de la dureza y fracturabilidad de las muestras de pasta cruda seca por compresión de 24 g de pasta en un recipiente cilíndrico de 45 mm de diámetro, con la sonda de compresión moviéndose a una velocidad de 10 mm/s. La dureza al corte hace referencia a la fuerza que se aplica hasta que la pasta empieza a romperse. La fuerza de corte corresponderá a la fuerza necesaria para atravesar la muestra y cortarla.

Experimentalmente las condiciones de ensayo fueron:

- ✓ Velocidad: 10 mm/s = 0,17 mm/min
- ✓ Scrip usado: Food Texture Profile mm-N
- ✓ Software MAP 3.0
- ✓ Presión de Prueba: 002 N, compresión 75% y
- ✓ Espesor (Thickness): 12,5mm.

Para determinar las propiedades mecánicas de las pastas cocidas (preparadas tomando en cuenta en el tiempo óptimo de cocción). El perfil instrumental de textura se obtuvo por compresión uniaxial en dos ciclos con las mismas condiciones que el ensayo

anterior. El software MAP 3.0 permitió obtener los parámetros: dureza, adhesividad, masticabilidad, cohesividad, dureza, resiliencia y elasticidad.

#### **4.4.2. Análisis proximal y otros análisis químicos**

Estos análisis se llevaron a cabo tanto a las harinas crudas, harinas pregelatinizadas como a las pastas alimenticias formuladas.

**4.4.2.1. Análisis proximal:** A continuación, se hace referencia a los métodos estandarizados que se aplicaron:

**Humedad:** Se realizaron determinaciones por triplicado empleando el método en estufa atmosférica ajustada a  $105 \pm 1^\circ\text{C}$  de acuerdo a la norma COVENIN 1553:80.

**Grasa cruda:** Se aplicó el método de Soxhlet empleando como solvente hexano grado analítico, de acuerdo a la Norma COVENIN 1785:81. La determinación se realizó por triplicado.

**Proteínas:** El ensayo de determinación de nitrógeno aplicado fue el de Kjeldahl, de acuerdo a la norma COVENIN 1195:80. Y los factores de conversión de nitrógeno a proteínas empleados fueron de 5,95 para el arroz, sus respectivas harinas cruda y pregelatinizada y la pasta de arroz y el de 6,25 para la harina pregelatinizada de quinoa, la harina cruda de chía y la de las pastas formuladas con quinoa y quinoa y chía.

**Cenizas:** Este ensayo se realizó en mufla ajustada a una temperatura de  $550 \pm 1^\circ\text{C}$ , en muestra por triplicado de acuerdo a lo descrito en la norma COVENIN 1783:81.

**Fibra dietaria total (FDT):** Se determinó aplicando el método enzimático-gravimétrico AOAC 985.29, el cual se describe a continuación: Se pesó 1 g de muestra, por duplicado, y ajustó el medio con 50 mL de buffer pH=6, se agitó e incorporó 0,1 mL de

alfa-amilasa, se agitó nuevamente e incubó a 100°C por 25 minutos, agitando cada 5 minutos, se enfrió y ajustó a pH=7,5 con aproximadamente 10 mL de NaOH 0,275 N; luego se colocó 5 mg (0,005 g) de proteasa y para su actuación se incubó a 60°C por 40 minutos con agitación, se dejó enfriar y ajustó a pH= 4.5 ± 0,2, con aproximadamente 10 mL de HCl 0,325 N para la acción de 0,1 mL de amiloglucosidasa, que se incubó a 60°C por 40 minutos con agitación, posteriormente se agregó 280 mL de etanol al 95%, precalentado a 60°C, y se dejó reposar toda la noche. Esta mezcla se filtró a través de crisol con placa porosa (porosidad N° 2 o equivalente de 40 - 60 µm) previamente preparado, aplicando succión, el residuo fue lavado con 3 porciones de 20 mL de alcohol al 78%, luego con 2 porciones de alcohol al 95% y con 2 porciones de 10 mL de acetona. El residuo lavado se sometió a secado en estufa a 100°C en crisoles durante toda la noche, se enfriaron los mismos y se pesaron los crisoles con los residuos secos. Finalmente se calcinó el residuo de mayor peso durante 5 horas a 525 °C y se pesaron las cenizas obtenidas. En cuanto al residuo de menor peso se le determinó el contenido de proteínas. La expresión de cálculo viene dada por:

$$w = \frac{m_R - m_P - m_A - m_B}{m} \times 100$$

$$w = \frac{m_R - [(V_1 - V_2) \times 1.4007 \times 6.25] - m_A - [m_{RBlank} - [(V_1 - V_{2Blank}) \times 1.4007 \times 6.25] - m_{ABlack}]}{m} \times 100$$

Donde:

w: fibra dietaria total (% m/m)

m<sub>B</sub>: masa del blanco (en mg)

m<sub>P</sub>: masa de proteína en el residuo (en mg)

m<sub>R</sub>: masa promedio del residuo (en mg)

m<sub>A</sub>: masa de cenizas en el residuo (en mg)

V<sub>1</sub>: volumen de HCl 0,1M desalojado (en ml)

V<sub>2</sub>: volumen de NaOH 0,1M consumido (en ml)

m: masa promedio de muestra (en mg)

**Carbohidratos totales y disponibles:** Se determinó según lo establecido por el INN (2012). Se calculó por diferencia. En el caso de los carbohidratos totales se restó de 100 la suma de los porcentajes de humedad, proteínas, grasas y cenizas; mientras que para los carbohidratos disponibles se restó el valor de carbohidratos totales con el porcentaje de fibra obtenido. La expresión de cálculos es:

$$\% \text{Carbohidratos totales: } 100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteínas} + \% \text{grasa} + \% \text{cenizas})$$

$$\% \text{Carbohidratos disponibles: } \% \text{Carbohidratos totales} - \% \text{fibra dietaria total}$$

#### 4.4.2.2. Contenido calórico o energía aportada

El contenido calórico de las harinas y pastas formuladas se calculó tomando en consideración el factor de Atwater para los componentes principales: carbohidratos totales y proteínas se halló multiplicando los porcentajes obtenidos en el análisis proximal por el factor de 4 Kcal/g, en el caso de los lípidos se determinó multiplicando el % de grasa por el factor de 9 Kcal/g.

#### 4.4.2.3. Otros análisis químicos

**Acidez titulable:** Se determinó como requisito adicional establecido en la norma COVENIN 283:1994 para pastas alimenticias (2da revisión) aplicando lo descrito en la norma COVENIN 1787:81 y al método 985.29 de la AOAC (1990). Se expresa como ml de NaOH por 100 g de producto para harinas y como % de ácido sulfúrico por 100 g de pasta.

**Composición en minerales y metales pesados:** Se utilizó la técnica de espectroscopía de plasma inducido (ICP) empleando el espectrofotómetro de emisión óptica en plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) modelo Óptima 2100DV marca Perkin Elmer. Previamente, se realizó la digestión de las muestras a través del digestor de microondas modelo Start D Milestone microwave digestion system con rotor SK10, bajo las

siguientes condiciones: 0,5 g de muestra, 2 ml de peróxido de hidrógeno concentrado (34,5 a 36,5%), 6 ml de ácido nítrico concentrado (65%) y se completó con agua ultrapura a 10ml. El digestor se calibró a una potencia de 1000, temperatura de 180°C y un tiempo de mantenimiento de 15 minutos.

Para la lectura de los minerales de las muestras digeridas en el equipo se estableció curva de calibración a partir de soluciones multielementales y las longitudes de onda de trabajo apropiada para cada elemento en estudio (Calcio, hierro, magnesio, sodio y metales pesados como cadmio, mercurio y plomo). El ajuste del equipo de ICP-OES fue de 20 l/min de argón de ultra alta pureza para alimentación de la antorcha o plasma y un flujo de nebulización de muestra de 0,5 l/min.

**Perfil de ácidos grasos:** Para la determinación de los ácidos grasos se aplicó el procedimiento sugerido por la AOAC siguiendo la esterificación metílica, para ello se realiza la extracción de grasa con 5 ml de hexano de las muestras sólidas por el método descrito en la Norma COVENIN 1785:81, de esta grasa se tomó 20 µL y se colocaron en un vial de reacción con 1 ml de hexano y 1 ml reactivo de derivatización (2,8g de hidróxido de potasio disolver con metanol y enrasar a 25ml), se agita con un Vórtex por 10 minutos, reposo por 5 minutos y se le añadió sulfato de sodio para formar las 2 fases, se tomó la fase superior a un vial y secó con sulfato de sodio anhidro, de esto se inyectó 1 ml de extracto y se diluyó con hexano (en caso de ser necesario). Este proceso generó los esteres metílicos de los ácidos grasos que luego fueron separados e identificados a través de cromatografía de gases con detección de masas bajo los siguientes parámetros:

- ✓ Temperatura de inyector: 280 °C
- ✓ Volume de inyeccion de muestra: 1 µL
- ✓ Flujo de fase móvil: 1 ml/min
- ✓ Programa de calentamiento: Inicial: 130°C x 5 min, luego incrementa 5°C/min hasta 180°C, finalmente isotérmico: 180°C x 5 min
- ✓ Tiempo de corrida: 17 min

- ✓ Detección: Modo Full Scan 35-400m/Z solvent delay 2 min

El cálculo de la concentración de los ácidos grasos se realizó usando el método de normalización de áreas (Ref) de los picos cromatográficos dadas por el Software del equipo, aplicando la ecuación que se señala a continuación:

$$\%P/P = \frac{A_{\text{pico interés}}}{\sum A_{\text{picos}}} * 100$$

**Perfil de aminoácidos:** La técnica aplicada fue la de cromatografía líquida de alta presión (HPLC). El análisis de la composición de aminoácidos de las proteínas se realizó en dos pasos: el primero y más crítico es la hidrólisis de la proteína para liberar los aminoácidos y el segundo es la derivatización, separación y detección de los aminoácidos individuales por un método de HPLC con detección de UV-visible. Para la medición de aminoácidos se requirió que los mismos sean derivatizados con Fenilisotiocianato (PITC) para producir Feniltiocarbamil Aminoácidos (PTC). Estos aminoácidos ahora poseen una máxima absorbancia cerca de 269 nm y fueron analizados a través de un detector UV-visible, operando a 254 nm. Las condiciones de operación se indican a continuación:

- ✓ Nombre del equipo: instrumento Method Aminoacidos LC
- ✓ Columna: Nova-Pak C18 (Waters p/N WAT011695) 3,9 x 300 mm
- ✓ Flujo: 0,6 ml/min
- ✓ Temperatura: 40°C
- ✓ Fase móvil:
  - A acetato de sodio 0,14 M- trietanolamina 0,05%, pH 5,70
  - B acetonitrilo –agua (6:4)
  - C Agua Milli-Q
  - D Acetonitrilo
- ✓ Volumen de inyección: 4 µl
- ✓ Tiempo de corrida: 47 min, delay 30 min
- ✓ Detección: UV- Visible. λ: 254 nm

**4.4.3. Análisis microbiológicos:** Se realizaron estas evaluaciones en las pastas secas obtenidas.

**Recuento de aerobios mesófilos:** Se realizó este ensayo para enumerar la flora total aeróbica presente en la muestra según lo descrito en la Norma COVENIN 3276:1997, empleando placas Petrifilm. El procedimiento incluye la siembra de 1 ml en la placa según las diluciones, incubación a 37 °C por 48 horas y transcurrido ese tiempo contar las colonias de color rojo.

**Recuento de mohos y levaduras:** Se determinó cuantitativamente por el método oficial 997.02 según AOAC mediante la utilización de películas secas rehidratables (Petrifilm) denominadas YM. El método consistió en inocular 1 ml de muestra y/o sus diluciones en placas petrifilm de aproximadamente 20 cm de superficie de crecimiento, las cuales contienen un medio de cultivo listo para usarse formado por un agente gelificante soluble en agua fría, y un tinte indicador que promueve el contraste y facilita el recuento de las colonias. Se incuban a 25 °C por 3 a 5 días.

Las colonias de levaduras muestran las siguientes características típicas: son pequeñas, tienen fillos o bordes definidos, son de color uniforme, no difuso, el color de las colonias puede variar desde beige o crema, hasta azul verdoso, las colonias tienen apariencia abultada, es decir, con una tercera dimensión, son convexas.

Las colonias de mohos muestran las siguientes características típicas: son grandes, tienen bordes difusos, sin límite definido, tienen un centro oscuro y se expanden difusamente alrededor de este, el color de las colonias puede variar, ya que los mohos producen una variedad de pigmentos. Por ejemplo: café, beige, naranja, azul verdoso, entre otros.

**Recuento de coliformes totales y *Escherichia coli*:** Para la determinación de coliformes totales y *E. coli* se aplicó el método de placas con películas secas rehidratables (Petrifilm) de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 3276:1997. El método consistió en inocular 1 ml de la muestra y/o sus diluciones en placas petrifilm de

aproximadamente 20 cm de superficie, las cuales están constituidas por una película deshidratada que contiene el medio de cultivo cromogénico violeta rojo bilis para la detección de Coliformes y el indicador 5bromo-4cloro 3indol  $\beta$ D glucosido para la detección de *E. coli*. Las colonias asociadas a una burbuja de gas que presentan una coloración roja corresponden a coliformes y las que presentan una coloración azul corresponden a *E. coli*.

**Recuento de *Staphylococcus aureus*:** Para la determinación de este microorganismo se empleó Placas Petrifilm Staph Express (basado en el Método Oficial AOAC 2003.07) que es un medio de cultivo cromogénico Baird-Parker el cual es selectivo y diferencial para el *Staphylococcus aureus*. El medio modificado contiene un indicador y ácido desoxirrebonucleico (DNA), y en el mismo el *S. aureus* produce desoxirribonucleasa (DNasa) y la DNasa reacciona con el indicador para formar zonas rosadas. Las colonias rojo-violeta en la placa son características de *S. aureus*. Las condiciones de incubación de la prueba: 37 °C  $\pm$  1 °C por 24 h  $\pm$  2 h

**Recuento de *Salmonella spp.*:** La determinación de este microorganismo está basado en un Inmunoensayo enzimático (ELISA) denominado Assurance Gold Salmonella EIA validado por el método oficial AOAC 999.08, que permite la determinación de diferentes serotipos de Salmonella en productos procesados. Esta prueba se basa en un pre enriquecimiento en agua peptonada al 0,1% por 18 horas a 37 °C, luego se toma una alícuota del caldo de pre enriquecimiento incubada y se somete al kit por espacio de 10 minutos y por interpretación visual se detecta la presencia o ausencia del patógeno.

#### **4.4.4. Análisis de calidad de cocción de las pastas formuladas.**

Las variables analizadas para la evaluación de la calidad en la cocción fueron el tiempo mínimo (óptimo) de cocción, la ganancia de peso y la pérdida de sólidos o liberación de almidón.

**Tiempo mínimo (óptimo) de cocción:** Está definido como el tiempo necesario para que la línea blanca, visible en el centro de la pasta o espagueti durante la cocción, haya desaparecido al oprimir o aplicar presión entre dos placas de vidrio o vidrios de reloj.

De acuerdo con el procedimiento indicado por el Instituto Colombiano de Normalización y Certificación en la Norma Técnica Colombiana 5080 (2002), se calentó 500 mL de agua con 3,5g de cloruro de sodio hasta alcanzar el hervor; en este momento se agregó 25 g de pasta entera, correspondiendo a tiempo cero. Se tomaron piezas de pasta que se oprimieron en el cuerpo central usando una placa de compresión conformada por dos láminas de vidrio. Esta operación se repitió cada 30 segundos hasta que se observó la desaparición de la línea blanca visible en el centro de la pieza comprimida.

**Ganancia de peso:** Para evaluar la cocción de la pasta se prepararon muestras de 20 g de pasta en 200 mL de agua y 2 g de sal (cloruro de sodio). El agua adicionada con la sal se calentó hasta su ebullición, momento en el cual se introduce la pasta. Las muestras cocidas se pesaron para determinar la ganancia de peso (absorción de agua) durante la cocción. La ganancia de peso se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación sugerida por Petitot y col. (2010):

$$\%Ganancia\ de\ peso = \left( \frac{P_{co} - P_{cr}}{P_{cr}} \right) \times 100$$

Donde:

*P<sub>co</sub>*: masa de pasta cocida

*P<sub>cr</sub>*: masa de pasta cruda

**Pérdidas por cocción o liberación del almidón:** Para evaluar la pérdida de sólidos o la liberación de almidón se aplicó la metodología estandarizada por la AACC 66-50.01 (AACC 2000). Para ello se tomó 10 g de pasta que se cocinaron en 100 mL de agua hirviendo durante 5 minutos. El agua de cocción se centrifugó a 1200 rpm por 10

minutos y el sedimento se desecó en estufa a 100°C hasta peso constante y se pesó el residuo final. La fórmula de cálculo aplicada fue:

$$\% \text{ Pérdida por cocción} = \frac{P \text{ residuo}}{P \text{ inicial pasta}} \times 100$$

#### 4.4.5. Evaluación sensorial.

Se llevó a cabo cumpliendo con lo establecido por el Instituto Colombiano de Normalización y Certificación en la Norma Técnica Colombiana NTC 3932 (1996), donde cada evaluador corresponde a una réplica. Los evaluadores probaron simultáneamente las muestras. Las mismas fueron preparadas cocinando 200 g de pasta en 1500 mL adicionando 15 g de sal, hasta llegar al punto ‘al dente’ o al tiempo óptimo de cocción. Los panelistas realizaron un análisis descriptivo ordenando las muestras de menor a mejor calidad, bajo los siguientes parámetros de apariencia y color, sabor y aroma, textura, y superficie al tacto y mordida (sensación bucal) según el formato mostrado en la figura 49.

NOMBRE \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

Por favor ordene, en cada parámetro, califique cada una de las muestra, de acuerdo al siguiente formato.

Muestra	Apariencia	Sabor y aroma	Textura al tacto	Sensación bucal (mordida)
357				
286				
429				

**Puntaje de los parámetros de calidad de la pasta alimenticia**

Apariencia	Sabor y aroma	Textura al tacto	Sensación bucal (mordida)
1 Deformada, flácida, color gris	1 Rancio, agrio, a moho	1 Muy blanda y pegajosa	0 Viscosa, se aglutina, pastosa, dura
2 Expansión exagerada	2 Viejo, dulce, ácido	2-3 Suave, pegajosa, poco elástica	1-2 Mucilaginoso, granoso, pegajoso, harinoso, blanda
3 Pegajosa, decolorada	3 Débil, sabor a crudo, a harina	4 Bastante consistente y levemente pegajosa	3 Lisa, firme
4 Se rompe fácilmente, color no homogéneo, color crema con gris blanquizco, punto o manchas	4 Insípido	5 Consistente, no pegajosa, se extiende con facilidad, elástica	--
5 Entera, no pegajosa, color uniforme, café brillante hasta blanco amarillento	5 Característico, a cereal cocido	--	--

Observaciones \_\_\_\_\_

Gracias por su participación

**Figura 49. Formato de evaluación sensorial de pastas alimenticias.**

#### **4.4.6. Análisis estadísticos**

Se aplicaron pruebas estadísticas a los datos obtenidos en los análisis físicos (n variable según la prueba), químicos o proximales (n=3), composición mineral o de metales pesados (n=3), tanto de las harinas y como de las pastas y los de calidad de cocción (n=3) y sensoriales (n=15) de las pastas cocidas. Las principales pruebas aplicadas fueron la determinación de medias y desviación estándar de los datos para cada análisis mediante Excel 97-2003, las cuales se corroboraron con la prueba de resumen estadístico mediante el programa Statgraphics plus 5.1.; adicionalmente se aplicó análisis de varianza de medias y pruebas de contraste de medias LSD para medir diferencias significativas entre las muestras a un nivel de confianza del 95%.

En el caso de la evaluación sensorial de las pastas cocidas se realizó un análisis descriptivo cuantitativo (QDA) o gráfico de radar o de tela de araña para comparar las pastas con diferentes componentes según la formulación.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En primer lugar, se describen las características físicas tanto dimensionales, gravimétricas, de actividad de agua, color y textura instrumental de las materias primas en estudio, harinas y de los productos de pastificio.

#### **5.1. Características físicas dimensionales de los granos y semillas empleados como materia prima y de las pastas obtenidas**

##### **5.1.1. Dimensiones de semillas y granos descascarados de arroz SD20A**

El arroz empleado para la elaboración de las harinas tanto en estado crudo como pregelatinizado es de la variedad SD20A, el cual según comunicaciones personales establecidas con investigadores de la Fundación DANAC nos refieren que esta variedad representa de 3 a 4 cucharadas del arroz en cada plato consumido por el venezolano.

Debido a la escasa información bibliográfica relacionada con la variedad del arroz SD20A fue necesario realizar el estudio de sus características físicas de orden dimensional así como gravimétrico, el cual se aplicó tanto a la semilla o arroz paddy, así como al arroz pardo, cargo o integral, obtenido luego del proceso de descascarado. Los parámetros dimensionales tal como se muestran en la tabla 33.

Al comparar estadísticamente las características físicas dimensionales del arroz de la variedad SD20A ya sea como semilla (paddy) o en forma de grano descascarado se evidenció diferencias significativas entre ellos al aplicar el análisis de varianza simple (ANOVA) a un nivel de confianza al 95% y posteriormente verificadas al ser contrastada con la prueba de rangos múltiples según Fischer (LSD) utilizada para discernir sobre la diferencia entre las medias de las muestras en estudio, se visualizan en el Anexo 1.

**Tabla 33. Parámetros dimensionales de semillas y granos descascarados de arroz SD20A**

Parámetros dimensionales	Arroz SD20A*	
	Paddy	Descascarado
Humedad (%)	6,69 ± 0,04 a	7,58 ± 0,02 b
Longitud (L) mm	10,17 ± 0,28 a	7,86 ± 0,09 b
Ancho (a) mm	2,43 ± 0,13 a	2,13 ± 0,04 b
Espesor (e) mm	2,04 ± 0,07 a	1,94 ± 0,07 b
Diámetro geométrico (Dg) mm	3,69 ± 0,08 a	3,20 ± 0,05 b
Área superficie específica (S) mm <sup>2</sup>	42,74 ± 1,83 a	32,09 ± 1,03 b
Relación de aspecto (R) %	23,88 ± 1,53 a	27,05 ± 0,67 b
Esfericidad (Φ)	0,363 ± 0,011 a	0,407 ± 0,008 b

Leyenda: Letras diferentes denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

Según APROSCHELLO (2011) el arroz paddy o arroz cáscara de la variedad SD20A, presenta valores promedio de longitud de 10 mm, ancho de 2,4 mm, espesor de 2 mm; al relacionarlos con los valores hallados experimentalmente los mismos resultaron ser similares a los señalados.

En el caso de los granos de arroz descascarados SD20A los valores (en la tabla 33) superan los datos suministrados por APROSCHELLO (2011) que indica que los granos de arroz pulido de la variedad SD20A, tienen una longitud de 7,36 mm, un ancho de 2,06 mm, espesor de 1,9 mm; cabe destacar que la discrepancia puede atribuirse a que el arroz analizado experimentalmente fue solamente descascarado y no se aplicó el proceso de pulido y no pudo removerse completamente el germen o embrión. Con las dimensiones halladas se puede considerar al arroz SD20A como de grano largo según el criterio definido por el Codex Stan 198-1995 pues supera los 6,6 mm de longitud.

En referencia a los parámetros dimensionales, el área superficial es similar a lo expuesto por Ospina Machado (2002) 47,6 mm<sup>2</sup> para arroz paddy y 35,2 mm<sup>2</sup> para arroz descascarado. Mientras que la relación de aspecto y esfericidad del arroz paddy y del grano descascarado de arroz variedad SD20A, no alcanzan al menos el 70% ó 0,70, respectivamente, que definen la redondez de la semilla o grano, por lo que se afirma que

tiene forma elipsoidal lo cual es corroborado por las medidas de longitud y ancho de las semillas o granos en estudio.

### 5.1.2. Dimensiones de granos de quinoa

Los granos de quinoa utilizados para la elaboración de la harina en estado pregelatinizado se obtuvieron a través de un importador, quien indica que proceden de Bolivia. Por no contar con la información de la variedad, sólo por inspección visual se conoce su color aparente beige claro. Se efectuó el estudio de las características físicas de orden dimensional para tratar de identificarla, y estas se recogen en la tabla 34.

**Tabla 34. Parámetros dimensionales de granos de quinoa**

<b>Propiedades dimensionales</b>	<b>X ± DE</b>
<b>Humedad (%)</b>	8,78 ± 0,10
<b>Longitud promedio (L) mm</b>	2,19 ± 0,06
<b>Ancho promedio (a) mm</b>	2,03 ± 0,02
<b>Espesor promedio (e) mm</b>	1,08 ± 0,03
<b>Diámetro geométrico (Dg) mm</b>	1,68 ± 0,03
<b>Área superficial (S) mm<sup>2</sup></b>	7,68 ± 0,27
<b>Relación de aspecto (R) %</b>	93,13 ± 2,04
<b>Esfericidad (Φ)</b>	0,77 ± 0,01

En cuanto a los parámetros dimensionales de las semillas de quinoa el valor promedio de la longitud fue de  $2,19 \pm 0,06$  mm, que concuerda con el rango de 2,14 a 2,21 mm expuesto por Cervilla y colaboradores (2012) y el ancho del grano fue similar al 2,0129 mm hallado por Arapa-Carcasi y Padrón-Pereira (2014). El espesor hallado experimentalmente se encuentra en el rango de 1,04 a 1,66 mm indicado por Cervilla y colaboradores (2012) y Alanoca (2014). El diámetro geométrico determinado para el grano de quinoa según la Norma Boliviana NB 312004 (IBNORCA 2007) corresponde a un grano mediano que oscila entre 1,40 a 1,70 mm. Los parámetros área superficial del grano ( $8,92 \pm 0,33$  mm<sup>2</sup>) y área superficial ajustada ( $7,68 \pm 0,27$  mm<sup>2</sup>) son similares al valor de  $8,2509$  mm<sup>2</sup> determinado por Arapa-Carcasi y Padrón-Pereira (2014). En

cuanto a la relación de aspecto y esfericidad del grano los valores experimentales superan el 70% ó 0,70; respectivamente, por lo que se asume redondez del grano más no la esfericidad pues el espesor de la semilla es aproximadamente 50% menor a las dimensiones de longitud y ancho, por lo que se puede presumir que la forma del grano de quinoa es circular aplanada o lenticular.

### 5. 1.3. Dimensiones de semillas de chíá

En la tabla 35, se recoge el estudio de las características físicas de orden dimensional de semillas de chíá, procedentes de Bolivia, según información del expendedor.

**Tabla 35. Parámetros dimensionales de semillas de chíá**

<b>Propiedades físicas de semillas</b>	<b>X ± DE</b>
<b>Humedad (%)</b>	3,57 ± 0,02
<b>Longitud promedio (L) mm</b>	2,04 ± 0,13
<b>Ancho promedio (a) mm</b>	1,21 ± 0,07
<b>Espesor promedio (e) mm</b>	0,89 ± 0,07
<b>Diámetro geométrico (Dg) mm</b>	1,30 ± 0,07
<b>Área superficial (S) mm<sup>2</sup></b>	4,09 ± 0,23
<b>relación de aspecto (R) %</b>	59,44 ± 2,23
<b>Esfericidad (Φ)</b>	0,64 ± 0,01

La longitud promedio de las semillas de chíá fue de 2,04 ± 0,13 mm, correspondiendo según Ixtaina (2010) a la clasificación de semillas medianas (2 a 2,25 mm). Mientras que el ancho de 1,21 ± 0,07 mm lo refiere como tamaño pequeño y en contraste la dimensión espesor, 0,89 ± 0,07 mm, valora a la semilla como grande con base en lo expuesto por Ixtaina (2010) para semillas de chíá oscuras o mezcla comercial.

Para dilucidar las discrepancias obtenidas por las medidas de longitud, ancho y espesor se calculó el diámetro geométrico (Dg) de las semillas el cual resultó ser 1,37 mm, que lo ubica en el rango de semillas medianas (<1,38 a > 1,21 mm). De igual manera el área superficial específica (S) promedio fue de 5,33 ± 0,59 mm<sup>2</sup> coincidiendo con la

calificación de semillas medianas ( $<5,40$  a  $> 4,64$  mm<sup>2</sup>). La relación de aspecto (R) calculada para las semillas de chíá,  $59,44 \pm 2,23$  %, muestra tendencia a la forma elipsoide más que a la forma esférica, pues es inferior a 70%, lo cual es fácilmente comprobable al calcular la esfericidad, la cual es inferior a 0,7 ( $0,64 \pm 0,01$ ) y también al realizar la inspección visual de las semillas éstas tienen formas elipsoidales.

#### 5.1.4. Dimensiones de pastas en estado crudas (secas) y cocidas.

En la tabla 36 se recopilan a las características dimensionales de las pastas de las cuales se midió la longitud y ancho de las mismas en estado crudo y cocido, para evidenciar los cambios producto de la cocción.

En el caso de la longitud y ancho de las pastas crudas o secas no hubo diferencias estadísticamente significativas entre ellas (anexo 2). Sin embargo, en las pastas cocidas se muestra un incremento de la longitud de casi el doble mostrando el siguiente orden de aumento en las pastas:

Pasta arroz > pasta arroz, quinoa y chia > pasta arroz y quinoa  
 (93,46%)                      (87,62%)                      (87,96%)

**Tabla 36. Características dimensionales de las pastas en estado crudo (secas) y cocidas.**

Muestras de pastas	Parámetros dimensionales	
	Longitud (L) cm	Ancho (a) cm
Arroz (PA)	$1,07 \pm 0,04$ a	$0,89 \pm 0,01$ a
Arroz cocida (PAc)	$2,07 \pm 0,04$ c	$1,48 \pm 0,03$ d
Arroz/Quinoa(PAQ)	$1,05 \pm 0,04$ a	$0,90 \pm 0,01$ a
Arroz/Quinoa cocida (PAQc)	$1,97 \pm 0,06$ b	$1,13 \pm 0,04$ b
Arroz/Quinoa/chía (PAQC)	$1,08 \pm 0,03$ a	$0,89 \pm 0,01$ a
Arroz/Quinoa/chía cocida (PAQCc)	$2,03 \pm 0,03$ b,c	$1,25 \pm 0,06$ c

Leyenda: Letras diferentes denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En cuanto al ancho se visualiza en las pastas cocidas un aumento con respecto a las pastas secas mostrando el siguiente orden de incremento:

Pasta arroz > pasta arroz, quinoa y chia > pasta arroz y quinoa  
 (66,29%) (40,45%) (25,56%)

## 5.2. Características físicas gravimétricas de los granos y semillas y sus harinas crudas y pregelatinizadas y de las pastas formuladas.

### 5.2.1. Gravimetría de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A

En la tabla 37, se muestran las características gravimétricas basada en el peso de los granos de arroz paddy (AP) descascarado (AD) y las densidades de ambos granos así como las harinas obtenidas a partir del grano descascarado tanto en estado crudo (HAC) como pregelatinizado (HAP).

**Tabla 37. Características gravimétricas de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A**

Características gravimétricas	Arroz SD20A		Harinas	
	AP	AD	HAC	HAP
Humedad (%)	6,69 ± 0,04 a	7,58 ± 0,02 b	11,86 ± 0,11 c	10,62 ± 0,07 d
Peso un grano (g)	0,029 ± 0,001 a	0,023 ± 0,001 b	-	-
Peso cien granos (g)	2,875 ± 0,008 b	2,279 ± 0,004 a	-	-
Peso mil granos (g)	28,796 ± 0,531 b	22,796 ± 0,468 a	-	-
Densidad real (kg/m <sup>3</sup> )	1491,15 ± 8,70 a	1812,07 ± 1,04 b	-	-
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	497,11 ± 0,71 a	619,20 ± 1,80 c	731,41±7,30 d	476,63±2,86 b

Leyenda: AP: arroz paddy, AD: arroz descascarado, HAC: Harina de arroz cruda, HAP: Harina de arroz pregelatinizado. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Según APROSCHELLO (2011) el peso promedio de mil granos del arroz paddy o arroz cáscara de la variedad SD20A es de 29 g y es altamente relacionado al valor hallado experimentalmente. Mientras que en el caso de los granos de arroz descascarados

SD20A el peso obtenido (22,8 g) supera al dato suministrado por APROSCHELLO (2011) que indica que los granos de arroz pulido de la variedad SD20A, tienen un peso promedio de mil granos de 21 g; cabe destacar que la discrepancia puede atribuirse a que el arroz analizado experimentalmente fue solamente descascarado y no se aplicó el proceso de pulido y no pudo removerse completamente el germen. Las diferencias estadísticas se muestran en el anexo 3.

En cuanto a las características de densidad tanto real como aparente se obtuvo para el arroz paddy SD20A valores de  $1491,15 \pm 8,70$  y  $497,11 \pm 0,71$   $\text{Kg/m}^3$ , respectivamente. Se determinó que la variedad SD20A supera la densidad real indicada para arroz comercial (no especifican la variedad) de 1117 a 1230  $\text{Kg/m}^3$  según Julliano (1994) de igual manera es mayor a 1324  $\text{Kg/m}^3$  reportado por De Lucia y Assennato (1993) y Ospina Machado (2002). Mientras que la densidad aparente para el arroz paddy SD20A es inferior a los datos obtenidos por los investigadores mencionados anteriormente para arroz comercial que abarcan el rango de 500 a 640  $\text{Kg/m}^3$ .

Las densidades real y aparente para el arroz integral o descascarado SD20A fue de  $1812,07 \pm 1,04$  y  $619,20 \pm 1,80$   $\text{Kg/m}^3$ , respectivamente. La densidad real es más elevada al ser comparada con el valor para el arroz comercial pulido de 1310  $\text{Kg/m}^3$  suministrado por Juliano (1994), sin embargo el para la densidad aparente es inferior al rango de 680 a 750  $\text{Kg/m}^3$  indicado por De Lucia y Assennato (1993) y Juliano (1994).

La densidad aparente de la harina cruda de arroz SD20A (HCA) fue de  $731,41 \pm 7,30$   $\text{Kg/m}^3$ , mientras que para la harina pregelatinizada (HPA) resultó ser  $476,63 \pm 2,86$   $\text{Kg/m}^3$ , esta disminución en la densidad puede ser ocasionada por laminación del arroz que implicó que la harina pregelatinizada resultara ser más liviana. Cerezal (2011) indica que la densidad aparente de harina de arroz es de 670  $\text{Kg/m}^3$ , valor que se ubica entre los obtenidos experimentalmente para la harina cruda y pregelatinizada de arroz.

### 5.2.2. Gravimetría de granos y harina pregelatinizada de quinoa

En la tabla 38, se muestran las características gravimétricas basada en el peso de los granos de quinoa (GQ) y las densidades de los granos así como de la harina pregelatinizada (HQP).

El peso de cien granos de quinoa según Cervilla y colaboradores (2012) oscila entre 0,34 y 0,37 g y Alanoca (2014) indica que se encuentra entre 0,26 a 0,48 g, y experimentalmente se halló un valor de  $0,3320 \pm 0,0044$ g que se ubica en el rango sugerido por los investigadores. Esto es corroborado por Vilche y col. (2003) que afirma que 1000 semillas pesan entre 2,5 a 3,1 g y experimentalmente se determinó un peso de  $3,2944 \pm 0,0601$ g.

La densidad real para el grano de quinoa en estudio fue  $1201,81 \pm 8,76$  Kg/m<sup>3</sup>, que excede mínimamente los valores reportados por IBNORCA (2007) de 1184 a 1185 Kg/m<sup>3</sup> y 1127 a 1190 Kg/m<sup>3</sup> por Cervilla y colaboradores (2012). Mientras que la densidad aparente experimental fue  $653,15 \pm 3,88$  Kg/m<sup>3</sup> se ubica en el rango 631,5 a 689 Kg/m<sup>3</sup> especificado por IBNORCA (2007) y la densidad aparente de la harina pregelatinizada de quinoa (HQP) fue de  $494,58 \pm 6,46$  Kg/m<sup>3</sup>. En el anexo 4 se muestra las pruebas estadísticas.

**Tabla 38. Características gravimétricas de granos y harina pregelatinizada de quinoa**

Características gravimétricas	Quinoa	
	GQ	HQP
Humedad (%)	$8,78 \pm 0,10$ <b>b</b>	$7,58 \pm 0,02$ <b>a</b>
Peso un grano (g)	$0,0033 \pm 0,0003$	-
Peso cien granos (g)	$0,3320 \pm 0,0044$	-
Peso mil granos (g)	$3,2944 \pm 0,0601$	-
Densidad real (kg/m <sup>3</sup> )	$1201,81 \pm 8,76$ <b>a</b>	
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	$653,15 \pm 3,88$ <b>b</b>	$494,58 \pm 6,46$ <b>a</b>

Leyenda: GQ: granos de quinoa, HQP: Harina de quinoa pregelatinizada. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

### 5.2.3. Gravimetría de semillas de chía

Las características gravimétricas de las semillas de chía se presentan en la tabla 39. Se determinó el peso de mil semillas (P1000) que fue de  $1,3026 \pm 0,0940$  g y este valor también estuvo por debajo del 1,323 g referido por Ixtaina (2010), presumiendo que las semillas empleadas para esta investigación por tener menor tamaño pueden poseer menor peso.

En cuanto a la densidad aparente se halló un valor de  $664,92 \pm 5,12$  Kg/m<sup>3</sup> el cual es inferior a 722 Kg/m<sup>3</sup> determinada por Ixtaina (2010). En referencia a la densidad real de las semillas de chía fue de  $1195,30 \pm 4,40$  Kg/m<sup>3</sup>, y es superior a 1009,72 Kg/m<sup>3</sup> hallado por Ixtaina (2010). Adicionalmente, la densidad aparente de la harina cruda de chía SD20A (HCC), a la cual sólo se le aplicó trituration simple, fue de  $598,32 \pm 3,30$  Kg/m<sup>3</sup>, esta disminución en la densidad puede ser ocasionada por la reducción de tamaño. En el anexo 5 se muestra las pruebas estadísticas a este respecto.

**Tabla 39. Características gravimétricas de semillas de chía**

Características gravimétricas	Chía	
	Semillas (SC)	Harina cruda (HCC)
Humedad (%)	$3,57 \pm 0,02$	$3,57 \pm 0,02$
Peso una semilla (P1) g	$0,0013 \pm 0,0002$	
Peso cien semillas (P100) g	$0,1314 \pm 0,0188$	
Peso mil semillas (P1000) g	$1,3026 \pm 0,0940$	
Densidad real (Kg/m <sup>3</sup> )	$1195,30 \pm 4,40$	
Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	$664,92 \pm 5,12$ <b>b</b>	$598,32 \pm 3,30$ <b>a</b>

Leyenda: SC: semillas de chía, HCC: Harina cruda de chía. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

### 5.2.4. Gravimetría de pastas formuladas secas o crudas

En la tabla 40, se compara la densidad aparente de las pastas formuladas en estado crudo/seco. Observándose que a medida que se incorporan ingredientes aumenta la densidad aparente. Siendo la menos densa la pasta de arroz la cual difiere

estadísticamente de las pastas de arroz/quinoa y de la formulada con arroz/quinoa/chia, las cuales son similares según el ANOVA (en anexo 6).

**Tabla 40. Densidad aparente en pastas secas**

Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Muestra de pastas		
	Arroz (PA)	Arroz/Quinoa (PAQ)	Arroz/Quinoa/chía (PAQC)
	996,18 ± 3,76a	1080,12 ± 6,85b	1170,24± 3,64b

Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

### 5.3. Actividad de Agua de los Granos, Semillas y sus Harinas Crudas y Pregelatinizadas.

#### 5.3.1. Actividad de agua en granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A

La actividad de agua en el caso de los granos con cáscara o paddy (AP) arroz descascarado o integral (AD), la harina de arroz cruda (HAC) y la harina pregelatinizada (HAP) procedente del arroz integral, el valor hallado de actividad de agua para cada muestra, en la tabla 41, las clasifica como productos de humedad intermedia, lo que le confiere estabilidad ante ataques microbianos pues la  $a_w$  es inferior a 0,70 y en cierta medida se limitan las reacciones de índole bioquímico oxidativo ya que los valores determinados son superiores a 0,3 (Badui, 1997).

**Tabla 41. Actividad de agua de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A**

Parámetros	Arroz SD20A		Harinas	
	AP	AD	HAC	HAP
<b>Humedad (%)</b>	6,69 ± 0,04 a	7,58 ± 0,02 b	11,86 ± 0,11 c	10,62 ± 0,07 d
<b>Actividad de agua</b>	0,516 (29,6°C)	0,524 (29,5°C)	0,581 (25,4°C)	0,644 (25,4°C)

Leyenda: AP: arroz paddy, AD: arroz descascarado, HAC: Harina de arroz cruda, HAP: Harina de arroz pregelatinizado. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

Barreto (2014) obtuvo valores de actividad de agua para harina cruda y precocida de arroz calificado como de segunda en el orden de 0,573 y 0,593; respectivamente, y son similares al obtenido para la harina cruda de arroz SD20A. Ortiz (2016) halló para harina cruda de arroz comercial clasificado como de primera una actividad de agua de 0,638 (25,6°C) y para la harina pregelatinizada de 0,594 (25,6°C), lo cual es contrario a lo obtenido experimentalmente pero se ubica en un rango aceptable pues pudo diferir el tiempo o condiciones de secado con respecto a la investigación referida.

### 5.3.2. Actividad de agua en granos y harina pregelatinizada de quinoa

La actividad de agua para los granos de quinoa (GQ) y la harina pregelatinizada (HQP), visualizada en la tabla 42, indica que se encuentra en el rango de productos de humedad intermedia de hasta 0,70 y esta propiedad le brinda estabilidad ante ataques microbianos y las reacciones degradativas de orden bioquímico oxidativo. El aumento de la actividad de agua puede ser atribuida a captación de agua ambiental por parte de la harina en el proceso de enfriamiento del producto laminado.

**Tabla 42. Actividad de agua de granos y harina pregelatinizada de quinoa**

Parámetros	Quínoa	
	GQ	HQP
<b>Humedad (%)</b>	8,78 ± 0,10 <b>b</b>	5,68 ± 0,06 <b>a</b>
<b>Actividad de agua</b>	0,563 (29,6°C)	0,623 (25,1°C)

Leyenda: GQ: granos de quinoa, HQP: Harina de quinoa pregelatinizada. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

### 5.3.3. Actividad de agua en semillas de chía

La actividad de agua de las semillas de chía (SC), en la tabla 43, demuestra que puede ser considerada como productos de humedad intermedia y esta propiedad le brinda estabilidad tanto microbiológica como bioquímica.

**Tabla 43. Actividad de agua de semillas de chía**

Parámetros	Semillas chía
<b>Humedad (%)</b>	3,57 ± 0,02
<b>Actividad de agua</b>	0,549 (25,1°C)

#### 5.3.4. Actividad de agua en pastas formuladas

En la tabla 44, se recogen los valores de actividad de agua de las pastas formuladas antes y después de ser sometidas a secado, observándose inicialmente la disminución de la actividad de agua en las pastas crudas secas debido a la remoción del agua débilmente ligada en la estructura de las pastas. También se evidencia que los valores de actividad de agua en las pastas secas se ubican en el rango de 0,5 a 0,7 por lo que se ajustan a productos de humedad intermedia, condición que le brinda estabilidad frente a las reacciones bioquímicas oxidativas así como al ataque bacteriano.

**Tabla 44. Actividad de agua de las pastas formuladas**

Parámetros	Pastas		
	PA	PAQ	PAQC
<b>Actividad de agua (antes del secado)</b>	0,981 (25,1°C)	0,957 (25,3°C)	0,979 (24,9°C)
<b>Humedad (%) (pastas secas)</b>	7,26 ± 0,03 <b>b</b>	7,52 ± 0,09 <b>a</b>	7,58 ± 0,02 <b>c</b>
<b>Actividad de agua (después del secado)</b>	0,645 (28,2°C)	0,651 (25,7°C)	0,583 (25,2°C)

Leyenda: PA: pasta de arroz, PAQ: pasta de arroz y quinoa, PAQC: pasta de arroz, quinoa y chía. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

En la investigación llevada a cabo por Barreto (2014) obtuvo valores de actividad de agua de 0,565 para pastas elaboradas con la mezcla de harinas de arroz y canavalia compactada con CMC, siendo éste inferior a lo obtenido en este estudio y puede atribuirse a las condiciones de secado experimentado por las muestras. Ortiz (2016) indica que pastas laminadas de arroz compactadas con CMC han presentado niveles de

actividad de agua de 0,522 (25,1°C). lo que corrobora que estos productos de pastificio puede ser considerados como de humedad intermedia.

#### **5.4. Color Instrumental de los Granos o Semillas y sus Harinas Crudas y Pregelatinizadas.**

Los parámetros de color en el espacio CIELAB están definido por coordenadas rectangulares conocidas como la luminosidad ( $L^*$ ) y el matiz o cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ ). Adicionalmente, al relacionar estos parámetros mediante una fórmula se obtiene el índice de blanco (IB) que representa la blancura total de las muestras en estudio; estos parámetros serán descritos a continuación según la materia prima, harinas y productos de pastificio.

##### **5.4.1 Color Instrumental de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A**

En la tabla 45, se visualizan los valores de los parámetros colorimétricos de luminosidad ( $L^*$ ), tinte ( $a^*$ ), croma ( $b^*$ ) e índice de blancura (IB) de las muestras de arroz en su forma paddy y como grano integral y sus respectivas harinas cruda así como pregelatinizada. Adicionalmente, se realizó las comparaciones estadísticas mediante ANOVA simple y pruebas de contraste de medias LSD a un nivel de confianza de 95%, las cuales están registradas en el anexo 7.

**Tabla 45. Color instrumental de arroz paddy, arroz integral y harina cruda y pregelatinizada a partir de arroz SD20A**

Parámetros colorimétricos	Muestra de arroz SD20A			
	Arroz Paddy (AP)	Arroz integral (AI)	Harina cruda (HAC)	Harina pregelat. (HAP)
<b>Luminosidad (<math>L^*</math>)</b>	59,25 ± 0,01a	63,53 ± 0,01b	85,84± 0,01c	83,44 ± 0,01d
<b>Tinte (<math>a^*</math>)</b>	7,93 ± 0,02a	3,53 ± 0,01b	2,51 ± 0,01c	1,74 ± 0,01d
<b>Croma (<math>b^*</math>)</b>	32,10 ± 0,02a	22,01 ± 0,01b	14,64 ± 0,01c	15,31 ± 0,01d
<b>I. Blancura (IB)</b>	49,17 ± 0,02a	59,50 ± 0,01b	84,54 ± 0,01d	82,01 ± 0,01c

Leyenda: Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En cuanto al parámetro luminosidad ( $L^*$ ) que representa una mayor o menor reflectancia de la luz y sus valores pueden variar entre 0 (negro) y 100 (blanco). En la tabla 45 se observa que las muestras de arroz son medianamente claras y al someter a descascarado y procesamiento para la obtención de harinas aumenta la claridad en las mismas. La harina cruda de arroz tiende a ser más blanca que la harina de arroz pregelatinizada, asumiéndose que el oscurecimiento es originado por el proceso de secado-cocción al que se somete la harina durante la laminación en el secador de rodillo.

Si se compara los valores obtenidos experimentalmente con los hallados por Von Atzingen y Machado Pinto (2005) para productos a base de arroz denominados Arrozin y crema de arroz cuyos valores de luminosidad son  $90,52 \pm 1,04$  y  $92,90 \pm 0,63$ , respectivamente, se puede decir que son muy similares a los de la harina cruda de arroz. Ortiz (2016) halló un valor de luminosidad para el arroz comercial (descascarado y pulido) de 93,65 siendo superior a lo reportado en la tabla 45 para el arroz integral o descascarado lo cual es lógico pues este grano no ha sido pulido. En cuanto a las harinas, Barreto (2014) señala que para harina precocida de arroz clasificado como de segunda la luminosidad es de 95,33 y Ortiz (2016) determinó valores de luminosidad de 92,84 y 84,62 para harina cruda de arroz comercial y la harina pregelatinizada de la misma muestra de arroz, experimentalmente lo obtenido es similar a lo hallado para la harina pregelatinizada de arroz.

Para el parámetro tinte  $a^*$ , la correlación de valores positivos indican color rojo, el cero representa al color gris y los valores negativos indican color verde. En la tabla 45, se observa que para las muestras de arroz el tinte es ligeramente rojizo por tener valores positivos, siendo superior en el arroz paddy debido a la cáscara que lo recubre; mientras que para el caso de las harinas tanto cruda como pregelatinizada son muy cercanos a cero lo que indica a tonalidad grisácea. Al comparar con lo obtenido por Von Atzingen y Machado Pinto (2005) para productos a base de arroz denominados Arrozin y crema de arroz con valores de  $a^*$  de  $7,12 \pm 0,06$  y  $6,73 \pm 0,08$ , respectivamente, lo cual es similar a lo obtenido para el arroz paddy. Ortiz (2016) obtuvo para arroz comercial un valor de  $a^*$

de 0,16, representando color grisáceo, difiriendo con lo determinado experimentalmente para arroz SD20A. Barreto (2014) para muestra de harina de arroz precocido un valor de tinte  $a^*$  -0,04, coincidiendo con tonalidad ligeramente verde por tener valores negativos; Ortiz (2016) para harina cruda de arroz comercial halló un valor de  $a^*$  de 0,17 y de 1,46 para la respectiva harina pregelatinizada, siendo ésta última similar a la de la harina pregelatinizada de arroz SD20A.

En el caso de la coordenada  $b^*$  correspondiente al croma los valores positivos indican color amarillo, cero el color gris y los valores negativos son representados por el color azul. En la tabla 45, se observan valores positivos lo cual indica tonalidades cremas o amarillas en las muestras de arroz y sus harinas y éstas resultaron ser superiores a los valores obtenidos por Von Atzingen y Machado Pinto (2005) para productos a base de arroz denominados Arrozín y crema de arroz con cuyos  $b^*$  son respectivamente  $7,90 \pm 0,05$  y  $6,73 \pm 0,08$ . Ortiz (2016) obtuvo para arroz comercial un valor de  $b^*$  de 9,31, representando color tenuemente crema, siendo más amarillo el determinado experimentalmente para arroz SD20A. Barreto (2014) para muestra de harina de arroz precocido un valor de croma  $b^*$  6,26, coincidiendo con tonalidad ligeramente crema; Ortiz (2016) para harina cruda de arroz comercial halló un valor de  $b^*$  de 9,07 y de 11,57 para la respectiva harina pregelatinizada, resultando semejante a la de la harina pregelatinizada de arroz SD20A.

El índice de blancura (IB) varió en las muestras tanto de arroz como de harinas aumentando a medida que la muestra de arroz fue sometida a procesos tecnológicos de descascarado y molienda, aunque la pregelatinización la disminuyó levemente y se ordena de la siguiente forma: arroz paddy (49,17 %), arroz integral (59,50), harina de arroz pregelatinizada (82,01 %) y harina de arroz cruda (84,54). Ortiz (2016) halló un efecto contrario en arroz comercial ( $94,11 \pm 0,02\%$ ), harina de arroz cruda ( $93 \pm 0,01\%$ ) y harina de arroz pregelatinizada ( $85,42 \pm 0,01\%$ ). Lo cual puede ser explicado por los cambios de temperatura en el procesamiento de las harinas que favoreció el oscurecimiento no enzimático de la muestra.

#### 5.4.2. Color instrumental de granos y harina pregelatinizada de quinoa

Los parámetros colorimétricos de luminosidad ( $L^*$ ), tinte ( $a^*$ ), croma ( $b^*$ ) e índice de blancura (IB) de las muestras de granos de quinoa (GQ) y de harina pregelatinizada de quinoa (HPQ), se muestran en la tabla 46. A estas muestras se les aplicó comparaciones estadísticas, en anexo 8, para contrastar las medias e identificar si existen diferencias significativas entre las mismas.

**Tabla 46. Color instrumental de granos y harina pregelatinizada de quinoa.**

Parámetros	Quinoa	
	GQ	HQP
Luminosidad ( $L^*$ )	73,43±0,01a	76,01±0,01b
Tinte ( $a^*$ )	5,34±0,02b	3,85±0,02a
Croma ( $b^*$ )	24,37±0,02a	24,38±0,02a
Índice Blancura (IB)	69,10±0,02a	71,89±0,01b

Leyenda: GQ: granos de quinoa, HQP: Harina de quinoa pregelatinizada. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.

En cuanto al parámetro luminosidad ( $L^*$ ) para granos y harina pregelatinizada de quinoa, en la tabla 46, se observa que las muestras de granos son claras y al someter al procesamiento para la obtención de la harina aumenta la claridad de la misma. Si se compara los valores obtenidos experimentalmente con los hallados por Arapa-Carcasi y Padrón-Pereira (2014) para granos de quinoa cuyo valor de luminosidad es de 70, siendo muy similares a los determinados experimentalmente.

Para el parámetro tinte  $a^*$ , Arapa-Carcasi y Padrón-Pereira (2014) obtuvieron para granos de quinoa un valor de 8 correspondiente a valores positivos que indican color ligeramente rojo.

En la tabla 46, se observa que tanto para las muestras de granos de quinoa como para su harina pregelatinizada el tinte es ligeramente rojizo, tal lo evidencian los investigadores antes citados, siendo el valor de tinte superior en el grano probablemente debido a la

cáscara que lo recubre; mientras que para el caso de la harina pregelatinizada son inferior por efecto del procesamiento.

En el caso del croma  $b^*$ , Arapa-Carcasi y Padrón-Pereira (2014) determinaron un valor de 44 para granos de quinoa, cuyo valor se sitúa en la escala de color amarillo. En la tabla 46, se observan valores positivos de aproximadamente  $24,37 \pm 0,02$ , tanto para las muestras de granos de quinoa como para su harina pregelatinizada, lo que demuestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras en estudio y el color resultante indica tonalidades ligeramente cremas.

El índice de blancura (IB) varió en las muestras tanto de granos de quinoa como en su harina pregelatinizada incrementándose a medida que la muestra fue sometida a procesos tecnológicos de desaponificación, molienda y pregelatinización. Para los granos de quinoa se obtuvo un 69,10% y la harina pregelatinizada de quinoa un 71,89%.

#### 5.4.3. Color instrumental de semillas y harina cruda de chíá

Los valores de luminosidad ( $L^*$ ), tinte ( $a^*$ ), croma ( $b^*$ ) e índice de blancura (IB) de las muestras de las semillas de chíá (SC) y de la harina cruda de chíá (HCC), se detallan en la tabla 47, y en el anexo 9, se detallan las comparaciones estadísticas aplicadas para diferenciar las medias de las muestras en estudio.

**Tabla 47. Color instrumental de semillas y harina cruda de chíá**

Parámetros colorimétricos	Muestra de chíá	
	Semillas (Sc)	Harina cruda (HCC)
Luminosidad ( $L^*$ )	$39,58 \pm 0,01$ a	$40,99 \pm 0,01$ b
Tinte ( $a^*$ )	$3,38 \pm 0,03$ a	$2,50 \pm 0,02$ b
Croma ( $b^*$ )	$14,64 \pm 0,01$ a	$14,71 \pm 0,01$ b
I. Blancura (IB)	$36,62 \pm 0,01$ a	$38,17 \pm 0,01$ b

Leyenda: Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En la medición de color instrumental se determinó la luminosidad  $L^*$  cuyo valor fue de 39,58 para las semillas de chía y de 40,99 para harina cruda de chía; existiendo diferencias estadísticas significativas a un nivel de confianza de 95%, la luminosidad mide la sensación de color que la hace equivalente a la producida por algún elemento de la escala de grises que va desde el blanco (máxima luminosidad cercana a 100) hasta el negro (mínima luminosidad tendencia a 0). Los valores obtenidos de  $L^*$  nos corroboran la coloración gris de las semillas en estudio.

Los valores del componente tinte  $a^*$ , en la tabla 47, a pesar de ser positivos se acercan al cero que representa al color gris y ligeramente tinte rojizo. En el caso de la coordenada  $b^*$  o croma, los valores obtenidos son positivos lo que indican tonalidades grisáceas y amarillas, lo cual puede coincidir con la estructura marmoleada de las semillas.

El índice de blancura (IB) por su parte varió en las muestras de semillas de chía en las cuales se obtuvo un valor de 36,62% mientras que en la harina cruda aumentó a 38,17% cuando la muestra de semillas fue sometida a trituration.

#### **5.4.4. Color instrumental en pastas formuladas**

En la tabla 48, se recopilan los valores de los parámetros colorimétricos luminosidad ( $L^*$ ), tinte ( $a^*$ ), croma ( $b^*$ ) e índice de blancura (IB) de las muestras de pastas en estado crudo/seco y luego de ser sometidas a cocción según el tiempo óptimo determinado. Cabe resaltar que en el anexo 10, se especifican las comparaciones estadísticas aplicadas para diferenciar las medias de las muestras en estudio tanto entre las pastas secas como en las pastas cocidas.

Para el parámetro luminosidad se observa, en la tabla 48, que en el caso de las pastas en estado crudo/secas fue disminuyendo a medida que se incorporaban ingredientes a la formulación. Siendo la más luminosa la pasta base de arroz SD20A y la menos clara la compuesta por arroz, quinoa y chía.

**Tabla 48. Color instrumental de las pastas formuladas en estado crudo/seca y cocidas.**

Muestras de pastas	Parámetros colorimétricos			
	Luminosidad (L*)	Tinte (a*)	Croma (b*)	I. Blancura (IB)
Arroz (PA)	63,68 ± 0,01e	4,91 ± 0,01b	24,15 ± 0,01b	58,72 ± 0,01b
Arroz cocida (PAc)	67,03 ± 0,05f	2,25 ± 0,01b	15,51 ± 0,02b	65,18 ± 0,06 b
Arroz/Quinoa (PAQ)	59,37 ± 0,01c	6,08 ± 0,02b	25,54 ± 0,04b	53,25 ± 0,02 b
Arroz/Quinoa cocida (PAQc)	60,41 ± 0,07d	4,15 ± 0,03b	19,16 ± 0,06b	57,14 ± 0,09 b
Arroz/Quinoa/chía (PAQC)	51,25 ± 0,02a	5,58 ± 0,04b	22,48 ± 0,03b	45,72 ± 0,02 b
Arroz/Quinoa/chía cocida (PAQcC)	52,72 ± 0,01b	3,95 ± 0,06b	15,98 ± 0,03b	50,08 ± 0,06 b

Leyenda: Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

Al comparar lo obtenido experimentalmente con lo hallado por Mertz y Wang (2011) para una pasta de harina de arroz cuyo valor de luminosidad fue de 90,90 y lo expuesto por Thomas y col. (2014) para pastas a base de arroz Basmati cuyo valor de luminosidad es de  $77,13 \pm 0,55$ , se puede decir que la pasta de arroz SD20A, es menos luminosa y esto se puede atribuir a que el arroz no se le aplicó pulido lo que afecta su claridad. Ortiz (2016) obtuvo una luminosidad de 73,48 en pasta de arroz comercial compactada con CMC siendo un poco más clara que la formulada con arroz SD20A, probablemente producto de que el arroz comercial es descascarado y pulido y el arroz SD20A sólo fue descascarado.

Las pastas formuladas en estado crudo/seco se pueden comparar con una pasta comercial de 100% sémola de trigo que según el estudio realizado por Granito y colaboradores (2003), determinaron un valor de luminosidad L\* de 86.98, observándose que la misma es superior a la de las pastas sustituidas con quinoa y quinoa y chía que resultaron ser ligeramente más marrones que la pasta de sémola de trigo. Por su parte, Mora Guzmán (2012) halló un valor de luminosidad de 56.59 para una pasta compuesta e 70% trigo y

30% quinoa siendo esta inferior al 59,37 de una pasta formulada con 70% arroz y 30% de quinoa.

En cuanto a la luminosidad de las pastas cocidas fue superior a las que presentaban las pastas crudas/secas y también se evidenció la pérdida de claridad en la pasta según este orden decreciente: pasta cocida de arroz (67,03) > pasta cocida de arroz/quinoa (60,41) > pasta cocida de arroz/quinoa/chia (52,72). Mertz y Wang (2011) señaló en pasta cocida formulada con harina de arroz que el valor de luminosidad fue de 81,40, siendo inferior a lo que había obtenido en estado crudo 90,90, siendo esto contrario a lo obtenido en esta investigación. Ortiz (2016) visualizó un ligero incremento en la luminosidad de las pastas de arroz comercial luego de someter las mismas a cocción coincidiendo con lo experimentado por las pastas objeto de estudio.

El tinte  $a^*$  en las pastas crudas/secas se refiere al grado de tonalidad rojo/marrón de la muestra, y experimentalmente se demostró que la incorporación de quinoa y quinoa y chíá aumentó levemente el tinte de las pastas, ver tabla 48, tendiendo a coloración tenuemente marrón. Al comparar con lo obtenido por Mertz y Wang (2011) para pasta de harina de arroz el valor de  $a^*$  es -0,60 y de 0,23 para Thomas y col (2014) quienes analizaron una pasta de arroz basmati, que indica tendencia a coloración ligeramente verde. Mientras que Ortiz (2016) obtuvo un valor de  $a^*$  de 1,61 para una pasta de arroz comercial compactada con CMC, siendo inferior a lo determinado experimentalmente en las pastas elaboradas a base de arroz SD20A. En las pastas cocidas disminuyó el tinte de las pastas en el siguiente orden: pasta cocida de arroz/quinoa (4,15) > pasta cocida de arroz/quinoa/chía (3,95) > pasta cocida de arroz (2,25). A este respecto Mertz y Wang (2011) obtuvieron un valor de tinte de 2,30 en pasta cocida a base de harina de arroz siendo este valor muy similar a lo obtenido para la pasta de arroz SD20A.

En cuanto al parámetro colorimétrico denominado croma ( $b^*$ ) en las pastas crudas/secas los valores obtenidos se ordenan de la siguiente manera: pasta de arroz/quinoa/chía (22,48) < pasta de arroz (24,15) < pasta de arroz/quinoa (25,54) tendiendo al color crema claro. Mertz y Wang (2011) determinaron un valor de croma de 6,40 en pasta a base de

harina de arroz estando por debajo de lo hallado para la pasta de arroz SD20A. Ortiz (2016), por su parte obtuvo un 13,58 para pasta de arroz comercial siendo este valor casi la mitad del obtenido experimentalmente lo que indica un color crema muy tenue. Al someter las pastas ensayadas experimentalmente a cocción los valores de croma descendieron con respecto a las pastas crudas tal como sigue: pasta de arroz (15,51) < pasta de arroz/quinoa/chía (15,98) < pasta de arroz/quinoa (19,16) adquiriendo las pastas un color crema muy atenuado. Mertz y Wang (2011) para la pasta cocida de harina de arroz obtuvo un valor de croma de 18,70 evidenciando un incremento de este parámetro tras la cocción. Mientras que Ortiz (2016), por su parte obtuvo un valor de 11,89 para pasta de arroz comercial demostrando una disminución del parámetro tal como ocurrió en las pastas compuestas por arroz SD20A.

Finalmente, el índice de blancura (IB) varió en las muestras de pastas formuladas a base de arroz SD20A en estado cruda/seca disminuyendo a medida que se incorporó los otros ingredientes, tal como se muestra a continuación: pasta de arroz (58,72) > pasta de arroz/quinoa (53,25) > pasta de arroz/quinoa/chía (45,72), lo cual es un comportamiento lógico pues las materias incorporadas son menos blanca que el arroz. En las pastas cocidas el IB aumentó con respecto a las pastas crudas/secas siguiendo este orden: pasta de arroz (65,18) > pasta de arroz/quinoa (57,14) > pasta de arroz/quinoa/chía (50,08).

### **5.5. Textura Instrumental en Pastas Formuladas**

La textura representa uno de los atributos más apreciados en los productos de pastificio, seguido de las características de la forma y color de las mismas. En este punto se muestra como se afecta la textura y sus descriptores en pastas tanto en estado crudo/seco y luego de ser sometidas a cocción de acuerdo al tiempo óptimo determinado experimentalmente. En la tabla 49, se detallan los parámetros texturales de las pastas objeto de estudio en sus formas crudas secas y cocidas.

**Tabla 49. Textura instrumental de las pastas formuladas en estado cruda/seca y cocidas.**

Parámetros texturales	MUESTRAS DE PASTAS					
	CRUDAS/SECAS			COCIDAS		
	PA	PAQ	PAQC	PAC	PAQc	PAQCc
Dureza (N)	53,858±0,005 a	65,445±0,017 b	77,850±0,014 c	27,116±0,005 C	10,025±0,008 A	24,261±0,002 B
Fracturabilidad (N)	45,248±0,017 a	60,080±0,014 b	63,248±0,010 c	--	--	--
Masticabilidad	--	--	--	31,813±0,003 A	162,584±0,002 B	187,549±0,003 C
Cohesividad	--	--	--	5,989±0,008 A	10,384±0,012 C	7,730±0,026 B
Elasticidad	--	--	--	1,000±0,000 B	0,998±0,001 A	0,998±0,001 A
Resilencia	--	--	--	0,117±0,002 C	0,071±0,002 A	0,112±0,002 B
Gomosidad	--	--	--	30,958±0,005 A	104,096±0,004 B	162,656±0,003 C

Leyenda: --: no hubo lectura, Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En las pastas formuladas en estado crudo/seco se determinaron los parámetros texturales de dureza y fracturabilidad considerando una presión de prueba 0,02 N; nivel de compresión de 75% y un espesor de 12,5mm. Los valores obtenidos se recogen en la tabla 49, en la cual se puede evidenciar que la pasta elaborada con arroz/quinoa/chía (PAQC) resultó ser más rígida pues requieren mayor fuerza para su quiebre o fracturabilidad y esto es sustentado por su nivel de dureza que también fue superior a la de la pasta formulada con arroz/quinoa y la pasta de arroz, siendo esta última la más frágil. Es importante destacar que la dureza es medida como la fuerza alcanzada en el pico máximo durante la primera compresión de la muestra en el texturómetro y la fracturabilidad determina la fuerza de quiebre de la pasta al simular la mordida. Tanto la dureza como la fracturabilidad presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras de pastas estudiadas tal como se visualiza en el anexo 11.

Se comparó el parámetro dureza instrumental en las pastas crudas (secas) con una pasta de 70% trigo y 30% quinoa laminada formulada por Mora Guzmán (2012) cuyo valor fue 54,42 N; siendo este valor inferior a la formulada en esta investigación con 70%

arroz SD20A y 30% quinoa (65,445 N) pero es similar a la de la pasta de arroz SD20A (53,858 N). Ortiz (2016) determinó un valor de 45,639 N para una pasta de arroz comercial laminada y compactada con CMC y este resultado es inferior a los 53,858 N para la pasta extruida de arroz SD20A.

En cuanto al parámetro fracturabilidad en pastas crudas/secas al contrastar las medias se corroboraron diferencias estadísticas significativas entre las medias de las muestras de pastas, esto se visualiza en el anexo 11, resultando ser más frágil la pasta de arroz SD20A (45,248 N) y se hace más resistente al quiebre a medida que se incorporan los ingredientes reportándose valores de 60,080 N para pasta de arroz/quinoa y de 63,248 N para pasta de arroz/quinoa/chía. Según el estudio de Mora Guzmán (2012) la fracturabilidad de una pasta laminada compuesta por 70% trigo y 30% quinoa fue de 2,99 N, observándose un valor inferior que hace suponer que es muy quebradiza. Ortiz (2016) por su parte halló para una pasta laminada de arroz comercial compactada con CMC que para el quiebre de la misma se requiere una fuerza de 40,741 N, siendo este valor un poco inferior al de la pasta extruida pudiendo inferirse que el arroz SD20A puede ser más rígido que el arroz comercial común o que el formato de la pasta extruida le puede brindar resistencia a la estructura de la pasta.

En el caso de las pastas cocidas la textura es el principal criterio reológico para evaluar su calidad y ejerce gran influencia en la aceptación por parte del consumidor. Se debe tener presente que la textura de por sí es un término engañoso ya que la mayoría de los productos alimenticios, incluyendo pastas, presentan más de un parámetro de textural, por lo que se considera emplear la terminología de propiedades texturales ya que la misma implica muchos más parámetros o características, tanto sensoriales como instrumentales (Ortiz, 2012). En este estudio se llevó a cabo un perfil de textura de las pastas formuladas en estado cocido considerando una presión de prueba 0,02 N, nivel de compresión 75% y un espesor de 12,5mm aplicando el scrip denominado Food Texture Profile mm-N del programa informático MAP 3.0,. Los valores de los parámetros texturales: dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad se detallan en la tabla 49 y el estudio estadístico en el anexo 12.

Para el parámetro dureza, representa la máxima fuerza de compresión en la primera mordida o pico de la primera curva positiva, experimentalmente se halló un valor de fuerza para la pasta de arroz SD20A de  $27,116 \pm 0,005$  N, disminuyendo en la pasta de arroz/quinoa ( $24,261 \pm 0,002$  N) y resultando la pasta de arroz/quinoa la que presentó menor dureza ( $10,025 \pm 0,005$  N), estos resultados muestran que al añadir quinoa la pasta resulta ser más blanda que la que solo tiene arroz pero que se puede hacer un poco más rígida al añadir chía probablemente por el mucilago o polisacárido que forma al estar en contacto con el agua. En todos los casos las muestras presentaron diferencias estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%, tal como se visualiza en el anexo 12.

Mertz y Wang (2011) para una pasta de arroz cocida halló un valor de dureza de  $73.9 \pm 0,193$  N siendo este superior a lo determinado en las pastas formuladas experimentalmente, esto puede atribuirse a la variedad de materia prima y del tiempo de cocción aplicado. Y al comparar con lo obtenido por Ortiz (2016) el valor de dureza para una pasta laminada de arroz comercial que fue 22.171 N, que es un poco inferior a lo hallado para la pasta de arroz SD20A extruida, resaltando que quizás la variedad de arroz, el formato de la pasta y el tiempo de cocción puede tener influencia en este parámetro textural.

En cuanto al parámetro masticabilidad, definida como el producto de gomosidad por elasticidad (que es igual a dureza por cohesividad y por elasticidad) equivale al proceso de masticación de la muestra (Petitot y col., 2010; Ortiz, 2012). En el análisis textural se determinó para la muestra de pasta de arroz SD20A un valor de masticabilidad de  $31,813 \pm 0,003$ , el cual se visualiza altamente incrementado en las pastas de arroz/quinoa y en la pasta de arroz/quinoa/chía donde se obtuvieron valores de  $162,584 \pm 0,002$  y  $187,549 \pm 0,00$ , respectivamente. Se aplicó un análisis de varianza con los datos de masticabilidad de las pastas en estudio y se evidencian diferencias significativas a un nivel de confianza de un 95%, en el anexo 12. Ortiz (2016) determinó la masticabilidad para una pasta laminada de arroz comercial que fue  $31,313 \pm 0,003$ , que difiere muy poco con lo obtenido para la pasta de arroz SD20A extruida.

Se midió el parámetro cohesividad que se obtiene a través del cálculo o razón del trabajo realizado al aplicar la fuerza en la simulación del primer y segundo mordisco en el análisis de perfil de textura (Ortiz, 2012). La cohesividad se ordenó de la siguiente manera: pasta de arroz ( $5,989 \pm 0,008$ ) < pasta de arroz/quinoa/chía ( $7,730 \pm 0,026$ ) < pasta de arroz/quinoa ( $10,384 \pm 0,012$ ), estos resultados muestran que las pastas procedentes de la mezcla de arroz y quinoa requirieron mayor trabajo para la deformación durante la simulación de la masticación que la pasta de arroz. Adicionalmente, para discriminar si el parámetro cohesividad en las pastas cocidas presentaba diferencias significativas a un nivel de confianza de un 95% se realizó un análisis estadístico, en el anexo 12; donde demostró diferencias significativas entre las mismas pues el valor de p fue inferior a 0,05.

También se analizó el parámetro elasticidad que está definido por la altura que recupera el alimento o pasta durante el tiempo que transcurre entre la primera y la segunda compresión que ocurre en el texturómetro durante el análisis de perfil de textura cuando se simulan dos mordiscos y se mide la altura de cada mordisco por separado, de estas dos medidas se obtiene un ratio de elasticidad, que es el valor reflejado en el análisis (Petitot y col., 2010). Para la muestra de pasta arroz elasticidad fue de  $0,998 \pm 0,010$  mm y para las pastas de arroz/quinoa y de arroz/quinoa/chía fue  $1,000 \pm 0,000$  mm, en este caso el valor igual o superior a 1 indica elasticidad de las pastas, otra cosa que se debe tener en cuenta es que pastas con alta elasticidad tiene una textura gomosa mientras que un producto con baja elasticidad es un producto quebradizo. Mertz y Wang (2011) hallaron valores negativos de -0,07 para la elasticidad en pastas elaboradas a partir de harina de arroz sin otro aditivo adicional, mientras que Ortiz (2016) determinó un valor de 0,980 mm para una pasta laminada de arroz comercial compactada con CMC, que es muy similar a lo obtenido para la pasta de arroz SD20A.

La resiliencia en los alimentos se basa en la medida de la recuperación elástica de la muestra después de una deformación y se determinó como la razón entre el área bajo la segunda mitad del primer pico y el área bajo la primera mitad del mismo pico; esta propiedad permite evaluar la capacidad del tallarín o pasta de recuperar su forma

original después de la primera compresión (Petitot y col., 2010). La resiliencia se ordenó de la siguiente manera: pasta de arroz/quinoa ( $0,071 \pm 0,002$ ) < pasta de arroz/quinoa/chía ( $0,112 \pm 0,002$ ) < pasta de arroz ( $0,117 \pm 0,002$ ), estos resultados muestran baja resiliencia en las pastas formuladas, es decir que las mismas tienen poca capacidad de recuperar su forma luego de la primera mordida.

El parámetro textural denominado gomosis resulta de la multiplicación de la dureza instrumental por la cohesividad (Petitot y col., 2010). Experimentalmente se determinó para la muestra de pasta de arroz SD20A  $30,958 \pm 0,005$  y para las pastas de arroz/quinoa de  $104,096 \pm 0,004$  y de  $162,66 \pm 0,004$  para pasta de arroz/quinoa/chía, con este resultado se comprueba que a medida que se incorporan los ingredientes las pastas presentan textura gomosa y alta elasticidad; en el caso de la pasta que contiene chía se le puede atribuir el nivel de gomosis por la acción de la sustancia mucilaginoso que produce al estar en contacto con el agua y esta pudiera tener efecto como una goma. Mertz y Wang (2011) hallaron valores negativos de  $-5,1 \pm 1,6$  para la gomosis en pastas elaboradas a partir de harina de arroz sin otro aditivo adicional. Ortiz (2016) en pasta laminada de arroz compactada con CMC determinó una gomosis de 30,361, que es muy similar a la obtenida para la pasta de arroz SD20A. Según lo afirmado por Edwards y col. (1995) el uso de gomas incrementa la firmeza, gomosis y elasticidad de las pastas tal como lo demostraron en su investigación donde la adición de goma xantan mejora la firmeza de la pasta, aunque hay un aumento del parámetro textural gomosis, y recomiendan hacer ajustes en cuanto a la proporción de goma a emplear para que pueda ser aceptada por los consumidores.

## **5.6. Composición proximal y energética de los granos y semillas, sus harinas crudas y pregelatinizadas y las pastas formuladas**

En este apartado se detallan los análisis de composición proximal de los granos de arroz, quinoa y chía, las harinas y pastas formuladas. Asimismo se describe la energía aportada por las proteínas, grasas y carbohidratos totales de los granos, harinas y pastas mediante la aplicación de la conversión a través de los valores Atwater.

### 5.6.1. Composición proximal, aporte energético y acidez de granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A

En la tabla 50, se muestra los porcentajes de los macronutrientes y el contenido de acidez que componen a los granos de arroz paddy e integral así como las harinas tanto en estado crudo como pregelatinizado.

**Tabla 50. Composición proximal y acidez titulable de arroz SD20A y sus harinas cruda y pregelatinizada.**

Parámetros (%)	Arroz SD20A		Harinas	
	AP	AD	HAC	HAP
<b>Humedad</b>	6,69 ± 0,04a	7,58 ± 0,02b	11,86 ± 0,11B	10,62 ± 0,07A
<b>Proteína cruda</b>	6,09 ± 0,20a	6,36±0,07b	6,43 ± 0,06A,b	8,35± 0,10B
<b>Grasa cruda</b>	1,44 ± 0,04 a	1,39 ± 0,08a	1,32 ± 0,03B	0,91 ± 0,04A
<b>Cenizas</b>	5,33 ± 0,09b	1,35 ± 0,07a	1,44 ± 0,06A	1,53 ± 0,03B
<b>Fibra dietética</b>	Nd	Nd	4,43 ± 0,06A	4,82 ± 0,08B
<b>Carb. disponibles</b>	Nd	Nd	74,51	73,76
<b>Carb. totales</b>	80,45	83,32	78,94	78,58
<b>Acidez titulable (ml NaOH/g)</b>	1,67± 0,29b	1,33 ± 0,29a	1,33 ± 0,29B	1,17 ± 0,29A

Leyenda: AP: arroz paddy, AD: arroz descascarado, HAC: Harina de arroz cruda, HAP: Harina de arroz pregelatinizado. Nd= no determinado. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En cuanto al contenido de humedad se evidencia, en la tabla 50, que es superior en el arroz descascarado ( $7,58\pm 0,02\%$ ) con respecto al arroz cáscara o paddy ( $6,69\pm 0,04\%$ ), y al comparar con lo descrito por Juliano (1994) el arroz paddy y el integral o descascarado puede presentar una humedad en campo de 14%; el INN (2012) por su parte indica que el arroz integral puede contener un 8,30% de agua, en todos los casos estos valores referenciales son superiores a los obtenidos experimentalmente. Con respecto a las harinas procedentes del arroz descascarado, el porcentaje de humedad en la harina pregelatinizada ( $10,62 \pm 0,07\%$ ) fue inferior al de la harina cruda ( $11,86 \pm 0,11\%$ ), lo cual es posible por el proceso de desecación originado en el secador de tambores giratorios. Los valores alcanzados para la humedad de las harinas en estudio se

encuentran en el rango estipulado por la Norma COVENIN 2300-93 (máximo 12%), y son superiores al 8,10% declarado por el INN (2012) y lo hallado por Ortiz (2016) para harina cruda de arroz comercial ( $9,87\pm 0,05\%$ ) y ( $8,52\pm 0,07\%$ ) en la harina pregelatinizada. Los resultados de humedad de las muestras experimentales fueron sometidos a análisis evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los contenidos medios de humedad para un nivel de confianza del 95,0% (en anexo 13).

El análisis de proteína, calculado con factor de conversión de nitrógeno a proteínas de 5,95) refleja que en el arroz descascarado alcanza un  $6,36\pm 0,007\%$  en cambio en el arroz cáscara o paddy fue de  $6,09\pm 0,20\%$  y ambos porcentajes son inferiores a los reportados por INN (2012) de 8,50% para arroz integral, pero se encuentran en el rango expuesto por Juliano (1994) que indica un rango de 5,8 a 7,7% para arroz paddy, aunque es inferior a 7,1 a 8,3% para arroz integral. En relación a los contenidos de proteína cruda en las harinas de arroz, la misma es inferior en la harina cruda ( $6,43\pm 0,06\%$ ) con respecto a la pregelatinizada ( $8,35\pm 0,10\%$ ), los valores alcanzados se encuentra en el rango estipulado por la Norma COVENIN 2300-93 para arroz blanco de 6,80% mínimo, aunque para el caso de la harina cruda resulta ser inferior al valor de 7,23% según el reporte 20061 de harina de arroz integral de la base de nutrientes de la USDA (2014) y el 7,6% indicado por el INN (2012); sin embargo la harina pregelatinizada de arroz SD20A supera los estándares establecidos por los organismos mencionados. Ortiz (2016) halló en harina cruda de arroz comercial un  $7,06\pm 0,20\%$  de proteína cruda y  $7,36\pm 0,27\%$  en la pregelatinizada, establecen un rango similar a lo obtenido para arroz SD20A. Se debe acotar que estadísticamente se evidenciaron diferencias significativas en el contenido de proteína entre las muestras estudiadas (anexo 13).

El contenido de grasa cruda en el arroz SD20A descascarado es de  $1,39\pm 0,08\%$  y de  $1,44\pm 0,04\%$  en el arroz paddy, es de hacer notar que entre estas muestras de arroz estadísticamente no se encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa (anexo 13). Estos valores experimentales son inferiores a los determinados por INN (2012) de 1,5% para arroz integral y por Juliano (1994) que indica un rango de 1,5 a 2,3% para arroz paddy y de 1,6 a 2,8% para arroz integral. En cuanto a las harinas se

halló menor contenido de grasa en la pregelatinizada ( $0,91\pm 0,04\%$ ) que en la cruda ( $1,32\pm 0,03\%$ ) y estos valores son inferiores al 0,70% referido por el INN (2012) pero hay que considerar que este valor referencial es para harina de arroz blanco, es decir descascarado, desgerminado y pulido; por lo que comparamos con el máximo de 2 % expresado por la Norma COVENIN 2300-93 y el sugerido en el reporte 20061 para harina de arroz integral en la base de nutrientes de la USDA (2014) que indica un 2,78% de grasa cruda, constituyendo un valor de casi el doble obtenido para la harina pregelatinizada de arroz SD20A. Ortiz (2016) determinó en la harina cruda de arroz comercial  $0,66\pm 0,03\%$  y en la pregelatinizada  $0,63\pm 0,02\%$  de grasa cruda, que se encuentran por debajo de lo hallado para las harinas arroz SD20A. Estadísticamente en referencia al contenido de grasa cruda existen diferencias significativas entre las harinas de arroz obtenidas experimentalmente (anexo 13).

El contenido de cenizas, en la tabla 50, varió en las muestras de arroz SD20A alcanzando un  $5,33\pm 0,09\%$  en el arroz paddy y de  $1,35\pm 0,07\%$  en el arroz descascarado, lo cual es lógico pues el grano de arroz paddy se encuentra recubierto de la cáscara que es una estructura anatómica del grano rica en componentes minerales que permite la elevación de las cenizas en la muestra. Al comparar con lo descrito por Juliano (1994) que determinó para arroz paddy un rango de cenizas de 2,9 a 5,2% y de 1,0 a 1,5% para arroz integral, siendo similares a los obtenidos para el arroz SD20A. El valor obtenido para arroz descascarado SD20A es semejante al 1,40% establecido por INN (2012). Con respecto a las harinas de arroz SD20A se obtuvo un contenido de cenizas para la cruda  $1,44\pm 0,06\%$  y  $1,53\pm 0,03\%$  para la pregelatinizada, siendo estos valores superiores a los sugeridos por la Norma COVENIN 2300-93 de máximo 0,80%, el 0,70% de INN (2012) y lo referido por Ortiz (2016) para harina cruda de arroz comercial  $0,44\pm 0,02\%$  y  $0,41\pm 0,04\%$  en la pregelatinizada, se hace la misma salvedad que las referencias son en base a arroz descascarado y pulido conocido en la bibliografía como blanco. El análisis estadístico determinó que existen diferencias significativas entre las muestras de granos y de harinas respectivamente (anexo 13).

La fibra dietética fue determinada en las muestras de harinas de arroz SD20A obteniendo un  $4,43 \pm 0,06\%$  para la cruda y  $4,82 \pm 0,08\%$  para la pregelatinizada, existiendo entre ellas diferencias estadísticamente significativas (anexo13). El reporte 20061 para harina de arroz integral en la base de nutrientes de la USDA (2014) indica un 4,60% de fibra dietética para harina de arroz integral, siendo este valor similar a lo hallado para las harinas de arroz SD20A.

En cuanto al contenido de carbohidratos totales, en la tabla 50, se evidencia un mayor contenido en el arroz descascarado o integral (83%) que en el arroz paddy (80,45%), y es debido a que en el arroz integral, se elimina la cáscara del grano dejando en mayor concentración el almidón. A este respecto el INN (2012) establece para arroz integral un 80,30% de carbohidratos totales, que es similar a lo obtenido experimentalmente.

En las harinas de arroz SD20A se determinó tanto los carbohidratos disponibles como los totales. En la harina cruda se obtuvo un contenido de carbohidratos disponibles de 74,51% y 73,76% en la harina pregelatinizada. El reporte 20061 para harina de arroz integral en la base de nutrientes de la USDA (2014) indica un 76,48% de carbohidratos disponibles para harina de arroz integral, que es solo un poco inferior al obtenido para las harinas de arroz SD20A. En cuanto a los carbohidratos totales se halló un 78,94% para la harina cruda de arroz SD20A y de 78,58% para la harina pregelatinizada, estos valores son inferiores a los porcentajes de carbohidratos reportados por el INN (2012) de 82,9% para harina de arroz blanco y Ortiz (2016) que determinó 81,67% y 83,88 % para harina cruda de arroz comercial y harina pregelatinizada, respectivamente.

En referencia a la acidez como parámetro químico de calidad en las harinas, se observa en la tabla 50, que sus niveles son aceptables tanto en granos de arroz SD20A paddy ( $1,67 \pm 0,29$  ml NaOH/100g), arroz descascarado ( $1,33 \pm 0,29$  ml NaOH/100g), como en las harinas tanto cruda ( $1,33 \pm 0,29$  ml NaOH/100g) como pregelatinizada ( $1,17 \pm 0,29$  ml NaOH/100g), pues sus valores se encuentran por debajo del máximo de 3 ml de NaOH/100g de harina establecido por COVENIN 2300-1993. Al aplicar un análisis de

varianza se indica que existen diferencias estadísticas significativas entre los contenidos medios de acidez para un nivel de confianza del 95,0%.

Con relación a los valores de energía total se tomó como coeficientes Atwater los valores de conversión de 4 para proteínas y carbohidratos y de 9 para grasas. Una vez obtenido los contenidos de los macronutrientes como lo son proteínas, grasas y carbohidratos se obtiene el aporte energético tanto de las muestras de arroz como de las harinas. Los resultados se muestran en la tabla 51.

**Tabla 51. Energía aportada por granos, harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A**

Parámetros	Arroz SD20A		Harinas de arroz	
	AP	AD	HAC	HAP
<b>Proteína cruda</b>	22,08	25,44	25,72	33,40
<b>Grasa cruda</b>	12,96	12,51	11,88	8,19
<b>Carb. totales</b>	321,79	332,02	315,77	314,31
<b>Energía total (Kcal/100g)</b>	<b>356,83</b>	<b>369,97</b>	<b>353,37</b>	<b>355,90</b>

Leyenda: AP: arroz paddy, AD: arroz descascarado, HAC: Harina de arroz cruda, HAP: Harina de arroz pregelatinizado.

En el caso de los granos de arroz SD20A paddy el aporte energético de 356,83 Kcal/100g y el grano descascarado de 369,97 Kcal/100g, reportando Juliano (1994) para arroz paddy 378 Kcal/100g y un rango para arroz integral de 363-385 Kcal/100g, coincidiendo con lo obtenido para los granos SD20A, el INN (2012) establece para arroz integral un 354 Kcal/100g, que es inferior a lo hallado experimentalmente. En cuanto a las harinas de arroz SD20A, se determinó 353,37Kcal/100g para la harina cruda y 355,90 Kcal/100g para la harina pregelatinizada; y esto es comparado con lo estipulado por INN (2012) de 366 Kcal/100g para harina de arroz y con lo indicado de 363 Kcal/100g por la base de nutrientes de la USDA para harina integral de arroz, observándose que estos valores son cercanos.

### 5.6.2. Composición proximal, acidez y aporte energético de granos y harina pregelatinizada de quinoa

En la tabla 52, se muestra los porcentajes de los macronutrientes y el contenido de acidez presentes en los granos de arroz paddy e integral así en las harinas tanto en estado crudo como pregelatinizado.

**Tabla 52. Composición proximal de granos y harina pregelatinizada de quinoa**

Parámetros (%)	Quinoa	
	GQ	HQP
<b>Humedad</b>	8,78 ± 0,10 <b>b</b>	5,68 ± 0,06 <b>a</b>
<b>Proteína cruda</b>	15,56 ± 0,16 <b>a</b>	20,44 ± 0,13 <b>b</b>
<b>Grasa cruda</b>	5,08 ± 0,08 <b>a</b>	5,63 ± 0,08 <b>b</b>
<b>Cenizas</b>	2,26 ± 0,04 <b>a</b>	2,34 ± 0,04 <b>b</b>
<b>Fibra dietética</b>	ND	11,91 ± 0,06
<b>Carbohidratos disponibles</b>	ND	54,01
<b>Carbohidratos totales</b>	68,32	65,92
<b>Acidez titulable (ml NaOH/100g)</b>	1,67 ± 0,29 <b>b</b>	1,33 ± 0,29 <b>a</b>

Leyenda: GQ: granos de quinoa, HQP: Harina de quinoa pregelatinizada. Nd= no determinado. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En cuanto al contenido de humedad tanto en los granos como en la harina pregelatinizada de quinoa, en la tabla 52, se observa que esta es mayor en los granos (8,78±0,10%) que en la harina pregelatinizada (5,68±0,06%), estos resultados fueron sometidos a análisis estadísticos evidenciando diferencias significativas para un nivel de confianza del 95,0% (en anexo14). Estos valores experimentales se contrastaron con lo indicado por IBNORCA (2007) que establece un máximo de 13,50% de humedad para los granos de quinoa, así mismo el Instituto Nacional de Salud de Perú (2009) en sus tablas de composición de alimentos sugieren un 11,50% y el reporte 20035 de la base de datos de nutrientes USDA (2014) un 13,28% en grano de quinoa, en todos los casos el valor experimental es inferior a lo mencionado por los investigadores. En el caso de la harina de quinoa, Reyes y Colaboradores (2009) indican un 13,70% en las tablas peruanas de alimentos, mientras que Delgado y Albarracin (2012) hallaron un 11,74%,

en contraste Cervilla y col. (2012) determinaron un rango de humedad de 5,04 a 11,73%, dentro del cual se ubica la harina pregelatinizada de quinoa obtenida experimentalmente.

El contenido de proteína (calculado con factor de conversión de nitrógeno a proteínas de 6,25) muestra que el grano de quinoa presenta un  $15,56 \pm 0,16\%$  de proteína cruda y su harina pregelatinizada un  $20,44 \pm 0,13\%$ . En el anexo 14, se visualizan las pruebas estadísticas que corroboran las diferencias significativas en el contenido de proteína entre las muestras estudiadas. IBNORCA (2007) sugiere que los granos de quinoa contienen como mínimo 10% de proteína cruda, las tablas peruanas de composición de alimentos (Reyes y col, 2009) mencionan un 13,60% y el reporte 20035 para granos de quinoa en la base de nutrientes de la USDA (2014) es de 14,12% de proteínas. Estos porcentajes son inferiores pero muy cercanos al hallado en los granos estudiados. Con relación al contenido de proteína cruda en la harina pregelatinizada de quinoa, su valor experimental fue superior a lo obtenido en las tablas peruanas de composición de alimentos de 9,10%, Delgado y Albarracin (2012) halló un 11,84%, y Cervilla y col. (2012) establecieron un rango de humedad de 13,40 a 17,32%, esto puede explicarse en el menor valor de humedad de la harina pregelatinizada de quinoa.

El porcentaje de grasa cruda en el grano de quinoa fue de  $5,08 \pm 0,08\%$  y de  $5,63 \pm 0,08\%$  para la harina pregelatinizada, es de hacer notar que entre estas muestras estadísticamente se encontraron diferencias significativas en el contenido de grasa (anexo 14). El valor experimental de grasa para el grano de quinoa cumple con lo propuesto por IBNORCA (2007) de mínimo 3,50% pero es inferior a lo establecido por Reyes y colaboradores (2009) en las tablas peruanas de composición de alimentos que indican un 5,80% y un 6,07% en la base de datos de nutrientes de la USDA (2014) reporte 20035 para quinoa en grano. En referencia a la harina pregelatinizada de quinoa, su valor experimental fue superior a lo obtenido en las tablas peruanas de composición de alimentos de 2,60% y el 2,05% determinado por Delgado y Albarracin (2012) y no se ubica en el rango de 6,70 a 9,64% establecido por Cervilla y col. (2012), pero puede indicarse que es un buen valor de grasa en la harina pregelatinizada de quinoa.

El contenido de cenizas, en la tabla 52, fue de  $2,26\pm 0,04\%$  para el grano de quinoa y de  $2,34\pm 0,04\%$  para la harina pregelatinizada. Al comparar con lo referido por IBNORCA (2007) para los granos de quinoa que establece un mínimo 4,0% siendo superior a lo hallado experimentalmente, aunque es más similar a lo fijado por Reyes y colaboradores (2009) en las tablas peruanas de composición de alimentos que indican un 2,5% y un 2,38% en la base de datos de nutrientes (2014). Con respecto a la harina de quinoa, las tablas peruanas de composición de alimentos indican 2,50% de cenizas y Cervilla y col. (2012) propone el contenido de cenizas en el rango de 2,01 a 3,31%, y en este se ubica el porcentaje de cenizas para la harina pregelatinizada de quinoa. Por su parte Delgado y Albarracín (2012) hallaron un valor inferior al experimental que fue de 1,74% de cenizas. Se debe mencionar que el análisis estadístico determinó que existen diferencias significativas entre los contenidos de cenizas de las muestras de granos y harinas de quinoa (anexo 14).

La fibra dietética de la harina pregelatinizada de quinoa fue de  $11,91\pm 0,06\%$  y las tablas peruanas de alimentos (Reyes y col., 2009) indican un contenido de 3,10%, que es muy superior al valor experimental, y se puede inferir que en la harina pregelatinizada hay un menor contenido de agua lo cual refiere la concentración de los macronutrientes y de allí el mayor valor en fibra.

Con relación al contenido de carbohidratos totales, en los granos de quinoa, el valor obtenido se ubicó un 68,32%, siendo este aceptable pues IBNORCA (2007) establece para los granos de quinoa que establece un mínimo 65,0% y un 64,15% en el reporte 20035 de la base de datos de nutrientes USDA (2014). Mientras que para la harina de quinoa se determinó tanto los carbohidratos disponibles como los totales. El contenido de carbohidratos disponibles fue de 54,01% y de 65,92% para los carbohidratos totales; sólo Cervilla y col. (2012) indican un rango de 71,91 a 77,73% de carbohidratos totales, que es superior a lo hallado experimentalmente.

En referencia a la acidez como parámetro químico de calidad, se observa que los valores lo ubican como alimento de baja acidez y se obtuvo para granos de quinoa un valor de

1,67±0,29 ml NaOH/100g, y de 1,33±0,29ml NaOH/100g, para la harina pregelatinizada de quinoa. Al aplicar un análisis de varianza se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los contenidos medios de acidez para un nivel de confianza del 95,0%.

Luego de conocer los contenidos de los macronutrientes como lo son las proteínas, grasas y carbohidratos se obtiene el aporte energético tanto de los granos de quinoa como de su respectiva harina pregelatinizada, tomando en cuenta los coeficientes Atwater de conversión de 4 para carbohidratos y proteínas y de 9 para grasas. Los resultados se muestran en la tabla 53.

En el caso de los granos de quinoa el aporte energético es de 381,24 Kcal/100g y aumenta al ser procesada como harina pregelatinizada brindando hasta 396,11 Kcal/100g; para los granos de quinoa según Reyes y colaboradores (2009) en las tablas peruanas de alimentos establecen 343 Kcal/100g y el reporte 20035 para granos de quinoa en la base de nutrientes de la USDA (2014) indica un aporte de energía de 368 Kcal/100g, que son menores al obtenido experimentalmente y esta variación puede ser debida a la variedad de quinoa estudiada. En ambos casos, tanto como grano o como harina, la quinoa es un ingrediente o alimento energético con valores similares a lo brindado por otros cereales como el arroz, cuyo principal aporte de energía proviene de los carbohidratos pero en el caso de la quinoa su contenido de proteína también contribuye.

**Tabla 53. Energía aportada por granos y harina pregelatinizada de quinoa.**

Parámetros	Quinoa	
	GQ	HQP
<b>Proteína cruda</b>	62,24	81,76
<b>Grasa cruda</b>	45,72	50,67
<b>Carb. totales</b>	273,28	263,68
<b>Energía total (Kcal/100g)</b>	<b>381,24</b>	<b>396,11</b>

Leyenda: GQ: granos de quinoa, HQP: Harina de quinoa pregelatinizada.

### 5.6.3. Composición proximal, acidez y aporte energético de harina Cruda de Chía

En la tabla 54, se muestra los resultados experimentales para la composición proximal y el contenido de acidez que aporta la harina cruda de semillas de chía. El contenido de humedad de la harina cruda de semillas de chía es de  $3,57 \pm 0,02\%$ , y este resultó ser similar al 3,90% hallado por Iglesias (2013) e inferior al 4,40% determinado por Bautista Justo y col. (2007), el 4,90% sugerido por Nutridata (2013) y el 5,80% de humedad indicado en el reporte de la USDA 12006 (2014) para semillas de chía. Esta variación de humedad puede atribuirse al tratamiento postcosecha y empacado de las semillas.

**Tabla 54. Composición proximal de harina cruda de chía**

<b>Componente (%)</b>	<b>Harina cruda de chía (HCC)</b>
<b>Humedad</b>	$3,57 \pm 0,02$
<b>Proteína cruda</b>	$21,83 \pm 0,18$
<b>Grasa cruda</b>	$20,40 \pm 0,11$
<b>Cenizas</b>	$4,62 \pm 0,09$
<b>Fibra dietética</b>	$45,14 \pm 0,07$
<b>Carboh. disponibles</b>	4,43
<b>Carbohidratos totales</b>	49,57
<b>Acidez titulable (ml NaOH/100g)</b>	$0,83 \pm 0,29$

Leyenda: Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

El porcentaje de proteína en la harina cruda de semillas de chía se obtuvo  $21,83 \pm 0,18\%$ , representando un alimento proteico. Este valor resulta superior al 18,70% de proteína cruda hallado por Bautista Justo y col. (2007), al 15,60% propuesto por Nutridata (2013) y al 16,54% de proteína reportado en la base de datos de la USDA 12006 (2014). El valor más similar al porcentaje de proteína cruda determinado experimentalmente es el 20,20% hallado por Iglesias (2013).

En cuanto al contenido de grasa la harina cruda de semillas de chía es de  $20,40 \pm 0,11\%$ , el cual se considera alto y le confiere la propiedad de ser una buena fuente oleaginosa. Aunque el valor experimental es inferior a lo hallado por diferentes investigadores como 30% determinado por Bautista Justo y col. (2007), el 30,80% propuesto por Nutridata (2013) y el 30,74% establecido en el reporte 12006 de la USDA (2014) para semillas de chía.

En la harina cruda de semillas de chía el porcentaje de cenizas fue de  $4,62 \pm 0,09\%$ , y según Bautista Justo y col. (2007) su valor es de 2,5%, 2,03% indica Iglesias (2013), siendo más parecido al 4,90% reportado por Nutridata (2013).

El porcentaje de fibra dietética resulto ser de  $45,14 \pm 0,07\%$  en la harina cruda de chía, y es superior a lo propuesto por Bautista Justo y col. (2007) quienes indican 20,30%, 30,90% según Iglesias (2013), 37,70% establecido por Nutridata (2013) y 34,4% de fibra dietética referido en el reporte 12006 de la USDA (2014) para semillas de chía.

A partir del gran aporte de fibra dietética los carbohidratos disponibles (principalmente azúcares o almidón) en la harina cruda de chía, resultaron ser bajos alcanzando apenas un 4,43%. Mientras que los carbohidratos totales suman un 49,57% incluyendo la fibra que principalmente en este tipo de semillas se basa en sustancias mucilaginosas que recubren a la semilla una vez que es hidratada. Iglesias (2013) halló que las semillas de chía pueden contener hasta un 43,80% de carbohidratos totales.

La acidez de la harina cruda de semillas de chía fue de  $0,83 \pm 0,29$ , siendo la más baja en relación a la obtenida para los granos y harinas de arroz SD20A y quinoa.

En la tabla 55 se muestran los datos calculados de energía aportada por los macronutrientes proteína, grasa y carbohidratos totales obtenidos en la tabla 54 tomando en cuenta los coeficientes Atwater en función a conversión en Kilocalorías (Kcal).

**Tabla 55. Energía aportada por harina cruda de chía.**

<b>Parámetros</b>	<b>Chía</b>
<b>Proteína cruda</b>	87,32
<b>Grasa cruda</b>	183,60
<b>Carb. totales</b>	198,28
<b>Energía total (Kcal/100g)</b>	<b>469,20</b>

El cálculo del aporte energético es importante pues el organismo necesita energía para desarrollar sus funciones tales como el trabajo físico, el mantenimiento de la temperatura corporal, funcionamiento de los órganos principales, reparar los tejidos dañados y mantenerse en perfecto estado de salud. Esta energía se obtiene de los nutrientes contenidos en los alimentos, fundamentalmente de los hidratos de carbono, grasas y proteínas, mediante un proceso de oxidación (combustión).

La energía aportada por las semillas de chía resultó ser de aproximadamente 480 Kcal, lo cual se asemeja a lo indicado por Nutridata (2013). El valor obtenido nos indica que es un producto altamente energético siendo ampliamente influenciado por los importantes contenidos en carbohidratos y grasa cruda.

#### **5.6.4. Composición proximal, acidez y aporte energético de pastas formuladas**

En la tabla 56, se detallan los resultados experimentales para la composición proximal y el contenido de acidez de las pastas a base de arroz, arroz y quinoa y la de arroz, quinoa y chia. Cabe resaltar que se aplicaron análisis estadísticos, mostrados en el anexo 15, entre estos análisis de varianza y pruebas de contraste o comparación de medias a un nivel de confianza del 95%.

Los porcentajes de humedad en las pastas formuladas, aunque son muy cercanos difieren entre sí estadísticamente (anexo 15), los mismos se ubican en el límite establecido en la norma COVENIN 283:1994 de 13,5% máximo, siendo un poco mayor que el valor referido de 11,91% por el reporte 20133 para fideos secos de arroz de la base de datos de nutrientes de la USDA (2014) y el aportado por Juliano (1994) de 12,40% para

tallarines de arroz. Sin embargo, Mora Guzmán (2012) determinó un valor de 7,24% para una pasta trigo/quinoa en proporción 70:30, que es muy similar a lo obtenido experimentalmente. Es de hacer notar que el contenido de humedad final en las pastas es adecuado y se puede presumir un largo tiempo de vida útil.

**Tabla 56. Composición proximal y acidez titulable de las pastas formuladas.**

Parámetros (%)	Pastas formuladas		
	PA	PAQ	PAQC
<b>Humedad</b>	7,26 ± 0,03 <b>b</b>	7,52 ± 0,09 <b>c</b>	6,97 ± 0,09 <b>a</b>
<b>Proteína cruda</b>	8,24 ± 0,21 <b>a</b>	13,75 ± 0,18 <b>b</b>	17,06 ± 0,04 <b>c</b>
<b>Grasa cruda</b>	0,94 ± 0,04 <b>a</b>	1,18 ± 0,08 <b>b</b>	1,92 ± 0,06 <b>c</b>
<b>Cenizas</b>	1,55 ± 0,09 <b>a</b>	1,66 ± 0,05 <b>b</b>	1,81 ± 0,03 <b>c</b>
<b>Fibra dietética</b>	6,58 ± 0,03 <b>a</b>	6,79 ± 0,03 <b>b</b>	9,69 ± 0,04 <b>c</b>
<b>Carbohidratos disponibles</b>	75,41	69,10	62,54
<b>Carbohidratos totales</b>	82,00	75,89	72,23
<b>Acidez titulable (%H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</b>	1,83 ± 0,29 <b>a</b>	2,17 ± 0,29 <b>b</b>	2,07 ± 0,12 <b>a,b</b>

Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

En cuanto a los contenidos de proteína cruda obtenidos para las pastas, se observa que al incorporar los ingredientes aumenta el porcentaje de proteínas, mostrándose como sigue: pasta de arroz 8,24 ± 0,21%, pasta de arroz y quinoa 13,75 ± 0,18% y en la pasta de arroz/quinoa/chia 17,06 ± 0,04%, y estadísticamente existen discrepancias entre ellas a un nivel de confianza de 95% (anexo15). Con respecto a los valores de referencia, COVENIN 283:1994 para pastas de maíz, arroz u otro cereal establece un máximo de 10,50% de proteína cruda, comprobándose que al incorporar la quinoa y la mezcla de quinoa y chia aumenta la cantidad de proteínas y es lógico pues las mismas tienen altos niveles, tal como se demuestra en los respectivos análisis de granos y harinas antes discutidos; los valores obtenidos experimentalmente son superiores si se compara con el 5% indicado por Juliano (1994) para tallarines de arroz, el 5,95% reseñado por el reporte 20133 para fideos secos de arroz de la base de datos de nutrientes de la USDA (2014) y el 7,17% para la pasta de arroz comercial compactada con CMC ensayada por Ortiz

(2016). Es de resaltar que Mora Guzmán (2012) halló 12,86% de proteína cruda para una pasta trigo/quinoa en proporción 70:30 que es sólo un poco inferior a la pasta de arroz/quinoa. En resumen las pastas formuladas presentan un buen aporte proteico.

Los valores de grasa cruda determinados para las pastas formuladas se incrementan al incorporar los ingredientes al arroz base, observándose la siguiente variación  $0,94 \pm 0,04$  % para pasta de arroz SD20A,  $1,18 \pm 0,08$ % para pasta de arroz/quinoa y de  $1,92 \pm 0,06$ % para pasta de arroz/quinoa/chía, es de hacer notar que en esta última el contenido de grasa duplicaba al de la pasta de arroz SD20A. Los distintos investigadores hallaron niveles de grasa cruda de 0,56% en el reporte 20133 de la base de datos de nutrientes de la USDA (2014) para fideos secos de arroz y de 0,71% según Ortiz (2016) para pasta de arroz compactada con CMC, siendo estos inferiores a la obtenido experimentalmente, sin embargo Mora Guzmán (2012) determinó un 3,36% de grasa para una pasta constituida por 70% trigo y 30% de quinoa, que supera ampliamente a lo estimado experimentalmente para la pasta mezcla de arroz/quinoa y arroz/quinoa/chía. La discrepancia estadística entre las muestras fue significativa y se visualiza en el anexo 15.

Los porcentajes de cenizas de las pastas presentaron similar comportamiento pues se elevó a medida que se incorporaron la quinoa y la mezcla de quinoa/chía al arroz SD20A que constituye la base. Obteniendo un  $1,55 \pm 0,09$ % para pasta de arroz,  $1,66 \pm 0,05$ % para pasta de arroz/quinoa y de  $1,81 \pm 0,03$ % para pasta de arroz/quinoa/chia. Estos valores mostraron entre las muestras de pastas diferencias estadísticamente, a un nivel de confianza del 95% mostrado en el anexo 15. Ortiz (2016) refiere que una pasta de arroz compactada con CMC presenta 0,71% de cenizas y COVENIN 283:1994 establece un mínimo de 1% de cenizas en las pastas. Mora Guzmán (2012) señala que una pasta de 70% trigo y 30% quinoa alcanzó hasta 1,20% de cenizas siendo un poco inferior a lo hallado para la pasta de arroz/quinoa, cabe destacar que el CMC presenta sodio en su estructura y esto puede aumentar el nivel de cenizas en las pastas ensayadas.

La fibra dietética igualmente se incrementó a medida que se enriquecía con las materias primas alcanzando un  $6,58 \pm 0,03\%$  de pasta de arroz,  $6,79 \pm 0,03\%$  para pasta de arroz/quinoa y  $9,69 \pm 0,04\%$  para pasta de arroz/quinoa/chía, en el caso de esta última la chía presenta naturalmente mucilagos que aportan fibra al producto de pastificio. El reporte 20133 de la USDA (2014) para fideos de arroz indica un valor de 1,60% pero se debe tener en cuenta que el arroz empleado sólo fue descascarado y no pulido lo que pudo incrementar el nivel de fibra dietética. Se observan en el anexo 15 las diferencias estadísticas entre las muestras en referencia al contenido de fibra dietética.

En cuanto al contenido de carbohidratos disponibles y totales para las pastas se evidenció que fue superior en la pasta de arroz (75,41% y 82% de los disponibles y totales, respectivamente) y disminuyó en la pasta de arroz/quinoa (69,10% y 75,89% de los disponibles y totales) y en la de arroz/quinoa/chía (62,54% y 72,23% para disponibles y totales). También se visualiza que los porcentajes de carbohidratos disponibles son inferiores a lo sugerido de 80,18% en el reporte 20133 de la USDA (2014) para fideos de arroz y el 74,76% hallado por Mora Guzmán (2012) para pasta trigo/quinoa a proporción 70:30.

El porcentaje de acidez expresado como % de ácido sulfúrico determinado en las pastas formuladas osciló entre 1,83 y 2,17% y estos valores se consideran aceptables al compararlas con lo establecido en COVENIN 283:1994 de máximo de 10,5% de ácido sulfúrico para pasta a base de cereales. El análisis estadístico se detalla en el anexo 15.

El aporte energético de las pastas (tabla 57) es similar aunque superior en 5 puntos la pasta de arroz/quinoa/chía alcanzando 374,47 Kcal/100g, influenciado principalmente por la grasa provista por las semillas de chía. Para tallarines de arroz Juliano (1994) establece 364 Kcal/100g, mientras que en el reporte 20133 de la base de nutrientes de la USDA (2014) para fideos de arroz indica 355,8 Kcal/100g y Ortiz (2016) obtuvo un aporte energético de 350,07 Kcal/100g para pasta de arroz comercial laminada compactada con CMC, en todos los casos fue superior la energía aportada por la pasta obtenida a partir

de arroz SD20A y eso se explica por la incidencia de un mayor contenido proteico y graso que el de las pastas referidas por los investigadores.

**Tabla 57. Energía aportada por las pastas formuladas**

Parámetros	Pastas formuladas		
	PA	PAQ	PAQC
<b>Proteína cruda</b>	32,96	54,99	68,22
<b>Grasa cruda</b>	8,50	10,58	17,32
<b>Carb. totales</b>	327,99	303,57	288,93
<b>Energía total (Kcal/100g)</b>	<b>369,45</b>	<b>369,14</b>	<b>374,47</b>

Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía

### **5.7. Composición mineral de los granos y semillas, sus harinas crudas y pregelatinizadas y las pastas formuladas.**

Debido a la malabsorción y pérdida de minerales que presentan las personas que sufren celiaquía, a consecuencia de la disfunción a nivel de vellosidades intestinales mediada por el consumo de gluten y por consiguiente su posterior eliminación especialmente del calcio por la orina, es de suma importancia determinar el aporte en estos micronutrientes en las materias primas y productos finales en estudio, con el fin de verificar si sus contenidos son favorables o se requiere de la suplementación o complementación de estos minerales en la fórmula o dieta de este grupo de consumidores.

Para ello se midieron los contenidos de micronutrientes (calcio, hierro, magnesio y sodio) y de metales pesados (cadmio, mercurio y plomo) en el arroz SD20A, granos de quinoa y chía mediante el análisis elemental de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES).

En la tabla 58, se detallan las longitudes de onda escogidas para cada elemento de interés, tanto minerales como metales pesados, su escogencia se basó en la mejor lectura según el mayor % de tiempo de integración o de RSD, por ejemplo en el caso del

elemento magnesio se escoge entre las líneas atómicas de 285,213 para Mg I y 280,270 para Mg II. Obteniendo mayor %RSD para la línea de magnesio de 280,70.

**Tabla 58. Longitudes de onda escogidas para cada elemento mineral en estudio.**

Elemento	Longitud de onda( $\lambda$ )
<b>Minerales</b>	
<b>Calcio (Ca)</b>	393,66
<b>Hierro (Fe)</b>	238,204
<b>Magnesio (Mg)</b>	280,271
<b>Sodio (Na)</b>	589,592
<b>Metales pesados</b>	
<b>Cadmio (Cd)</b>	228,802
<b>Mercurio (Hg)</b>	194,168
<b>Plomo (Pb)</b>	220,353

### **5.7.1. Minerales y metales pesados en harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A**

En la tabla 59, se presenta la composición mineral y el contenido de metales pesados de las harinas en estado crudo y pregelatinizado de arroz SD20A. Y en el anexo 16, se muestran los análisis estadísticos aplicados para la comparación de estas dos muestras de harinas.

El contenido de calcio determinado en la harina cruda de arroz SD20A es de  $29,98 \pm 3,25$  mg% en base húmeda y  $34,02 \pm 3,69$  mg% en base seca, y para la harina pregelatinizada de arroz los valores fueron de  $23,86 \pm 0,53$  mg% de calcio en base húmeda y  $26,69 \pm 0,59$  mg% en base seca. Las referencias indican 33 mg% de calcio (en base húmeda) en el reporte 20040 para arroz integral de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014), lo cual es similar a lo obtenido para la harina cruda de arroz SD20A, aunque difiere ampliamente del 11 mg% de calcio establecido en el reporte 20040 para la harina integral de arroz de la USDA (2014) y 7% reportado por el INN (2012) para harina de arroz.

**Tabla 59. Composición mineral y metales pesados en harina cruda y pregelatinizada de arroz SD20A**

Elemento		Harinas	
		HAC	HAP
<b>Minerales (mg%)</b>			
<b>Calcio</b>	Bh	29,98 ± 3,25 <b>b</b>	23,86 ± 0,53 <b>a</b>
	Bs	34,02 ± 3,69 <b>b</b>	26,69 ± 0,59 <sup>a</sup>
<b>Hierro</b>	Bh	6,73 ± 0,03 <b>a</b>	13,73 ± 0,35 <b>b</b>
	Bs	7,64 ± 0,03 <b>a</b>	15,36 ± 0,40 <b>b</b>
<b>Magnesio</b>	Bh	89,15 ± 1,61 <b>a</b>	93,88 ± 3,13 <b>b</b>
	Bs	101,15 ± 1,83 <b>a</b>	105,04 ± 3,51 <b>b</b>
<b>Sodio</b>	Bh	6,52 ± 0,53 <b>a</b>	6,57 ± 0,62 <b>a</b>
	Bs	7,40 ± 0,60 <b>a</b>	7,35 ± 0,69 <b>a</b>
<b>Metales pesados (mg/kg)</b>			
<b>Cadmio (Cd)</b>	Bh	ND	ND
	Bs	ND	ND
<b>Mercurio (Hg)</b>	Bh	ND	ND
	Bs	ND	ND
<b>Plomo (Pb)</b>	Bh	ND	ND
	Bs	ND	ND

Leyenda: HAC: Harina de arroz cruda, HAP: Harina de arroz pregelatinizado. ND: no detectado. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

Con respecto al magnesio se halló para harina cruda de arroz SD20A una concentración de 89,15±1,61 mg% en base húmeda y 101,15±1,83 mg% en base seca; y para la harina pregelatinizada de arroz SD20A 93,88±3,13 mg% en base húmeda y 105,04±3,51 mg% en base seca. INN (2012) indica para arroz integral un contenido de 101 a 120 mg% en base seca de magnesio, siendo este valor similar a lo determinado experimentalmente en las harinas obtenidas. Mientras que el reporte 20040 para harina de arroz integral de la base de nutrientes USDA (2014) establece un contenido de 112 mg% el cual disminuye a 35mg% si la harina procede de arroz blanco o pulido.

Adicionalmente, se determinó en la harina cruda de arroz un contenido de hierro de 6,73±0,03 mg% en base húmeda y 7,64±0,03 mg% en base seca; mientras que en la harina pregelatinizada de arroz se determinó en base húmeda 13,73±0,35 mg% y

15,36±0,40 mg% en base seca. Estos valores son superiores al 1,40 mg% reseñado por el INN (2012) y al 1,98 mg% referido en el reporte 20040 para harina de arroz integral de la tabla de nutrientes de la USDA (2014).

También se determinó un nivel de sodio de 6,52±0,53 mg% en base húmeda y de 7,40±0,60 mg% en base seca para la harina cruda de arroz SD20A; mientras que para la harina pregelatinizada fue de 6,57±0,62 mg% en base húmeda y de 7,35±0,69 mg% en base seca. El INN (2012) indica un contenido de 7 mg% de sodio en arroz integral y el reporte 20040 para harina integral de arroz de la tabla de nutrientes de la USDA (2014) de 8 mg%, ambos valores guardan similitud con lo hallado experimentalmente en las harinas. Cabe destacar que si al arroz descascarado se le hubiese aplicado el pulido la cantidad de sodio disminuye.

Es importante destacar que no se detectó metales pesados como cadmio, mercurio o plomo en las muestras de harina de arroz tanto en estado crudo como pregelatinizado, lo cual es positivo para el producto a elaborar.

### **5.7.2. Minerales y metales pesados en granos y harina pregelatinizada de quinoa**

En la tabla 60 se contrastan los contenidos de minerales así como de metales pesados en las semillas de quinoa y su harina pregelatinizada. Los análisis estadísticos aplicados para la comparación de las muestras de granos y harina de quinoa, se muestran en el anexo 17.

El contenido de calcio determinado en semillas de quinoa variedad blanca, en la tabla 60, es de 42,20±1,01 mg% en base húmeda y 46,27±1,11 mg% en base seca, lo cual es similar al valor de 47 mg% (en base húmeda) indicado en el reporte 20035 para granos de quinoa en la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014), mientras que Reyes y colaboradores (2009) en las tablas peruanas de composición de alimentos indican una concentración de 56 mg% de calcio, el valor obtenido experimentalmente se ubica por debajo del rango de 111 a 302 mg% en base seca sugerido por Miranda y Colaboradores (2013) al igual que el 148 mg%

determinado por Koziol (1992). En la harina pregelatinizada de quinoa el contenido calcio determinado es de  $62,44 \pm 2,04$  mg% en base húmeda y  $66,20 \pm 2,17$  mg% en base seca, evidenciándose un aumento en la composición mineral por efecto del procesamiento específicamente por reducción del contenido de agua cuando se compara con lo hallado en los granos. En las tablas peruanas de composición de alimentos (Reyes y col., 2009) reportan un contenido de 181 mg% de calcio en harina de quinoa, sin embargo Cervilla y Colaboradores (2012) hallaron un contenido de 50,31 mg% en base seca de calcio, por lo que el valor obtenido experimentalmente se considera aceptable al contrastar con estos últimos investigadores.

**Tabla 60. Composición mineral y metales pesados en granos y harina pregelatinizada de quinoa.**

Elemento		Quinoa	
		GQ	HQP
<b>Minerales (mg%)</b>			
<b>Calcio (Ca)</b>	Bh	$42,20 \pm 1,01$ a	$62,44 \pm 2,04$ b
	Bs	$46,27 \pm 1,11$ a	$66,20 \pm 2,17$ b
<b>Hierro (Fe)</b>	Bh	$3,69 \pm 0,05$ a	$21,56 \pm 1,08$ b
	Bs	$4,05 \pm 0,06$ a	$22,86 \pm 1,14$ b
<b>Magnesio (Mg)</b>	Bh	$135,22 \pm 4,97$ b	$126,92 \pm 1,93$ a
	Bs	$148,23 \pm 5,45$ b	$134,57 \pm 2,05$ a
<b>Sodio (Na)</b>	Bh	$5,08 \pm 0,61$ a	$6,00 \pm 0,65$ b
	Bs	$5,57 \pm 0,67$ a	$6,36 \pm 0,69$ b
<b>Metales pesados (mg/kg)</b>			
<b>Cadmio (Cd)</b>	Bh	ND	ND
	Bs	ND	ND
<b>Mercurio (Hg)</b>	Bh	ND	ND
	Bs	ND	ND
<b>Plomo (Pb)</b>	Bh	$0,0007 \pm 0,0012$	ND
	Bs	$0,0007 \pm 0,0012$	ND

Leyenda: GQ: granos de quinoa, HQP: Harina de quinoa pregelatinizada. ND: No detectado. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

Por otra parte, se determinó un contenido experimental de hierro de  $3,69 \pm 0,05$  mg% en base húmeda, el cual se encuentra entre el intervalo de 2,41 a 4,96mg% mencionado por

Stikic y colaboradores (2012), también es cercano al  $4,57 \pm 0,167$  mg% referido en el reporte 20035 para granos de quinoa en la tabla de nutrientes de la USDA (2014). Miranda y Colaboradores (2013) indican un rango entre 5,7 a 34,2 mg% (en base seca) de hierro siendo este superior al resultado obtenido en los granos en estudio donde el contenido de este mineral fue de  $4,05 \pm 0,06$  mg%. Para la harina pregelatinizada de quinoa se determinó experimentalmente un contenido en hierro de  $21,56 \pm 1,08$  y  $22,86 \pm 1,14$  mg% en base húmeda y seca, respectivamente; cuyo valor es superior al reportado por Reyes y colaboradores (2009) en sus tablas peruanas de composición de alimentos de 3,70 mg% de hierro en base húmeda y lo determinado por Cervilla y col. (2012) de 1,82 mg% en base seca para harinas de quinoa. Al comparar las muestras de semillas y harina pregelatinizada de quinoa se puede inferir que el proceso aumentó el contenido de hierro quizás atribuido a una descomplejización del hierro por efecto del calor o eliminación de saponinas por remojo.

En cuanto al magnesio se halló en la muestra de granos de quinoa  $135,22 \pm 4,97$  mg% en base húmeda y  $148,23 \pm 23$  mg% en base seca; Stikic y colaboradores (2012) indican un contenido de magnesio en el rango de 140 a 152 mg%, en el cual se ubica la muestra experimental. Pero otros investigadores como Miranda y Colaboradores (2013) mencionan que los niveles de magnesio oscilan entre 164,8 y 176,8 mg% en base seca, y el reporte 20035 para granos de quinoa en la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) muestra 197 mg% de magnesio en base húmeda, siendo superiores al comparar con los granos en estudio. En el caso de la harina de quinoa pregelatinizada el contenido de magnesio fue de  $126,92 \pm 1,93$  mg% en base húmeda y  $134,57 \pm 2,05$  mg% en base seca, a este respecto Cervilla, y Colaboradores (2012) refieren 117,09 mg% de magnesio, en base seca, que es inferior muy cercano al valor determinado experimentalmente.

Igualmente, se halló un nivel de sodio experimental en los granos de quinoa de  $5,08 \pm 0,61$  mg% en base húmeda, el cual coincide con los valores indicados en el reporte 20035 por la tabla de nutrientes de la USDA (2014) de 5 mg% (en base húmeda) y el rango de  $> 0,01$  a 11,33 mg% en base seca establecido por Miranda y Colaboradores

(2013). Mientras que para la harina pregelatinizada de quinoa fue de  $6,00 \pm 0,65$  mg%, aunque no existen referencias para comparar la harina el valor se considera aceptable si se contrasta con lo obtenido en las semillas crudas de quinoa.

En referencia a los metales pesados, se analizaron los granos y la harina pregelatinizada de quinoa en cuanto al contenido de cadmio y mercurio y los mismos no fueron detectados en concentración de mg por kg de muestra, aunque Cervilla, y Colaboradores (2012) hallaron cadmio en su investigación a nivel de 0,01 mg/kg en harina de quinoa. En los granos de quinoa en estudio la concentración de plomo alcanzó niveles de  $0,0007 \pm 0,0012$  mg/kg (tanto en base húmeda como en base seca), mientras que en la harina pregelatinizada no se detectó. Aunque no se halló una referencia de contenido de plomo para granos de quinoa, se comparó con lo determinado por Cervilla, y Colaboradores (2012) para harina de quinoa en base seca cuyo nivel alcanzó 0,08 mg/kg de, siendo éste superior a lo obtenido para la muestra de granos de quinoa empleada en esta investigación y el valor resulta aceptable y considerado como seguro al consumo.

Es de hacer notar que la variación en la composición mineral y en metales pesados de los granos de quinoa y por ende en la harina podría ser atribuida a diferencias en la variedad de la quinoa y a las condiciones en las que fue cultivada, entre estos tipo de suelo, fertilizantes, pesticidas, entre otros.

### **5.7.3. Minerales y metales pesados en harina cruda de chía**

En la tabla 61, se presenta la composición mineral y metales pesados de la harina en estado crudo de semillas de chía. En cuanto al contenido del macroelemento calcio en la harina cruda de chía se determinó experimentalmente concentraciones de  $68,10 \pm 6,78$  mg% de muestra en base húmeda y de  $70,62 \pm 7,03$  mg% de muestra en base seca. Estos contenidos se compararon con lo señalado por Bushway y Colaboradores (1981) que indican para semillas crudas de chía (en base seca) un contenido de calcio de 870 mg%, mientras que en el reporte 12006 para semillas de chía la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) fija un valor de 631 mg% de calcio en base húmeda, se puede distinguir que el nivel de calcio obtenido es

inferior a las referencias representando aproximadamente un 10% de lo hallado por los investigadores.

**Tabla 61. Composición mineral y metales pesados de harina cruda de chía.**

Elemento		Chía
<b>Minerales (mg%)</b>		
<b>Calcio</b>	Bh	68,10 ± 6,78
	Bs	70,62 ± 7,03
<b>Hierro</b>	Bh	3,95 ± 0,42
	Bs	4,09 ± 0,43
<b>Magnesio</b>	Bh	114,23 ± 7,95
	Bs	118,46 ± 8,25
<b>Sodio</b>	Bh	4,94 ± 0,85
	Bs	5,12 ± 0,88
<b>Metales pesados (mg/kg)</b>		
<b>Cadmio (Cd)</b>	Bh	ND
	Bs	ND
<b>Mercurio (Hg)</b>	Bh	ND
	Bs	ND
<b>Plomo (Pb)</b>	Bh	0,0013 ± 0,0012
	Bs	0,0014 ± 0,0012

En referencia al contenido de hierro (microelemento) en la harina cruda de semillas de chía, se obtuvo 3,95±0,42 mg% en base húmeda y 4,09±0,43 mg% en base seca (en la tabla 61) respecto a estos resultados existen pequeñas discrepancias con los valores indicados por los investigadores, siendo más cercano al valor expresado por Naturkost Uebelhoer (2008) de 6,5 mg% de hierro y el 7,72 mg% del reporte 12006 en semillas de chía de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) y difiere ampliamente por lo expuesto por Bushway y colaboradores (1981) quienes indican para semillas crudas de chía (en base seca) un contenido de hierro de 48,70 mg%.

Los contenidos de magnesio (macroelemento) en harina cruda de chía fueron de 114,23±7,95 mg% en base húmeda y 118,46±8,25 mg% en base seca, los cuales son muy inferiores a los expresados por Bushway y colaboradores (1981) quienes indican

para semillas crudas de chía (en base seca) un contenido de magnesio de 890 mg%, mientras que en el reporte 12006 para semillas de chía de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) establece 335 mg% de magnesio en base húmeda.

En cuanto al sodio en la harina cruda de semillas de chía, se determinó experimentalmente valores de  $4,94 \pm 0,85$  mg% en base húmeda y  $5,12 \pm 0,88$  mg% en base seca, en este caso Naturkost Uebelhoer (2008) expone valores inferiores a 0,3 mg% y el reporte 12006 para semillas de chía en la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) que menciona 16 mg% de sodio, por lo que los valores hallados se ubican entre las referencias antes citadas.

En relación a la presencia y contenido de metales pesados en la harina cruda de chía visualizándose que no se detectó cadmio ni mercurio en concentraciones de mg por kg de muestra, aunque en el reporte 12006 de semillas de chía de la base de datos de nutrientes de la USDA (2014) se establecen valores de cadmio de  $<0,01$  mg/kg y de mercurio de  $<0,0005$  mg/kg de semillas de chía. En cuanto al contenido de plomo éste alcanzó niveles de  $0,0013 \pm 0,0012$  mg/kg en base húmeda y de  $0,0013 \pm 0,0012$  mg/kg en base seca. El reporte 12006 de semillas de chía indica que puede hallarse en concentraciones menores a 0,05 mg/kg de semillas por lo que el valor experimental resulta aceptable y considerado como seguro al consumo. La presencia de plomo en las semillas de chía se atribuye a las condiciones de campo o cultivo, calidad de suelos y fertilizantes, pesticidas, entre otros.

#### **5.7.4. Minerales y metales pesados en pastas formuladas**

En la tabla 62, se visualiza la composición de micronutrientes y de metales pesados en las pastas formuladas. Los análisis estadísticos aplicados para la comparación de las muestras de pasta, se muestran en el anexo 18.

En cuanto al contenido de calcio en las pastas se determinó que en la pasta compuesta por arroz/quinoa hay mayor contenido de este micronutriente  $55,01 \pm 2,4$  mg%, seguida

de la pasta de arroz/quinoa/chía  $29,76 \pm 0,23$  mg% y por último la pasta de arroz con  $20,20 \pm 1,33$  mg%. Estos valores se comparan con lo señalado por INN (2012) que indica para pastas de trigo no enriquecidas (en base seca) el nivel de calcio es de 35 mg%, mientras que en el reporte 20133 para pasta de arroz de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) establece un valor de 18 mg% de calcio en base seca, se puede distinguir que el nivel de calcio obtenido es superior a la de las referencias y se debe tener en cuenta que el arroz SD20A se proceso sólo descascarado. En el caso de la pasta arroz/quinoa se justifica el mayor nivel de calcio pues la harina pregelatinizada de este grano aporta 66 mg% de este mineral, aunque se esperaba mayor valor en la pasta de de arroz/quinoa/chía pues las semillas de chía alcanzan aproximadamente 71 mg% de calcio.

**Tabla 62. Composición mineral y metales pesados de las pastas formuladas**

Elemento		Pastas		
		PA	PAQ	PAQC
<b>Minerales (mg%)</b>				
<b>Calcio</b>	Bh	$19,48 \pm 1,28$	$53,04 \pm 2,38$	$28,70 \pm 0,22$
	Bs	$20,20 \pm 1,33$ <b>a</b>	$55,01 \pm 2,46$ <b>c</b>	$29,76 \pm 0,23$ <b>b</b>
<b>Hierro</b>	Bh	$4,76 \pm 0,17$	$11,76 \pm 0,80$	$8,06 \pm 0,58$
	Bs	$4,94 \pm 0,18$ <b>a</b>	$12,20 \pm 0,83$ <b>c</b>	$8,36 \pm 0,60$ <b>b</b>
<b>Magnesio</b>	Bh	$47,70 \pm 0,82$	$108,67 \pm 2,73$	$90,28 \pm 1,00$
	Bs	$49,47 \pm 0,85$ <b>a</b>	$112,69 \pm 2,83$ <b>c</b>	$93,62 \pm 1,04$ <b>b</b>
<b>Sodio</b>	Bh	$9,27 \pm 0,12$	$18,26 \pm 0,54$	$35,79 \pm 2,14$
	Bs	$9,61 \pm 0,12$ <b>a</b>	$18,94 \pm 0,56$ <b>b</b>	$37,11 \pm 2,22$ <b>c</b>
<b>Metales pesados (mg/kg)</b>				
<b>Cadmio (Cd)</b>	Bh	ND	ND	ND
	Bs	ND	ND	ND
<b>Mercurio (Hg)</b>	Bh	ND	ND	ND
	Bs	ND	ND	ND
<b>Plomo (Pb)</b>	Bh	ND	ND	ND
	Bs	ND	ND	ND

Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

Según el INN (2015) en su revisión de necesidades y referencia de ingesta de nutrientes para el año 2012 indica que una persona requiere en promedio 1000 mg/día de calcio como ingesta adecuada, pero hay que tener en cuenta que este valor se incrementa hasta 1300 mg/día en personas con necesidades especiales como mujeres embarazadas, madres durante el período de lactancia, adultos mayores y pacientes con osteoporosis. En el caso de pacientes con trastorno de espectro autista, Juárez (2009) recomienda que debe suplementarse, siempre que se haya excluido los lácteos de su dieta, el calcio en dosis de 500 a 1000 mg diarios. Conociendo lo anterior, se puede decir que la suplementación con quinoa de las pastas aumenta los niveles de calcio y esto es importante en la dieta del celíaco pues con ello se subsana la pérdida de este mineral por predisposición orgánica (pérdida por malabsorción y/o deposición urinaria).

En relación al contenido de hierro en las pastas formuladas se visualiza similar comportamiento siguiendo este orden: pasta de arroz/quinoa  $12,20 \pm 0,83$  mg%, pasta de arroz/quinoa/chía  $8,36 \pm 0,60$  mg% y pasta de arroz  $4,94 \pm 0,18$  mg%. Cabe destacar que INN (2012) para pastas de trigo no enriquecidas (en base seca) fija 2,5 mg% de hierro, y 0,70 mg% (en base seca) es señalado en el reporte 20133 para pasta de arroz de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014), se puede visualizar que los contenidos de hierro en las pastas formuladas son superiores a los sugeridos por las referencias. Además que en las harinas pregelatinizadas de arroz SD20A y de quinoa el nivel de hierro es de aproximadamente 15 y 23 mg%, respectivamente. Con lo que se eleva la concentración de este mineral en el producto final o pasta.

Según el INN (2015) en su revisión de necesidades y referencia de ingesta de nutrientes para el año 2012 indica que una persona requiere en promedio 12 mg/día de hierro como ingesta adecuada, cumpliendo con este criterio las pasta de arroz complementada con quinoa y presentando valores aceptables las formulaciones a base de arroz y la mezcla de arroz/quinoa/chia. Es importante resaltar que en personas con enfermedad celíaca no tratada la anemia por deficiencia de hierro es común, lo cual se traduce en niveles bajos

de hemoglobina, por lo que se debe suplementar hierro en la dieta y las pastas elaboradas pueden constituir un buen vehículo de este mineral.

Los contenidos de magnesio (en base seca) en las pastas resultantes fueron de  $112,69 \pm 2,83$  mg% para pasta de arroz/quinoa,  $93,62 \pm 1,04$  mg% para pasta de arroz/quinoa/chia y de  $49,47 \pm 0,85$  mg% para pasta de arroz. Observándose que se duplica el contenido de magnesio de la pasta de arroz/quinoa/chía con respecto a la pasta base de arroz y casi se triplica en la pasta de arroz/quinoa. En el reporte 20133 para pasta de arroz de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) se sugiere que las mismas contienen 12 mg% de magnesio y este representa casi la cuarta parte de lo determinado experimentalmente. El INN (2015) sugiere una ingesta adecuada promedio entre 228 a 323 mg/persona/día de magnesio en una dieta de tipo occidental. Adicionalmente, se conoce que adultos con enfermedad celíaca sin tratar pueden perder masa ósea e incluso llegar a desarrollar osteoporosis debido a la incapacidad de absorber minerales como el calcio y el magnesio (por el daño de vellosidades intestinales), por lo que debe suplementar los mismos y se detalla que las pastas presentan valores aceptables de magnesio en sus formulaciones siendo la mezcla de arroz/quinoa/chia la de mayor aporte para estos consumidores.

En cuanto al sodio en las pastas desarrolladas se determinó experimentalmente valores de  $9,61 \pm 0,12$  mg% para pasta de arroz,  $18,94 \pm 0,56$  mg% para pasta de arroz/quinoa y de  $37,11 \pm 2,22$  mg% para pasta de arroz/quinoa/chía. Aumentado a medida que se incorporan los ingredientes, adicionalmente se debe tener en cuenta el agente compactante CMC que introduce iones de sodio proveniente de su estructura. Los valores obtenidos para el sodio se consideran aceptables pues el reporte 20133 para pasta de arroz de la base de datos de nutrientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2014) propone 182 mg% de sodio.

Para todas las pastas formuladas no se detectó metales pesados como cadmio, mercurio o plomo en concentraciones de mg por kg de muestra; lo cual es favorable para la salud del consumidor pues los mismos son bioacumulables en el organismo. En el caso de los

pacientes del trastorno autista es importante controlar y evitar la presencia de metales pesados especialmente mercurio y cadmio en los alimentos de su dieta pues los mismos son un factor coadyuvante en su condición, esto está respaldado en investigaciones donde se ha revelado su presencia en cabello, sangre y orina (Rodríguez, 2010).

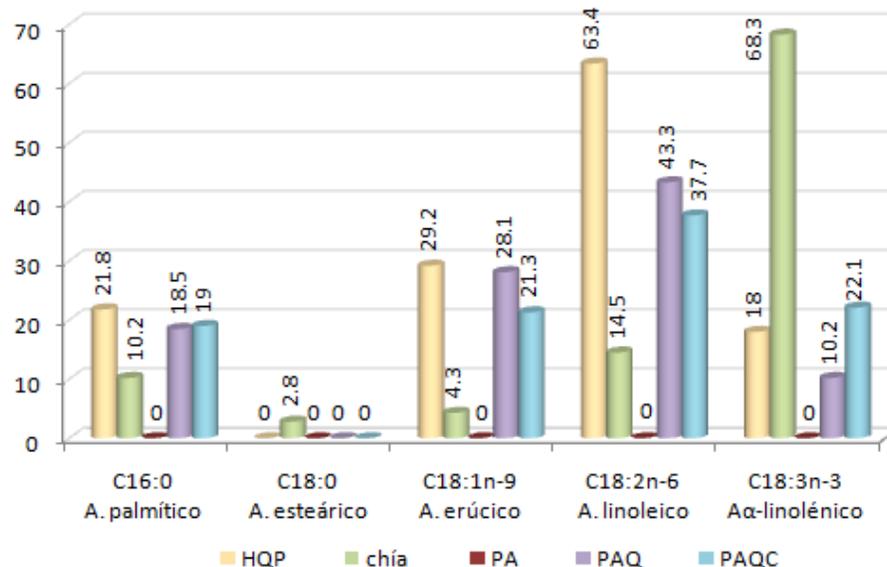
### 5.8. Perfil de ácidos grasos de harina de quinoa, semillas de chía y de las pastas formuladas

En la tabla 63 y figura 50, se detalla y compara la composición de ácidos grasos presentes en harina de quinoa pregelatinizada, harina de chía y pastas desarrolladas. El estudio estadístico se muestra en el anexo 18.

**Tabla 63. Contenido de ácidos grasos presentes por cada 100 g de grasa de la muestra ensayada.**

Ácido graso	% ácido graso				
	HQP	HCC	PA	PAQ	PAQC
Láurico (C12:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Mirístico (C14:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Palmítico (C16:0)	21,80±0,05d	10,20±0,02a	ND	18,50±0,05b	19,00±0,05c
Palmitoleico (C16:1) ω-7	ND	ND	ND	ND	ND
Estearico (C18:0)	ND	2,80± 0,05	ND	ND	ND
Oleico (C18:1) ω-9	29,20±0,05d	4,30± 0,05a	ND	28,10±0,05c	21,30±0,05b
Linoleico (C18:2) ω-6	63,40±0,05d	14,50± 0,05a	ND	43,30± 0,05c	37,70±0,03b
Linolénico (C18:3) ω-3	18,00±0,05b	68,30± 0,05d	ND	10,20±0,05a	22,10±0,06c
Arquídico (C20:0)	ND	ND	ND	ND	ND
Relación ω6/ω3	3,52	0,21	0	4,25	1,71
Relación AGI/AGS	5,07	6,70	0	4,41	4,27

Leyenda: HQP: harina de quinoa pregelatinizada, HCC: harina de chía cruda, PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía, ω-3, ω-6, ω-7, ω-9: ácidos grasos omega 3, 6, 7 y 9, AGPI: ácidos grasos poliinsaturados, AGS: ácidos grasos saturados. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95%



**Figura 50. Comparación del contenido de ácidos grasos presentes por cada 100 g de grasa en las harinas de quinoa, chía y pastas formuladas.**

### 5.8.1. Ácidos grasos en harina de quinoa pregelatinizada

En la harina de quinoa pregelatinizada se determinó el ácido graso palmítico (C16:0) en una concentración de  $21,80 \pm 0,05$  g por 100 g de grasa, siendo éste el único ácido graso saturado detectado pues no se evidenció la presencia de ácidos como el láurico (C12:0), mirístico (C14:0), esteárico (C18:0) y araquídico (C20:0). En este sentido, Valcárcel-Yamani y Caetano da Silva (2012) citan a Ruales y Nair (1992) obtuvieron en quinoa sin lavar para el ácido graso palmítico un rango de 9,7 a 11%, mientras que Herrera y Faching (1989) indican que hallaron 1,52% de este ácido graso en granos de quinoa y en el reporte 20035 para granos de quinoa de la USDA (2014) indica 0,6 %. Siendo el valor experimental en la harina superior a lo señalado por los investigadores es de hacer notar que no se reportó ningún valor referencial para harina de quinoa.

En cuanto a los ácidos grasos insaturados se determinaron los siguientes:  $29,20 \pm 0,05$  g de ácido oleico (C18:1) por 100g de grasa,  $63,40 \pm 0,05$  % de ácido linoleico (C18:2),  $18,00 \pm 0,05$  % de ácido linolénico (C18:3). A este respecto, Herrera y Faching (1989) indican que en granos de quinoa los ácidos grasos poliinsaturados se presentan en

concentraciones de 46% para el oleico y 7,4% para el linoleico, aunque no reporta valores para el linolénico. Ruales y Nair (1992) hallaron en granos de quinoa sin lavar valores de 24,5% para el oleico, 52,30% para el linoleico, y de 3.8% para el linolénico. Mientras que Alía y González (2003) suscriben para ácidos grasos poliinsaturados rangos de 22 a 24,5% para el oleico, 50,20 a 56,10% para el linoleico, y de 5.4 a 7% para el linolénico. Comparando con lo mostrado por los investigadores la harina de quinoa estudiada presenta valores un poco superiores a los presentados para los granos de quinoa lo cual se puede corresponder por la supresión de agua en el grano generando la concentración de los nutrientes.

Finalmente, se detalla la relación existente entre los ácidos grasos omega 6 (linoléico) y omega 3 (linolénico) presentes en la harina de quinoa pregelatinizada, siendo de 3,52; es decir que la proporción existente en la grasa de la harina es de 1 g de ácido graso omega 3 por 3.52 g de ácido graso omega 6. A este respecto Álvarez-Jubete y col. (2010) citado por Valcárcel-Yamani y Caetano da Silva (2012) indican un rango de 5,8 a 13,8 en la correspondencia de estos ácidos grasos para granos de quinoa; y en cuanto a la relación establecida entre ácidos grasos insaturados y saturados en la grasa de la harina de quinoa esta resultó ser 5,07: sugiriendo los investigadores antes señalados valores entre 4,9 a 6,2 para granos de quinoa, incluyéndose en el mismo el valor obtenido experimentalmente para la harina.

### **5.8.2. Ácidos grasos en harina cruda de chía**

En las semillas de chía molida se hallaron los contenidos de ácidos grasos saturados como el ácido palmítico (C16:0) de  $10,20 \pm 0,02$  g por 100 g de grasa, y de  $2,80 \pm 0,05$  g de ácido esteárico (C18:0) por 100 g de grasa de chía. Es de resaltar que no se detectaron otros ácidos grasos saturados como el láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y araquídico (C20:0). Investigadores como Heuer y Colaboradores (2002) establecen un rango de 7,6 a 8,7 % para ácido palmítico y de 2,6 a 3,0% para ácido esteárico; Ayerza y Coates (2004) sugieren para ácido palmítico indica de 6,6 a 7,7% y de 2,7 a 3,6% de ácido esteárico; Peiretti y Gai (2009) refieren valores de 7,1 % para ácido palmítico y de 3,3%

para ácido esteárico. Al comparar con la muestra de harina cruda de chía se visualiza que la misma presenta mayor concentración de ácido palmítico y similar contenido de ácido esteárico que lo indicado por los investigadores.

Adicionalmente, se analizaron ácidos grasos insaturados en la muestra de harina cruda de chía los cuales alcanzaron los siguientes valores:  $4,30 \pm 0,05$  g de ácido oleico (C18:1) por 100g de grasa,  $14,50 \pm 0,05$  % de ácido linoleico (C18:2),  $68,30 \pm 0,05$  % de ácido linolénico (C18:3). Como fuentes de comparación, Heuer y Colaboradores (2002) hallaron de 6,1 a 6,3 % para ácido oleico, 17,4 a 18,7% para ácido linoleico y 63,5 a 65,1% para ácido linolénico; mientras que Ayerza y Coates (2004) mencionan para ácido oleico de 6,8 a 13,3%, para ácido linoleico 18,0 a 21,1% y de 54,2 a 64,2% de ácido linolénico; y Peiretti y Gai (2009) reseñan para ácido oleico 6,0%, 18,8% para ácido linoleico y 64,1% para ácido linolénico. Contrastando las referencias con lo experimental se deduce que los ácidos oleico y linoleico son un poco más bajos mientras que el linolénico es levemente superior a lo determinado por los investigadores.

Igualmente se determinó la relación entre los ácidos grasos omega 6 (linoléico) y omega 3 (linolénico), en las semillas trituradas o molidas de chía, resultando en 0,21; esto se contrasta con lo determinado por Heuer y Colaboradores (2002) de 0,27 a 0,29; para Ayerza y Coates (2004) es de 0,29 a 0,38 y para Peiretti y Gai (2009) de 0,29; los mismos resultaron ser un poco más elevado que el de las semillas en estudio y esto se explica pues en la muestra no se detectaron otros ácidos grasos que si son referidos por los investigadores. En cuanto a la relación entre los ácidos grasos insaturados y saturados presentes en la grasa de la harina cruda de chía esta fue de 6,70, la cual es similar a lo expresado por Ayerza y Coates (2004) de 6,70 a 8,7.

### **5.8.3. Ácidos grasos en pastas formuladas**

Las pastas formuladas a base de arroz SD20A a las cuales se les incorporó quinoa y la mezcla de quinoa y chía se analizaron para medir los ácidos grasos que las componen, tal como se muestra en la tabla 63.

En cuanto a los contenidos de ácidos grasos saturados se visualiza que para la pasta de arroz SD20A estos no se detectaron, mientras que en las pasta de arroz y quinoa se halló sólo ácido palmítico (C16:0) en una concentración de  $18,50 \pm 0,05\%$ , y en la pasta compuesta por arroz, quinoa y chía este alcanzó  $19,00 \pm 0,05\%$ . En este sentido, NUTRIDATA (2014) reporta para pasta de arroz en estado seco la presencia de ácidos grasos saturados tales como mirístico (C14:0) en concentración de 3 mg%, palmítico (C16:0) en 137 mg% ó 0,14%, esteárico (C18:0) 10 mg por 100 g de pasta. En contraste en la pasta de arroz SD20A no se evidenció la presencia de los mismos; mientras que para la pasta combinada de arroz SD20A y quinoa el valor obtenido para el ácido palmítico supera a la referencia de pasta de arroz y esto puede atribuirse a que la grasa de la harina pregelatinizada de quinoa puede aportar aproximadamente 22% de este ácido, lo cual incrementa el contenido del mismo en la pasta resultante obtenida de la combinación de estas dos materias primas. En la pasta en la que adicionalmente al arroz y quinoa se añade chía, se incrementó levemente el nivel de ácido palmítico y esto se debe a que dicha semilla, presenta hasta 2,03 g de este ácido graso en 100 g de semilla, según lo señala NUTRIDATA (2014).

En las pastas también se determinaron los ácidos grasos insaturados evidenciándose la ausencia o no detección de los mismos en la pasta de arroz SD20A, mientras que en la pasta de arroz y quinoa se encuentran en concentraciones de  $28,10 \pm 0,05\%$  para el ácido oleico (C18:1),  $43,30 \pm 0,05\%$  de ácido linoleico (C18:2),  $10,2 \pm 0,05\%$  de ácido linolénico (C18:3). Para la pasta de arroz, quinoa y chía se halló  $21,30 \pm 0,05\%$  para ácido oleico,  $37,70 \pm 0,05\%$  para ácido linoleico y  $22,10 \pm 0,05\%$  para ácido linolénico. NUTRIDATA (2014) señala en pasta de arroz (sin cocción) la presencia de ácidos grasos insaturados en concentraciones de 0,17 g de ácido oleico (C18:1) por 100g de pasta, 0,12 % de ácido linoleico (C18:2), 0,03 % de ácido linolénico (C18:3). A comparar con lo obtenido experimentalmente se puede deducir que por el bajo contenido de grasa del arroz SD20A, quizás no se pudo percibir su contenido de ácidos grasos. En la pasta de arroz SD20A/quinoa las concentraciones de estos ácidos grasos insaturados se ven mejorados por la incorporación del pseudocereal andino pues la grasa de su

harina pregelatinizada brinda un 29%, 63,40% y 18% de ácidos oleico, linoleico y linolenico, respectivamente. Mientras que en la pasta de arroz SD20A/quinoa/chía, se desmejoran un poco, al añadir esta semilla, los niveles de ácidos oleico, linoleico, pero se aumenta el ácido linolénico u omega 3 en un 216% con respecto a la pasta de arroz SD20A/quinoa y esto se explica pues la semilla de chía puede aportar hasta 17,5 g de este ácido graso, según NUTRIDATA (2014).

La relación entre los ácidos grasos omega 6 (linoléico) y omega 3 (linolénico) en las pastas formuladas se ordena de la siguiente manera: 0 en pasta de arroz, 4,25 para pasta de arroz y quinoa y de 1,71 para pasta de arroz, quinoa y chía. Mientras que para la relación entre los ácidos grasos insaturados y saturados presentes pasta resultaron ser de: 0 en pasta de arroz, 4,41 para pasta de arroz/quinoa y de 4,27 para pasta de arroz/quinoa/chía. A este respecto NUTRIDATA (2014) señala en pastas de arroz una relación de 4,8; es decir que los ácidos grasos omega 6 representan 4,8 veces la cantidad de los omega 3. Coronado y colaboradores (2006) indican que las agencias internacionales de salud recomiendan una proporción dietética de ácidos grasos  $\omega_6/\omega_3$  es de 4:1 a 10:1. Por lo que las pastas elaboradas a base de arroz SD20A con la combinación de quinoa y quinoa/chía se ajustan a esa recomendación. Adicionalmente, se considera importante la presencia de estos ácidos grasos esenciales en la dieta ya que no pueden ser biosintetizados en el organismo humano, y los mismos son necesarios para la salud cardiovascular, en enfermedades degenerativas y hasta en la actividad cerebral.

En el caso de pacientes celíacos se recomienda que la dieta sea rica en ácidos grasos esenciales, pues que en muchos casos en la enfermedad celíaca sin tratar genera que se excrete grasa con las heces debido a que no se absorbe. Esto conduce a alteraciones en los niveles de ácidos grasos omega 6 y omega 3, y es importante suplementarlas pues intervienen en contrarrestar la inflamación y en la coagulación de la sangre, contribuyendo a la prevención de cardiopatías (Sin gluten, 2014).

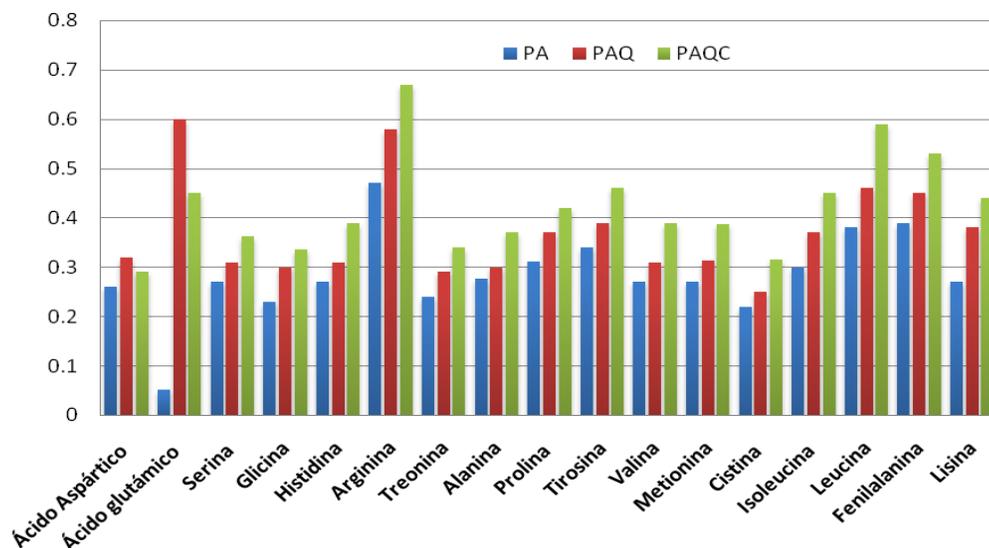
Mientras que en pacientes con trastorno del espectro autista, se piensa que la deficiencia de ácidos grasos poliinsaturados puede estar provocada por un metabolismo hiperactivo.

Por tanto, en los últimos años varios investigadores han demostrado que en estudio llevado a cabo en niños y adolescentes aplicando una dieta enriquecida con omega 3 podría atenuar los síntomas del autismo a través de la mejora de la estructura y funcionalidad de las membranas celulares lo cual redonda en una mejoría en la motivación social de los mismos (Delgado, 2016).

En resumen, se puede afirmar que la suplementación de ácidos grasos del tipo Omega 3 y 6 en las pastas elaboradas aporta beneficios nutricionales y de salud a los consumidores en las patologías como la celiaquía y los trastornos del espectro autista.

### 5.9. Perfil de aminoácidos en las pastas preparadas

En la figura 51 y en la tabla 64 se muestra la composición de aminoácidos presentes en 100 gramos de las pastas desarrolladas a base de arroz SD20A y sus combinaciones con quinoa y quinoa/chia. En el caso de la pasta de arroz SD20A se observa, que presenta los menores niveles de los aminoácidos y los mismos se mejoran al incorporar la harina de quinoa y chíá en las pastas ya que estos granos ancestrales constituyen una buena fuente de proteína.



**Figura 51. Comparación del contenido de aminoácidos presentes por cada 100 g de pastas formuladas.**

**Tabla 64. Contenido de aminoácidos analizados por cada 100 g de pasta formulada**

Aminoácido	g Aminoácido/100g muestra			NUTRIDATA (2014)
	PA	PAQ	PAQC	PA
Ácido aspártico	0,261 ± 0,002 <b>a</b>	0,32 ± 0,01 <b>c</b>	0,29 ± 0,02 <b>b</b>	0,323
Ácido glutámico	0,052 ± 0,02 <b>a</b>	0,60 ± 0,03 <b>c</b>	0,45 ± 0,04 <b>b</b>	0,670
Serina	0,27 ± 0,00 <b>a</b>	0,31 ± 0,02 <b>b</b>	0,363 ± 0,005 <b>c</b>	0,181
Glicina	0,23 ± 0,01 <b>a</b>	0,30 ± 0,01 <b>b</b>	0,336 ± 0,001 <b>c</b>	0,157
Histidina*	0,27 ± 0,02 <b>a</b>	0,31 ± 0,01 <b>b</b>	0,389 ± 0,004 <b>c</b>	0,081
Arginina	0,47 ± 0,03 <b>a</b>	0,58 ± 0,04 <b>b</b>	0,67 ± 0,04 <b>c</b>	0,287
Treonina*	0,24 ± 0,01 <b>a</b>	0,29 ± 0,02 <b>b</b>	0,34 ± 0,02 <b>c</b>	0,123
Alanina	0,276 ± 0,004 <b>a</b>	0,30 ± 0,02 <b>b</b>	0,37 ± 0,02 <b>c</b>	0,199
Prolina	0,312 ± 0,005 <b>a</b>	0,37 ± 0,03 <b>b</b>	0,42 ± 0,02 <b>c</b>	0,162
Tirosina*	0,34 ± 0,02 <b>a</b>	0,39 ± 0,01 <b>b</b>	0,46 ± 0,01 <b>c</b>	0,115
Valina*	0,27 ± 0,01 <b>a</b>	0,31 ± 0,02 <b>b</b>	0,39 ± 0,02 <b>c</b>	0,210
Metionina*	0,27 ± 0,01 <b>a</b>	0,313 ± 0,005 <b>b</b>	0,387 ± 0,003 <b>c</b>	0,081
Cistina	0,22 ± 0,01 <b>a</b>	0,25 ± 0,00 <b>b</b>	0,315 ± 0,003 <b>c</b>	0,071
Isoleucina*	0,30 ± 0,00 <b>a</b>	0,37 ± 0,01 <b>b</b>	0,45 ± 0,01 <b>c</b>	0,149
Leucina*	0,38 ± 0,03 <b>a</b>	0,46 ± 0,04 <b>b</b>	0,59 ± 0,03 <b>c</b>	0,284
Fenilalanina*	0,39 ± 0,04 <b>a</b>	0,45 ± 0,04 <b>b</b>	0,53 ± 0,02 <b>c</b>	0,184
Lisina*	0,27 ± 0,01 <b>a</b>	0,38 ± 0,02 <b>b</b>	0,44 ± 0,00 <b>c</b>	0,124
<b>Total</b>	<b>4,82</b>	<b>6,30</b>	<b>7,19</b>	<b>3,40</b>

Leyenda: \* aminoácidos esenciales. PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95%

En cuanto a la composición aminoacídica en las pastas se observa que en la de arroz SD20A los valores dados de los aminoácidos esenciales: histidina, arginina, treonina, tirosina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina y lisina son superiores a los suministrados por la base de datos NUTRIDATA (2014) para pasta de arroz blanco. También se destaca que al incorporar la quinoa y la chía a las pastas de arroz se eleva el contenido de todos los aminoácidos estudiados resaltando el aumento en el contenido del ácido glutámico de 0,60 g aminoácido/100 g de pasta al incorporar quinoa con respecto a la pasta de de arroz de 0,052 g aminoácido/100 g de pasta.

La suplementación de las pastas de arroz con pseudocereales como la quinoa y semillas de chía, permite la fortificación en aminoácidos de las mismas y esto es de vital importancia si se tiene en cuenta, tal como afirma Juárez (2009), que en pacientes con

trastorno del espectro autista se evidencia una deficiencia de aminoácidos en sangre y en orina, lo cual es indicio de mal absorción, aunado esto a la permeabilidad intestinal.

Estudios han revelado que el aminoácido esencial lisina suele estar muy bajo en casos donde se da la acción conjunta de la vacuna contra la difteria, tos ferina y tétanos (vacuna DPT), y el acetaldehído generado mediante levaduras intestinales en un proceso de disbiosis; esta vacuna está contraindicada en niños con autismo. Cabe resaltar que la lisina tiene un papel decisivo en la acción de la vitamina B<sub>6</sub>, por lo que un suplemento de vitamina B<sub>6</sub> suele mejorar el cuadro autista.

Según Juárez (2009), también se requiere en la dieta del paciente de espectro autista el aminoácido esencial metionina, precursor de la cisteína, el cual en conjunto a la vitamina B<sub>6</sub> y oxígeno da lugar a la formación del aminoácido no esencial denominado taurina, el mismo suele estar frecuentemente muy disminuido, en casi un 70%, en caso de autismo. La taurina ayuda a regular el flujo de calcio y minerales entre el interior y exterior de las células, disminuyendo el estrés oxidativo y regulando los neurotransmisores conocidos como ácido gamma-aminobutírico (GABA) y glutamato. Asimismo, elimina junto con la glicina (aminoácido no esencial) el exceso de nitrógeno (úrea) por el riñón y de colesterol (a través de la bilis) colaborando de forma efectiva en la desintoxicación del organismo. Este autor indica que, en muchos pacientes del espectro autista hay una mala metabolización del triptófano (aminoácido esencial) precursor de la serotonina (neurotransmisor) y de la melatonina (hormona cerebral). Y en caso de que el paciente presente disbiosis el triptófano libre en el intestino puede convertirse por acción de las levaduras en un ácido tóxico (ácido Indolylacrílico) que pasa a la sangre. Juárez (2009) aconseja no suplementar aminoácidos precursores de neurotransmisores (fenilalanina, triptófano, tirosina) y tampoco suministrar derivados azufrados tipo cistina, cisteína, o N-acetil-cisteína si hay disbiosis.

En la tabla 65, se compara el contenido de aminoácidos que componen a 100g de la proteína presente en las pastas en estudio.

**Tabla 65. Contenido de aminoácidos analizados por cada 100 g de proteínas presentes en la pasta.**

Aminoácido	g Aminoácido/100g proteína		
	PA (8,24% proteína)	PAQ (13,75% proteína)	PAQC (17,06% proteína)
Ácido Aspártico	3,17 ± 0,02 c	2,37 ± 0,04 b	1,72 ± 0,11 a
Ácido glutámico	6,27 ± 0,29 c	4,40 ± 0,24 b	2,66 ± 0,22 a
Serina	3,28 ± 0,01 b	2,19 ± 0,16 a	2,13 ± 0,03 a
Glicina	2,84 ± 0,14 c	2,09 ± 0,10 b	1,970 ± 0,006 a
Histidina	3,23 ± 0,19 b	2,25 ± 0,04 a	2,28 ± 0,02 a
Arginina	5,66 ± 0,34 b	4,02 ± 0,31 a	3,95 ± 0,22 a
Treonina	2,88 ± 0,08 b	2,05 ± 0,14 a	1,98 ± 0,11 a
Alanina	3,35 ± 0,04 b	2,20 ± 0,12 a	2,19 ± 0,14 a
Prolina	3,78 ± 0,06 b	2,56 ± 0,22 a	2,45 ± 0,10 a
Tirosina	4,13 ± 0,22 b	2,77 ± 0,08 a	2,72 ± 0,07 a
Valina	3,26 ± 0,12 b	2,18 ± 0,16 a	2,30 ± 0,09 a
Metionina	3,30 ± 0,18 b	2,26 ± 0,04 a	2,27 ± 0,02 a
Cistina	2,66 ± 0,08 b	1,840 ± 0,005 a	1,84 ± 0,02 a
Isoleucina	3,65 ± 0,02 b	2,63 ± 0,10 a	2,62 ± 0,07 a
Leucina	4,57 ± 0,32 b	3,19 ± 0,32 a	3,44 ± 0,17 a
Fenilalanina	4,71 ± 0,45 b	3,15 ± 0,28 a	3,12 ± 0,12 a
Lisina	3,28 ± 0,17 b	2,68 ± 0,17 a	2,59 ± 0,12 a
<b>Total</b>	<b>64,02</b>	<b>44,83</b>	<b>42,23</b>

Leyenda: \* aminoácidos esenciales. PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95%

Con los datos de la tabla 65, se calculó el puntaje o score químico de la proteína para la determinación del aminoácido limitante el cual es mostrado en la tabla 66.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1985) el aminoácido limitante es el más deficiente en la proteína en estudio con respecto a la proteína estándar. En los alimentos más comunes para el consumo humano los aminoácidos que pueden resultar limitantes son la lisina, la metionina, la treonina y el triptófano. En este caso en la tabla 66, se evidencia el puntaje químico calculado para cada aminoácido según el patrón FAO/OMS (1985) para la proteína estándar (huevo) resultando para las pastas analizadas que la lisina obtuvo el valor más bajo resultando ser el aminoácido limitante y en todos

los casos fue inferior al valor de puntaje químico de 62 para arroz blanco con 7,1% de proteína suministrado por Elias y Bates (1996).

**Tabla 66. Puntaje o score químico de aminoácidos de la proteína para las pastas formuladas tomando en cuenta el patrón de referencia FAO/OMS (1985)**

Aminoácido Esencial	Patrón FAO/OMS	Pastas formuladas					
		PA		PAQ		PAQC	
	mg AAC/g p	mg AAC/g p	PQ	mg AAC/gp	PQ	mgAAC/gp	PQ
Histidina*	19	32,3	<b>170</b>	22,5	<b>118</b>	22,8	<b>120</b>
Treonina*	34	28,8	<b>85</b>	20,5	<b>60</b>	19,8	<b>58</b>
Fenilalanina+Tirosina*	63	88,4	<b>140</b>	59,2	<b>94</b>	58,4	<b>93</b>
Valina*	35	32,6	<b>93</b>	21,8	<b>62</b>	23,3	<b>67</b>
Metionina*	17	33,0	<b>194</b>	22,6	<b>133</b>	22,7	<b>134</b>
Isoleucina*	28	36,5	<b>130</b>	26,3	<b>94</b>	26,2	<b>94</b>
Leucina*	66	45,7	<b>69</b>	31,9	<b>48</b>	34,4	<b>52</b>
Lisina*	58	32,8	<b>57</b>	26,8	<b>46</b>	25,9	<b>45</b>
<b>PQ (AAc limitante)</b>		<b>Lisina (PQ=57)</b>		<b>Lisina (PQ=46)</b>		<b>Lisina (PQ=45)</b>	

### 5.10. Análisis Microbiológico de las Pastas Formuladas

Los análisis se realizaron utilizando la técnica de placas de petrifilm las cuales eran específicas para cada microorganismo indicador, mientras que para la detección rápida de *Salmonella spp.* se empleó el inmunoensayo Assurence Gold Salmonella EIA aprobado en el método oficial de la AOAC 999.08. En la tabla 67 se visualizan los resultados obtenidos del análisis microbiológico aplicado a las muestras de pastas formuladas y la referencia dada por COVENIN 283:1994 para pastas alimenticias sin huevos.

En cuanto los valores obtenidos para el análisis de Aerobios Mesófilos se observa que para todas las pastas formuladas se hallaron valores inferiores a  $10^6$  unidades formadoras de colonia (UFC) por mililitro estimadas como límite máximo en las pastas a nivel de planta según COVENIN 283:1994.

**Tabla 67. Análisis microbiológicos aplicados a las pastas formuladas**

Microorganismo	PASTAS			COVENIN 283:1994
	PA	PAQ	PAQC	
<b>Aerobios mesófilos (UFC/mL)</b>	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>4</sup>	1x10 <sup>5</sup>	M< 10 <sup>6</sup>
<b>Mohos (UFC/mL)</b>	1x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>2</sup>	M< 10 <sup>4</sup>
<b>Levaduras (UFC/mL)</b>	< 1x10 <sup>2</sup>	< 1x10 <sup>2</sup>	< 1x10 <sup>2</sup>	M< 10 <sup>4</sup>
<b>Coliformes totales (UFC/mL)</b>	< 1x10 <sup>0</sup>	< 1x10 <sup>0</sup>	< 1x10 <sup>1</sup>	M< 10 <sup>2</sup>
<b><i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	< 1x10 <sup>1</sup>	< 1x10 <sup>1</sup>	< 1x10 <sup>1</sup>	M< 10 <sup>3</sup>
<b><i>Salmonella</i> spp.</b>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía.

Con respecto a la numeración de mohos y levaduras se observó crecimiento de los mismos en las muestras de pastas estando en todos los casos por debajo de la especificación, las levaduras presentaban coloración verdosa característica del medio selectivo usado y los mohos fueron pequeños y blancos.

En la determinación de coliformes totales no se evidenció crecimiento de los mismos en el medio de cultivo selectivo, solo una pequeña colonia de coloración rojiza sospechosa de coliforme pero se descartó por la ausencia de burbujas. Igualmente, se descartó la presencia de *Escherichia coli* por no evidenciarse colonias características de color azul con indicios de burbujas de gas.

En la determinación de *Salmonella* la misma fue negativa para las tres muestras de pastas y el crecimiento de *Staphylococcus Aureus* en las muestras evaluadas se encuentran por debajo de las especificaciones dadas en la norma COVENIN 283:1994 segunda revisión, referidas a los requisitos microbiológicos para las pastas sin huevo.

En resumen, los resultados microbiológicos señalan que en el procesamiento de las pastas se dio cumplimiento de las buenas prácticas de fabricación y manipulación de los alimentos y que las mismas están aptas para el consumo humano.

### 5.11. Calidad de Cocción de las Pastas Formuladas

En la tabla 68 se visualizan los resultados obtenidos en los análisis de calidad culinaria o de cocción de las pastas, se evaluó el tiempo óptimo de cocción, la ganancia de peso por cocción y la pérdida de sólidos por cocción.

**Tabla 68. Análisis de calidad de cocción aplicados a las pastas formuladas**

Prueba	PASTAS		
	PA	PAQ	PAQC
Tiempo de cocción (min)	2,83 ± 0,29 <sup>a</sup>	3,17 ± 0,29 <sup>b</sup>	3,17 ± 0,29 <sup>b</sup>
Ganancia de peso (%)	156,63± 0,73 <sup>c</sup>	98,24± 0,59 <sup>a</sup>	128,90± 1,60 <sup>b</sup>
Pérdidas por cocción o liberación del almidón (%)	12,86± 1,14 <sup>a</sup>	15,34± 0,57 <sup>b</sup>	63,89± 1,78 <sup>c</sup>

Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chí. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95% (en anexo 21).

En cuanto al tiempo de cocción se observa que las pastas formuladas requieren aproximadamente de 3 minutos para el estado de cocción al dente, sin embargo, es de resaltar que la pasta de arroz demanda menor tiempo y difiere estadísticamente de las pastas a las que se les incorpora quinoa y la mezcla de quinoa y chí. Al comparar con una pasta de trigo que necesita entre 5 a 12 minutos para su cocción óptima, según lo indicado por Vasiliu y Navas (2009), o de 5,33 minutos hallado por Mora Guzmán (2012) para una pasta de 70% trigo/ 30% quinoa. Al observar los resultados se deduce que la pasta de arroz requiere menor tiempo para su cocción y esto lo corrobora Barreto (2014) en su estudio respecto a una pasta 70% arroz/ 30% canavalia donde en 3,25 minutos se obtuvo un nivel adecuado de cocción de la pasta.

La ganancia de peso de las pastas viene dada por la capacidad que tienen las mismas de absorber el agua de cocción aumentando su peso y volumen. En relación a este parámetro se visualizan variaciones entre las pastas en estudio observándose ganancia de menor a mayor en este orden: pasta de arroz/quinoa (98,24%) < pasta de arroz/quinoa/chia (128,90%) < pasta de arroz (156,63%). Vasiliu y Navas (2009)

establecen un valor de ganancia de peso en una pasta de sémola de trigo de 264%, el mismo duplica los valores obtenidos en esta investigación. Aunque son similares a los expuestos los datos obtenidos para pasta de arroz por Mertz y Wang (2011) de 122% y de 170% para Ahmed y colaboradores (2015) quienes elaboraron una pasta a base de arroz partido o quebrado.

Con respecto a la pérdida de sólidos por parte de las pastas durante la cocción, este fenómeno puede atribuirse al efecto de hidratación, gelatinización y solubilización de los almidones presentes en la estructura de las pastas, sumado a la inexistencia de una matriz lipoproteica viscoelástica que permita retener el almidón gelatinizado adicionalmente puede ser coadyuvado por la desnaturalización de las proteínas presentes en las harinas usadas en la formulación de las pastas, lixiviándose principalmente los almidones en el agua de cocción provocando las pérdidas observadas (Granito y colaboradores, 2003). En este sentido en las pastas estudiadas se visualiza la variación de este parámetro de calidad de cocción en el orden de menor a mayor: pasta de arroz (12,86%) < pasta de arroz/quinoa (15,34%) < pasta de arroz/quinoa/chia (63,89%). Vasiliu y Navas (2009) indican que para una pasta de sémola de trigo de la pérdida de sólidos fue de 8,35%, Mora Guzmán (2012) para pasta de de 70%trigo/30% alcanza un 3,21%, los cuales fueron inferiores a lo determinado en las pastas. En contraste, Mertz y Wang (2011) para una pasta de arroz hallaron una pérdida de sólidos de 22% y Ahmed y colaboradores (2015) un 62% para una pasta a base de arroz quebrado o partido, estos valores aunque son un poco superiores están más acordes con los valores experimentales. Es de resaltar que en el caso de la pasta con chíá incorporada las pérdidas son más altas y se presume que es debido a la lixiviación de las sustancias mucilaginosas presentes en esta semilla.

## **5.12. Análisis Sensorial de las Pastas Formuladas**

En la tabla 69 se recopilan los resultados obtenidos las pruebas sensoriales de las pastas formuladas donde se evaluaron los parámetros de color, sabor, textura, sensación al tacto

y bucal. Las diferencias estadísticas a un nivel de confianza de 95% tomando en cuenta estos parámetros en relación a las pastas. Se muestran en el anexo 22.

**Tabla 69. Análisis sensoriales aplicados a las pastas formuladas**

Prueba	PASTAS		
	PA	PAQ	PAQC
<b>Apariencia y Color</b>	3,73 ± 0,46a	4,07 ± 1,03 a,b	4,20 ± 1,01 a,b
<b>Sabor y Aroma</b>	3,47 ± 0,74a	4,87 ± 0,52b	4,60 ± 0,83b
<b>Textura sensación al tacto</b>	1,20 ± 0,41a	3,33 ± 0,72b	4,27 ± 0,46c
<b>Textura sensación bucal</b>	1,13 ± 0,52a	2,73 ± 0,46 b	2,33 ± 0,49b

Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chí. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas mediante comparación de medias a un nivel de confianza de 95%

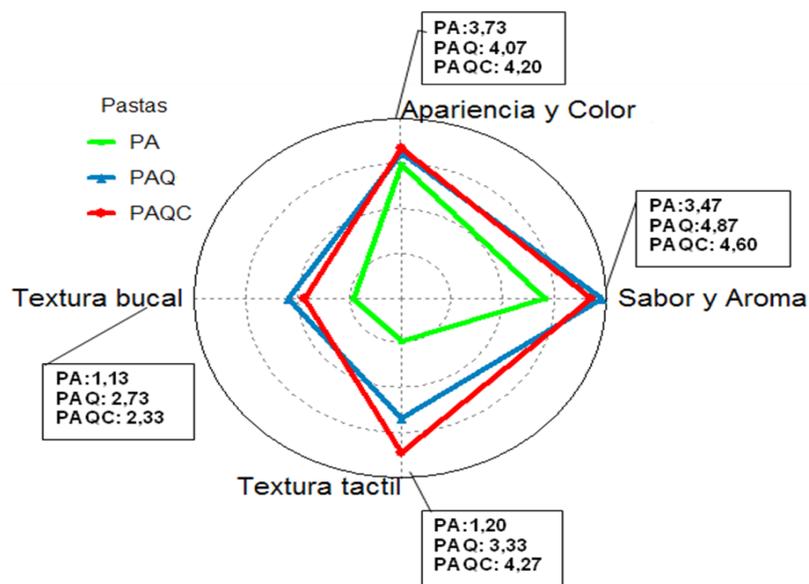
Con respecto a la apariencia se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las pastas teniendo un valor promedio de 4, que indica que las mismas presentan un color crema con puntos o blancos a excepción de la pasta que contiene chí con puntos marrones procedentes de las semillas trituradas y esto fue mejor valorado que las otras pastas colocando en las observaciones los panelistas que se trataba de una pasta integral. Otra incidencia es la presencia de algunas grietas en las pastas siendo mayor en la pasta de arroz que en las otras pastas formuladas con quinoa y quinoa y chí. Barreto (2014) halló para una pasta de arroz comercial tipo linguini (procedente de china) una valoración de apariencia de 4,32 en una escala hedónica de 9 puntos correspondiendo a “me es indiferente”.

El atributo sabor y aroma es valorado para las pastas de quinoa (PAQ) y quinoa y chia (PAQC) con una puntuación de aproximadamente 5 lo cual indica característico a cereal cocido. Mientras para la pasta de arroz indica un sabor insípido. Barreto (2014) halló para una pasta de arroz comercial tipo linguini (procedente de china) una valoración de apariencia de 5 en una escala hedónica de 9 puntos correspondiendo a “me gusta”.

En relación al atributo textura como sensación al tacto, la de la pasta de arroz equivale a la valoración de 1 que traduce una textura muy blanda y pegajosa. La misma mejoró en la pasta de arroz y quinoa obteniendo una puntuación de 3 lo que equivale a una textura

suave, pegajosa y poco elástica. En la pasta de arroz/quinoa/chía obtuvo la mayor valoración de 4 que indica una textura bastante consistente y levemente pegajosa. En este sentido, se midió también la textura como sensación bucal por mordida, obteniéndose que todas las pastas estudiadas están en el rango de valoración de 1 a 2 revelando que las mismas son mucilaginosas, granuladas, pegajosa, harinosa y/o blanda, aunque la pasta de arroz y quinoa mejora la sensación bucal levemente hasta casi en 3 puntos.

En la figura 52 muestra la valoración de los atributos investigados en función del tipo de pasta en un gráfico de radar o de QDA. El orden de aceptación en relación al conjunto de atributos quedó conformado de la siguiente forma: Pasta de arroz /quinoa /chía (PAQC) > Pasta de arroz /quinoa (PAQ) > Pasta de Arroz (PA).



**Figura 52. Comparación en gráfico de radar o QDA de las pastas formuladas en cuanto a sus atributos sensoriales.** Leyenda: PA: pastas de arroz, PAQ: pastas de arroz y quinoa, PAQC: pastas de arroz, quinoa y chía.

## CONCLUSIONES

1. Se caracterizaron físicamente, tanto dimensionalmente como gravimétricamente, las materias primas consistentes en granos de arroz SD20A, quinoa y chia. Verificándose la forma, tamaño, masa y densidad aparente de las mismas.
2. Se establecieron las condiciones de proceso y rendimiento en la elaboración de harinas de arroz SD20A (HAC) y chíá en estado crudo (HCC) y las de arroz SD20A (HAP) y quinoa (HQP) como harinas pregelatinizadas en secador de doble tambor rotatorio.
3. Se formularon y ajustaron las condiciones de proceso para la obtención de pastas alimenticias extruidas al frío en formato de macarroni mediano a base de mezclas de harinas HAC y HAP y sus mezclas con HQP y HQP/HCC compactadas con carboximetilcelulosa (CMC) como agente estructurante.
4. Se caracterizaron físicamente las harinas de arroz SD20A, quinoa y chia y así como los productos de pastificio. Observándose que la pregelatinización de las harinas disminuyó su densidad aparente y que en las pastas (en estado seco) la densidad aparente aumenta a medida que se incorporan ingredientes en la formulación la cual va de  $996,18 \pm 3,76 \text{ kg/m}^3$  en pasta de arroz (PA) a  $1170,24 \pm 3,64 \text{ kg/m}^3$  en pasta de arroz/quinoa/chía (PAQC). La actividad de agua de las materias primas, harinas y productos de pastificio se ubica en el rango de alimentos de humedad intermedia lo que le brinda cierta estabilidad ante las reacciones de deterioro bioquímico y microbiológico.
5. El color instrumental medido en las materias primas, harinas y productos de pastificio reveló que en las harinas se incrementaron los valores de luminosidad y el índice de blanco a medida que se aplicaron los procesos tecnológicos disminuyendo levemente por pregelatinización de los almidones en las harinas. Mientras que en las pastas disminuyeron los valores de luminosidad y el índice de blanco al incorporar

ingredientes a la fórmula. Asimismo se comprobó que la cocción aumentó la luminosidad e índice de blancura de las pastas.

6. En la determinación de la textura instrumental en las pastas en estado crudo/seco se determinó que para causar su quiebre se requiere de mayor fuerza (parámetros dureza y fracturabilidad) a medida que se incorporan ingredientes a la formulación de la pasta, siendo más frágil la pasta de arroz (PA) con respecto a la pasta de arroz/quinoa/chía (PAQC). Mientras que en la cocida ocurre que más dura resulta la PA que las pastas PAQ (pasta de arroz/quinoa) y PAQC, sin embargo éstas últimas son más masticables, elásticas y gomosas.
7. Se evaluó la composición proximal y contenido de acidez de los granos, las harinas y los productos de pastificio. Evidenciándose que, los componentes se ajustan a lo estipulado en las normas y autores referenciales, siendo de importancia los valores de proteínas y fibra dietética. En las pastas se determinó que al incorporar las distintas harinas a las formulaciones se incrementa el aporte de nutrientes. Asimismo, la acidez fue baja en todas las muestras de granos, harinas y pastas ensayadas.
8. Se obtuvo el aporte calórico o energía de los granos, las harinas y los productos de pastificio. El aporte calórico de las pastas se incrementa al incorporar ingredientes en la fórmula de pastificio en el orden de 369 a 374 Kcal/100 g de pasta.
9. Se determinó la composición mineral y metales pesados de los granos, las harinas y los productos de pastificio. Observándose que en la pasta PAQ se determinó mayores contenidos de calcio, hierro y magnesio y al suplementar con chíá se incrementó el nivel de sodio aunque esto también puede ser influenciado por la adición de CMC. No se detectaron metales pesados.
10. Se valoró la composición en ácidos grasos en las harinas de quinoa y chíá y los productos de pastificio. Se determinó en la pasta PAQ un mayor contenido de ácidos grasos omega 6 en una relación de 4,25 con respecto a los omega 3. La reducción del

% de harina de quinoa en la PAQC disminuyó levemente los niveles de omega 6 y omega 9 pero la adición de chía incrementó el contenido de omega 3.

11. Se determinó la composición en aminoácidos en los productos de pastificio. Demostrándose que al incorporar Harina de quinoa pregelatinizada (HQP) y la mezcla de HQP y HCC (harina de chía cruda) a la formulación de pasta a base de arroz SD20A se eleva sustancialmente el contenido de aminoácidos esenciales lo cual es beneficioso para el consumidor. Asimismo, el análisis de score o puntaje químico de los aminoácidos esenciales con respecto al patrón de referencia FAO/OMS reveló que la lisina es el aminoácido limitante.
12. Se evaluó microbiológicamente las pastas señalándose que la flora deteriorativa y posible presencia de patógenos está por debajo de los requisitos microbiológicos establecidos en la norma COVENIN 283:1994 para pastas alimenticias sin huevo a nivel de planta. Considerándolas aptas para consumo humano.
13. Se estimó la calidad de cocción de las pastas formuladas obteniendo tiempos óptimos de cocción entre 2,83 a  $3,17 \pm 0,29$  minutos. Las pérdidas por cocción se incrementan aproximadamente 5 veces en la PAQC al compararla con la PA. Se atribuye a la lixiviación de mucílago de chía. Adicionalmente, la PA ganó más peso por captación de agua que las PAQ y PAQC.
14. La evaluación sensorial de las pastas en estudio demostró que la conjunción de atributos sensoriales medidos en las pastas indica el orden de aceptación por parte de los evaluadores como: PAQC > PAQ > PA. Las pastas presentan color crema, sabor y aroma característico de cereal cocido y texturalmente resultaron ser mucilaginosas y pegajosas, por lo que debe mejorarse este atributo.
15. En general, se demostró que la suplementación de las pastas a base de arroz SD20A con semillas ancestrales como quinoa y chia originaron productos nutricional, microbiológica y sensorialmente aptas para el consumo en regímenes especiales de alimentación así como para consumo masivo.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar micrografías de barrido por MEB de las harinas y productos de pastificio para verificar la estructura de los almidones y su modificación durante el procesamiento. En esta investigación no se pudo realizar por fallo de funcionamiento del equipo o microscopio electrónico de barrido.
2. Realizar pruebas de vida útil de las pastas relacionando condiciones de almacenamiento y tipo de empaque.
3. Formular productos con mayores niveles de incorporación de quinoa y chia.
4. Ensayar con el mucilago aislado y purificado de las semillas de chía como agente compactante, y experimentar con otros agentes compactantes diferentes a carboximetilcelulosa (CMC).
5. Evaluar la digestibilidad in vitro o in vivo de los productos de pastificio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. (2000). **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**. 10 th. Methods: 16-50, 66-50.01. AACC International. St. Paul, Minn.
- Acevedo M Castrillo W y U Belmonte. (2006). Origen, Evolución y Diversidad del Arroz. Trabajo Especial. *Agronomía Trop*, 56(2), 151-170.
- Ahmed I., Mabood Qazi I & S, Jamal. (2015). Quality evaluation of noodles prepared from blending of broken rice and wheat flour. *Starch/Starke*, 67, 905-912.
- Alanoca C. (2014). **Diversidad morfológica, fenológica y calidad de semillas de ecotipos de *Chenopodium quinoa willd.* conservadas en la comunidad Irpani, Altiplano sur**. Tesis de Maestría en Manejo y Conservación de Recursos filogenéticos y biotecnología vegetal aplicada. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 113 pp. Disponible en: <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/bitstream/123456789/2089/3/Tesis%20Alanoca%20Carolina.pdf>.
- Alía M y A González. (2003). Cultivo de la quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en la región Centro. Agroecología. CCMA-CSIC. Documento en línea. Disponible en: <http://www.eumedia.es/articulos/vr/cereales/87quinoa.html>.
- Álvarez-Jubete L, Arendt E. & E. Gallagher. (2010). Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Trends in food sci and Thech.*, 230, 437-445.
- AOAC. (1990). **Official Methods of Analysis**. Association Of Official Analytical Chemists. 15 th. Eds. Whashington DC
- APROSCELLO. 2010. Arroz SD20A. Semilla certificada. Asociación de productores de semilla certificada de los llanos occidentales.
- Arapa-Carcasi P, Padrón-Pereira C. (2014). Determinación de características físicas en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) mediante procesamiento digital de imágenes. *Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Aliment.* 5(2):148-165. Disponible en: [http://www.rvcta.org/Asociacion/PublicacionesAsociacion/Asociacion%20RVCTA\\_Semillas%20de%20quinua%20Chenopodium%20quinoa%20Willdenow%20composicion%20quimica%20y%20procesamiento.pdf](http://www.rvcta.org/Asociacion/PublicacionesAsociacion/Asociacion%20RVCTA_Semillas%20de%20quinua%20Chenopodium%20quinoa%20Willdenow%20composicion%20quimica%20y%20procesamiento.pdf)
- Araújo, S. 2011. Rede de Transferencia de Tecnologia da Cadeia Productiva do Arroz no Brasil. Disponible en: <http://www.abiarroz.com.br/uploads/artigos/6ea9ab1baa0efb9e19094440c317e21b.pdf>

- AVEPASTAS. (2013). Asociación Venezolana de fabricantes de Pastas. Disponible en: <http://www.avepasta.org.ve>
- Ayerza R. (1995). Oil content and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica L.*) from five northwestern locations in Argentina. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 72(9), 1079-1081.
- Ayerza R y W. Coates. (2004). Protein and oil content, peroxide index and fatty acid composition of chia (*Salvia hispanica L.*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Trop Sci.*, 44, 131-135.
- Ayerza R y W. Coates (2006). *Chia, redescubriendo un olvidado alimento de capitanilos aztecas*. Edit. Del Nuevo Extremo. 1era Edic. Buenos Aires. 232 p.
- Ayerza R y W. Coates. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica L.*). *Ind Crops Prod.*, 34, 1366-1371.
- Badui S. (1997). Diccionario de Tecnología de los alimentos. 2da. Reimpresión. Editorial Alhambra Mexicana. DF México. 300 p.
- Baratas M, Hernando N, Mata M y L Villalba. (2013). *Guía de intervención ante los trastornos de la alimentación en niños y niñas con trastorno del espectro del autismo (TEA)*. Federación autismo Madrid. 87 P.
- Barreto S. (2014). **Desarrollo y Evaluación de Mezclas Formuladas a Partir de Canavalia (*Canavalia ensiformis*), Maiz (*Zea mayz L*), Arroz (*Oryza sativa*) y Ocumo Chino (*Colocassia esculenta L Schott*) destinadas al consumo humano**. Tesis Doctoral en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Bautista Justo M, Castro Alfaro AD, Camarena Aguilar E, Wrobel K, Wrobel K, Guzmán GA, Gamiño Sierra Z, Da Mota Zanella V. (2007). Desarrollo de pan integral con soya, chía, linaza y ácido fólico como alimento funcional para la mujer. *ALAN* 57(1), 78-85.
- Beltrán-Orozco M, Romero M. (2003). Chía, alimento milenario. *Rev. Industria Alimentaria*. Septiembre/octubre, 20-29.
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.

- Brown J. (2003). *Chia seed and meal data*. International Flora Technologies, Inc. (Unpublished), Gilbert, Arizona, USA., 1 p.
- Bushway A., Belya P. y Bushway R. (1981). Chia seed as a Source of Oil, Polysaccharide, and Protein. *J. Food Sci.*, 46, 1349-1356.
- Cahill JP. (2003). Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Econ. Botany.*, 57,604-618.
- Cahill JP (2005). Human selection and domestication of chia (*Salvia hispanica* L.). *Gen Res Crop Evol.*, 51, 773-781.
- Camarero J. (2006). *Manual didáctico de cocina*. Tomo 1. Edit. Innovación y Cualificación SL. Málaga, España. 307 págs.
- Capitani M. (2013). *Caracterización y Funcionalidad de Subproductos de Chía (Salvia Hispanica L.) Aplicación en Tecnología de Alimentos*. Tesis para optar al título de Doctor de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Cartay R. (2005). *Diccionario de cocina venezolana*. Editorial Alfa. 263 p.
- Castillo E. (2006). *Tecnología de la industria beneficiadora de granos y semillas*. 2da. Edic. UNELLEZ. San Carlos de Cojedes. Venezuela. 159 p.
- Centro Diagnóstico Calderón. (2012). Péptidos de gluten y caseína en orina. Artículo en línea. Disponible en: [http://www.laboratoriocalderon.com/ficheros\\_sw2348/fichas/peptidos\\_gluten.pdf](http://www.laboratoriocalderon.com/ficheros_sw2348/fichas/peptidos_gluten.pdf).
- Centurión C. (2012). Cultivo de la chía. Artículo en línea. Disponible en: <http://www.abc.com.py /autor/ing-agr-concepcion-centurion-966.html>.
- Cerezal P., Urtuvia V., RamírezV, Romero N. y R. Arcos. (2011). Desarrollo de productos sobre la base de harinas de cereales y leguminosas para niños celíacos entre 6 y 24 meses; I: Formulacion y aceptabilidad. *Nutr. Hosp.* 2011, 26(1):152-160.
- Cervilla N, Mufari J, Calandri E y C Guzmán. (2012). Composición química de harinas de quinoa de origen Argentino. Pérdidas de minerales durante el lavado. *Revista Actualización en Nutrición [sic]* 13(4),293-299.
- Cherñavsky A. y J. Bai. (2005). Enfermedad celíaca. Capítulo 27. En: *Autoinmunidad y enfermedad autoinmune*. (pp.347-362). Anaya J, Shoenfeld Y, Correa P, García-Carrasco M y R Cervera. Corporación para Investigaciones Biológicas. Medellín, Colombia.

- Choque Vilca M. (2013). *Los haceres y saberes de la quinua*. Ministerio de Educación. Gobierno de Jujuy. Argentina. 42 p.
- CIAT. (2005). *Morfología del Arroz: Guía de Estudio*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 16 p.
- Codex Stan. (1995). Norma Codex para el arroz. Codex Standard 198-1995. 7p.
- Código Alimentario Argentino. (2009). Secretaría de Políticas, Regulación e Institutos y Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Disponible en: <http://www.anmat.gov.ar>
- COVENIN. (1980). *Determinación de proteínas por el método de MicroKjeldahl*. N° de norma 1195-80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 17 p.
- COVENIN. (1980). *Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad*. N° de norma 1553-80. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6 p.
- COVENIN. (1981). *Productos de cereales y leguminosas. Determinación de Cenizas*. N° de norma 1783-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 7 p.
- COVENIN. (1981). *Productos de cereales y leguminosas. Determinación de Grasa por el método de Soxleth*. N° de norma 1785-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 9 p.
- COVENIN. (1981). *Productos de cereales y leguminosas. Determinación de Acidez titulable*. N° de norma 1787-81. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 7 p.
- COVENIN. (1986). *Arroz blanco para uso industrial*. N° de norma 2384-86. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. 11 p.
- COVENIN. (1990). *Arroz paddy*. N° de norma 44-90. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. 20 p.
- COVENIN. (1993). *Harina de arroz*. 1era Revisión. N° de norma 2300-93. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 11 p.
- COVENIN. (1994). *Pastas alimenticias (2da. revisión)*. N° de norma 283:1994. Caracas, Venezuela. 12 p.

- COVENIN. (1997). *Alimentos. Recuento coliformes y de Escherichia coli. Método en placa con películas secas rehidratables (Petrifilm)*. N° de norma 3276-97. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. 6 p.
- COVENIN. (1997). *Alimentos. Recuento de aerobios. Método en placa con películas secas rehidratables (Petrifilm)*. N° de norma 3338-97. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. 5 p.
- COVENIN. (1999). *Arroz blanco de grano largo (2da. revisión)*. N° de norma 1641-99. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela. 8 p.
- Coronado M., Vega y León S., Gutiérrez R., García B. y G. Díaz. (2006). *Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: nutrición, bioquímica y salud*. Revista de Educación Bioquímica. REB 25(3): 72-79
- Delgado N. y W. Albarracín. (2012). Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua: (*Chenopodium quinoa Willd.*) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos. *Vitae*, 19, (1), enero-abril.
- Delgado Millán V. (2010). Clasificación y Elaboración de la Pasta Alimenticia. Revista digital Innovación y Experiencias Educativas. N° 26- enero 2010. ISSN 1988-6047. Disponible en: [http://www.csicsif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_26/VICENTE%20DELGADO%20MILLAN2.pdf](http://www.csicsif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_26/VICENTE%20DELGADO%20MILLAN2.pdf)
- Delgado J. (2016). Omega 3 para el tratamiento de niños con autismo. Artículo en línea. Disponible en: <https://www.etapainfantil.com/omega-3-tratamiento-ninos-autismo>
- De Lucia M. y D. Assenato. (1993). La ingeniería en el desarrollo, manejo y tratamiento de granos postcosecha. FAO. Roma, Italia.
- Defilippis Silva E. (2012). *Alimentación para pacientes con síndrome autista*. Ediciones Caballo de Mar. Santiago de Chile. 127 p.
- Degiovanni V, Martínez C y F Motta (Eds.). (2010). *Producción Eco-eficiente del Arroz en América Latina*. Tomo I. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación n° 365. Cali, Colombia. 487 p.
- Diario El Mundo. (2005). Un bol de fideos de hace 4000 años prueba que la pasta es china. Artículo en línea. Disponible en: <http://www.elmundo.es/elmundo/2005/10/13/ciencia/1129197005.html>
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2009). Autorización de la comercialización de semillas de chía (*Salvia hispanica L.*) como nuevo ingrediente alimentario. Reglamento (CE) N° 258/97 del Parlamento Europeo.

- Diario Sarmiento. (2012). La enfermedad celíaca. Artículo en línea. Disponible en: <http://sarmientodiario.com.ar/nota.php?id=6955>
- Di Sapiro, O., Bueno, M., Busilacchi, H., Quiroga, M. y Severin, C. (2012). Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *BLACPMA*, 11, (3), 249-268.
- Duletiae-Lauseviae S. & I. Marín. (1999). Pericarp structure and myxocarpy in selected genera of Nepetoideae (Lamiaceae). *Nord. J. Bot.* 19,435-446.
- Edwards, N., Biliaderis, C. and Dexter, J. (1995). *Textural Characteristics of Wholewheat Pasta and Pasta Containing Non-Starch Polysaccharides*. *Journal of Food Science*, 60: 1321–1324.
- Elías, L (1996). *Concepto y tecnologías para la elaboración y uso de harinas compuestas*. Bol. Ofic. San. Panam. 121, 2, 179-82.
- Elías, L y Bates (1996). *Mezclas vegetales para consumo humano: desarrollo de la mezcla vegetal INCAP 17 a base de semillas leguminosas*. INCAP. Guatemala.
- FAO/OMS/ONU. (1985). Necesidades de energía y de proteínas. Informe de reunión consultiva conjunta de expertos. Informe técnico 724, OMS. Roma
- FAO. (2013). Seguimiento del Mercado del Arroz de la FAO (SMA). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Documento en línea disponible en: <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-alarroz/seguimient-to-del-mercado-del-arroz-sma/es>.
- FEDEAGRO (2013). Estadísticas agropecuarias. Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarias. Caracas.
- Franquet Bernis J y Borrás Pámies C. (2004). *Varietades y Mejora del Arroz (Oryza sativa L)*. Edit. CopyRapid, Tortosa. Barcelona, España. 284 p.
- Gallardo, M.; Gonzales, A. y Ponessa, G. (1997). Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd.(Quinoa). *Chenopodiaceae. Lilloa* 39, 1.
- García Almeida J, García Alemán J, Martínez B, Vilchez F y S Maraver. (2012). Enfermedad celiaca, Dieta controlada en Glutén. Capítulo 16. En: **Dietoterapia, nutrición clínica y metabolismo**. De Luis Román D, Bellido D y P García (Eds). Edic. Díaz de Santos. Madrid.
- Giménez M, Bassett N, Lobo M, y N Sammán. (2013). Fideos libres de gluten elaborados con harinas no tradicionales: características nutricionales y sensoriales. *Diaeta*, 31 (144),19-23.

- Granito M., Torres A. y M. Guerra. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*, 28, (7), 372-379.
- Guevara J. (2010). Productos de arroz en Venezuela. Presentación en línea. Disponible en: <http://www.slideshare.net/guevarajor/productos-de-arroz>
- Gutterman Y. (2002). *Survival strategies of annual desert plants*. Heidelberg: Springer.
- Haraldsson J. (2010). *Development of a Method for Measuring Pasta Quality Parameters*. Tesis de grado. School of Natural Sciences, Linnaeus University.
- Hernández J y S Miranda. (2008). Caracterización morfológica de chíá (*Salvia hispanica*). *Rev. Fit. Mex.*, abril-junio.31, (002), 105-113.
- Herrera N. y A. Faching. (1989). Contenido de ácidos grasos en alimentos de mayor consumo en el Perú. Anexo 2. En: *Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú*. Ministerio de Salud de Perú. Instituto Nacional de Perú. Lima, Perú.
- Heuer B, Yaniv Z, Ravina I.. (2002). Effect of late salinization of Chia (*Salvia Hispanica*), stock (*Matthiola tricuspidata*) and evening primrose (*Oenothera biennis*) on their oil content and quality. *Industrial Crops an products*, [sic]. 15(2), 163-167.
- Hsua C., Chenb W., Wenga Yih-Ming and Chin-Yin Tsenga. (2003). *Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods*. *Food Chem.*, 83, 85–92.
- IBNORCA. 2007. **Granos Andinos – Quinua en grano – Clasificación y requisitos NB 312004**. Norma Boliviana. Instituto de Normalización y Calidad – IBONORCA. Julio, 2007.
- Iglesias P & M. Haros. (2013). Evaluation of Dough and Bread performance incorporating Chia (*Salvia hispanica L*). *Europ. Food Res. and Thecn.*, 237, 865-874.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (2002). *Semolinas de Trigo Durum y pastas alimenticias. Estimación de la Calidad de Cocción de espagueti por análisis sensorial*. NTC 5080. Bogotá, D. C. 16 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. (1996). *Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional*. NTC 3932. Bogotá, D. C. 12 p.
- Instituto Nacional de Alimentos de Argentina. (2003). *Análisis fisicoquímico de semillas de chíá*. Buenos Aires. Tomado de tesis doctoral Capitani (2013).

- INN. Instituto Nacional de Nutrición. (2012). *Tabla de composición de alimentos*. Revisión 2012. Colección Seguridad y Soberanía alimentaria “Edgard Abreu Olivo”. Fondo Editorial Gente de Maíz. 186 p.
- IPO. International pasta Organisation. (2014). Estadísticas Mundiales de consumo y producción de pastas alimenticias para el año 2011. International pasta organisation. Disponible en: [www.internationalpasta.org/resources/extra/file/IPO%20AGM%202012%20IPOreport2012stat.pdf](http://www.internationalpasta.org/resources/extra/file/IPO%20AGM%202012%20IPOreport2012stat.pdf)
- IPO. International pasta Organisation. (2015). Estadísticas Mundiales de consumo y producción de pastas alimenticias para el año 2012. International pasta organisation. Disponible en: [www.internationalpasta.org/resources/world%20pasta%20Industry%20survey/IPOstatreport2013.pdf](http://www.internationalpasta.org/resources/world%20pasta%20Industry%20survey/IPOstatreport2013.pdf)
- IPO. International pasta Organisation. (2016). Estadísticas Mundiales de consumo y producción de pastas alimenticias para el año 2013. International pasta organisation. Disponible en: [www.internationalpasta.org/resources/world%20pasta%20Industry%20survey/IPOstatreport2014low.pdf](http://www.internationalpasta.org/resources/world%20pasta%20Industry%20survey/IPOstatreport2014low.pdf)
- Ixtaina VY, Nolasco SM, y MC Tomas. (2008). Physical properties of chia (*Salvia hispanica L.*) seeds. *Industrial Crops Prod.*, 28,286-293.
- Ixtaina VY. (2010). **Caracterización de la semilla y el aceite de chíá (*Salvia hispanica L.*) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en tecnología de alimentos.** Tesis Doctoral. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (FCE-UNLP).
- Jain R, Bal S. (1997). Physical properties of pearl millet. *J. Agric. Eng. Res.*, 66, 85-91.
- Jamboonsri W, Phillips TD, Geneve RL, Cahill JP, y DF Hildebrand. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica L.* – a new omega 3 source. *Gen Res Crop Evol.*, 59, (2), 171-178.
- Juliano O. (1994). *El arroz en la nutrición humana*. Instituto internacional de investigación sobre el arroz (FAO). Roma. 53p.
- Juárez E. (2009). *Autismo: Consecuencia de la contaminación, solucionando el problema*. MA&MI Editores. 134 p.
- Kim MY, Freund W & L Popper. (2006). Asian wheat noodles. En: *Future of Flour. The comprehensive manual of practical information on cereals, flour and flour improvement*. Chapter 23. Poper L. (Ed). Verlag Agrimedia. pp:330-353.

- Koziol, M. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *J. Food Comp. Anal.*, 5, 35-68.
- Libenson L. (2007). *Revisión del enfoque nutricional en la búsqueda de nuevas herramientas en el tratamiento del autismo*. Tesis de grado Licenciatura en Nutrición. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Belgrano. Buenos Aires.
- LINCA. (2010). **Aspecto biomédico del autismo**. Liga de Intervención Nutricional Contra el Autismo e hiperactividad A.C. Disponible en: [www.linca.org](http://www.linca.org).
- Llorente J. (2008). Quinoa: Un auténtico superalimento. *Discovery Salud*. Disponible en: <http://www.dsalud.com/index.php?pagina=articulo&c=218>.
- López Barreras F. (2007). *Preelaboración y conservación de alimentos*. Edit. Libros en Red. Madrid, España. 240 p.
- Lu S & W Nip. (2005). Manufacture of Asian (Oriental) Noodles. Chapter 157. In: *Handbook of food science, technology, and engineering*. H Hui (Ed). CRC Press. 13 p.
- Maduako J., Faborode M. (1990). Some physical properties of cocoa pods in relation to primary processing. *IFE J. Technol*, 2(1), 1-7.
- Martín Artacho A, Martín Artacho J y R Lozano Leal. (2007). *La preelaboración de los alimentos en la cocina profesional*. Editorial Vision libros. Madrid España. 181 p.
- Martínez de Muñoz D. (1991). Péptidos en alimentos: Exorfinas. *La Ciencia y el Hombre, enero-abril*, 7, 139-151.
- McCabe W, Smith J & P Harriot. (1986). *Unit Operations of Chemical Engineering*. Mc Graw-Hill, New York.
- Mertz A y Y Wang. (2011). *Propierties of gluten-free pasta prepared from rice and different starches*. *Discovery*. The student journal of Dale Bumpers College of Agricultural, Food and Life science. University of Arkansas.
- Meyhuay M. (2000). *Quinua: postharvest operations*. Instituto de Desarrollo Agroindustrial. Ed. AGSI/FAO. 36 P.
- Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia. (2013). Cultivo de la quinua. Documento en línea. Disponible en: <http://www.quinuainternacional.org.bo/menu/pagina/14>.
- Miranda R. (2013). Todo sobre la quinua. Artículo en línea. Disponible en: <http://laquinua.blogspot.com/2012/07/flores-de-quinua.html>

- Mohd Ali N, Keong Yeap, Wan Yong Ho, Boon Kee Beh, Sheau Wei Tan, y Soon Guan Ta. (2012). The Promising Future of Chia, *Salvia hispanica* L. *J Biomed Biotechnol.*, Article ID 171956, 9 p.
- Mohsenin N. (1986). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon Breach Science Publishers. 2da. Ed. New York, USA. 87p.
- Molina-Rosell C. (2013). Alimentos sin gluten derivado de cereales. En: *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*. Rodrigo L y Pena AS (Eds.) OmniaScience: 2013. Barcelona, España. pp 447-461.
- Mora Guzmán A. (2012). **Evaluación de la calidad de cocción y calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de semola de trigo y harina de quinua**. Tesis de Maestría en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 111 p.
- Mosaca. (1995). *El Gluten*. Molinos Sagra Compañía Anónima. Empresas Polar.
- Mujica A. (1988). Parámetros **genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)**. Tesis doctoral en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de genética. Montecillos, México. 122 p.
- Mujica A., Izquierdo J. y Marathe J. (2001). Origen y descripción de la quinua. En: *Quinua. Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. Lima: FAO, CIP, UNALM <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap1.html>.
- Muñoz LA, Cobos A, Díaz O, y JM Aguilera (2012). Chia seeds: Microestructure, mucilage extraction and hydration. *J Food Eng.*, 108, 216-224.
- National Measurement Institute Australian Government. (2007). Australian chia seeds. The chia company-advisory committee on novel foods. Disponible en: <http://www.Acnfp.food.gov.uk/.../applicdocschia.company.pdf>.
- National Research Council (u.s.). (1989). *Lost crops of the Incas: little-known plants Andes with promise for Worldwide cultivation*. Board on Science and Technology for international development. 428 p.
- Naturkost Uebelhoer. (2008). La historia de la semilla de chía. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.sachia.de/acerca-de-la-ch-a/historia-y-usos-historicos.htm>.
- Naturkost Uebelhoer. 2011. **Nutritional value details Sachia Seed**. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.sachia.de/propiedades-nutrimientales/perfil-nutritional.htm>. Consultado el 23/04/13.

- Norma Técnica Salvadoreña. (2009). Pastas alimenticias. NSO 67.03.03:2009. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- NUTRIDATA (2013). Database Food. Seeds, chia seeds,dried. Nutrient data for this listing was provided by USDA SR-21.Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/nut-and-seed-products/3061/2>
- NUTRIDATA (2014). Database Food. Rice Noodles, dry. Nutrient data for this listing was provided by USDA SR-21.Disponible en: <http://nutritiondata.self.com/facts/cereal-grains-and-pasta/5789/2>
- Olaide J & Ade-Omowaye. (1999). Some physical properties of locust bean seed. *J. of Agric. Eng. Res.*, 74,2, 213-215.
- Ortiz S. (2012). **Mediciones reológicas como factor de calidad en pastas y fideos.** Seminario doctoral. Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Ortiz S. (2016). **Formulación de pasta de arroz laminada usando carboximetilcelulosa e hiproxipropil metilcelulosa como agente de compactación.** Trabajo de investigación doctoral. Doctorado en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Instituto de Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Ospina Machado J. (2002). Características fisicomecánicas y análisis de calidad de granos. Unidad de publicaciones de la Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 229 p.
- Páez O y Romero A. (2004). *El Cultivo del Arroz en Venezuela.* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1. Maracay. 202 p.
- Panisello J. (2004). *Las 100 preguntas que siempre quiso hacer: Mitos y verdades en torno a la alimentación.* Editorial Glosa, S.L. España.166 p.
- Peiretti P. y Gai F. (2009). Fatty acid and nutritive quality of chia (*Salvia hispanica L.*) seeds and plant during growth. *Anim Feed Sci Tech.*, 148, (2-4), 267-275.
- Pérez L. (2011). **Elaboración de pastas con bajo contenido de fenilalanina, a base de harina de arroz (*Oryza sativa*) e hidrolizado proteico de amaranto (*Amaranthus dubius*).** Tesis de maestría en el área de Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Central de Venezuela.
- Petitot M., Boyer L., Minier C. y V. Micard. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Res. Int.*, 43, 634–641.

- Ramírez Jaramillo G., Rosado Rubio J., Castellanos Ruelas A. y Chel Guerrero L. (2012). Potencial Productivo para el Cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.) en México y Calidad del Aceite Extraído. *Rev. de la Facultad de Ingeniería Química* No. 52 Diciembre de 2012
- Ramos Gamiño F. (2013). Maíz, trigo y arroz: los cereales que alimentan al mundo. Colección La Ciencia a Tu Alcance. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 85 p.
- Repo-Carrasco R. (1992). *Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil*. Serie: Investigaciones No 1. CCTA Comisión de Coordinación Tecnología Andina. Lima.
- Repo-Carrasco-Valencia, R. y L.A. Serna (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciencia e Tecnología de Alimentos.*, 19 (1), 225-230.
- Reyes Montaña, E.A., Ávila Torres, D.P. y Guevara Pulido, J.O. (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región Andina. *Avances Investigación en Ingeniería.*,5, 86-97.
- Reyes M, Gómez-Sánchez I, Espinoza C, Bravo F y L. Ganoza. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. 8.ª ed. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Lima.
- Ribes C. (2008). Dieta sin gluten derivado de cereales. En: Polanco *El libro blanco de la enfermedad celíaca*. Allué I., coord. Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid. Pp. 19-28. Barcelona, España.
- Risi, J. (1991). La Investigación de la quinua en Puno. En: L. Arguelles y R. Estrada (eds) *Perspectivas de la investigación agropecuaria para el Altiplano*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos. Convenio ACIDI-CIID-INIAA. Lima, Perú. pp 209-258.
- Rodríguez J. (1992). Historia de la agricultura y de la fitopatología, referencia especial a México. Colegio de Post-graduados en Ciencias Agrícolas, Ciudad de México, México.
- Rodríguez T. (2010). Contaminación por metales pesados podría ser una de las causas del autismo. [http://www.iibcaudo.com.ve/files/noticias/pdf/620f11\\_autista.pdf](http://www.iibcaudo.com.ve/files/noticias/pdf/620f11_autista.pdf)
- Ruales J. & B. Nair (1992). Nutritional quality of protein in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) seeds. *Plant Foods Hum Nutr.*, 42, 1-11.

- Sahagún B (1579). *Historia general de las cosas de Nueva España* (Codex Florentino). Eds. A.M. Garibay, 1989. Editorial Porrúa, DF, México.
- Sajer J. (2010). El lado oscuro del trigo - Nuevas perspectivas sobre la enfermedad celíaca y la intolerancia al trigo. Artículo en línea. Disponible en: <http://es.sott.net/article/13689-El-lado-oscuro-del-trigo-Nuevas-perspectivas-sobre-la-enfermedad-celiaca-y-la-intolerancia-al-trigo>
- Sandoval-Oliveros M y O Paredes López. (2013). Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 61, 193–201
- Santillán C. (2010). *Manual de Nutrición y dietas*. 2da Edición. 201 p.
- Sedano Rodríguez M. (1998). *Evaluación de la aceptación del producto “pastas alimenticias infantiles” en la ciudad de Guatemala*. Tesis de grado. Universidad Francisco Marroquín. Facultad de ciencias económicas. Guatemala. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/56811862/5/CLASIFICACIONDELAPASTAALIMENTICIA-6>.
- SEMARNAT. (2002). *Salvia hispanica*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. Artículo en línea. Disponible en: [www.semarnat.gob.mx/pfnm/SalviaHispanica.html](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm/SalviaHispanica.html)
- Serna S. (2007). Arroz. *Revista Ciencia Conocimiento Tecnología*. Edic. n º 50, Marzo 2007.
- Siener R., Honow R., Seidler A., Voss S. & A. Hesse. (2006). Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families. *Food Chem.*, 98, 220-224.
- Sin gluten. (2014). Desnutrición y enfermedad celíaca. Artículo en línea. Disponible en: <https://www.singluten.es/desnutricion-y-enfermedad-celiaca>
- Stikic R, Glamoclija D, Demin M, Vucelic-Radovic B, Jovanovic Z, Milojkovic-Opsenica D, Jacobsen S, Milanovic M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) as a ingredient in bread formulations. *J. of Cereal Sci.*, 55(2), 132-138.
- Tamayo Contreras H. (2010). *Caracterización molecular inter e intra genotípica de 16 accesiones de **chenopodium quinoa** (quinua) mediante la técnica de ISSR*. Tesis para optar el grado de magister scientiae. Especialidad de mejoramiento genético de plantas. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima
- Tapia M. (1997). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. 2da. Edición. Editorial FAO. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

- Tapia M y H Gandarillas. (1979). *La Quinua y la Kañiwa. Cultivos Andinos*. Bogotá-Colombia. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo CIID e Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA).
- Tapia, M y A. Fries. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO, Lima, Perú.
- Thomas R, Yeoh T, Wan-Nadiah W, Bhat R. (2014). *Quality evaluation of flat rice noodles (Kway Teow) prepared from Bario and Basmati rice*. *Sains Malaysiana.*, 43,(3),339-347
- Ting I, J Brown, Navqvi H, Kumamoto J y M Matsumura. (1990). Chía: a potential oil crop for arid zones. En: *New Industrial Crops and Products, Proceedings of the First International Conference on New Industrial Crops and Products*. Navqvi H, Estilai A y Ting I (Eds). Association for the Advancement of Industrial Crops. Riverside, California. USA.
- Toda la Pasta. (2012). **La pasta: Historia y características**. Artículo en línea. Disponible en: <http://www.todalapasta.com>
- USDA. United States Department of Agriculture. (2002). *Nutrient Database for Standard Reference*. Release 15, Nutrient. Data Laboratory, Beltsville Research Center, US Department of Agriculture, Pennsylvania, USA
- USDA. U. S. Department of Agriculture. (2014). Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page. Basics Reports:
- ✓ 12006 seeds, chia seeds, dried.
  - ✓ 20061 Rice, flour, white
  - ✓ 20040 Rice, Brown, medium-grain, raw
  - ✓ 20133 Rice, Noodles, dry
  - ✓ 20035 seeds, quinoa
- Valcárcel-Yamani B. y S. Caetano da Silva. (2012). Applications of Quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*) an amaranth (*Amaranthus spp.*) and their influence in the nutritional value of cereal based food. *Food and public health*, 2(6),265-275.
- Vasiliu M. y P. Navas. (2009). Propiedades de cocción, físicas y sensoriales de una pasta tipo fetuchine elaborada con sémola de trigo durum y harina deshidratada de cebollín. *Saber*, 21, (1), 70-76.
- Vázquez-Ovando J, Rosado-Rubio G, Chel-Guerrero L y D Betancur-Ancona. (2009). Physicochemical properties of a fibrous fraction from chia (*Salvia hispanica L.*). *LWT- J Food Sci Techn.*, 42, 168-173.

Vilche C, Gely M & E. Santalla. (2003). Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Eng.* 86:59-65.

Virtucio L. (2003). Oriental noodles. Present and future perspectives. Artículo en línea. Disponible en: <http://www.pavan.com/16.pdf>

Von Atzingen M y M Machado Pinto. (2005). *Evaluacion de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten.* Cienc. Technol. Alimt., 4, (5), 319-323.

Yalcin I., Ozarshan C. & T. Akba. (2007). Physical properties of pea (*Pisum sativum*) seed. *J. of Food Eng.*, 79(2), 731-735.

### **Referencias Electrónicas:**

- ✓ <http://celiacomania.blogspot.com/2012/11/que-es-el-gluten.html>
- ✓ <http://cocinapopular.es/celiacos/celiacos-alimentos-prohibidos-y-permitidos.html>.
- ✓ [http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE\\_Departament/DE02\\_Estadistiques\\_observatoris/27\\_Butlletins/02\\_Butlletins\\_ND/Fitxer\\_estatics\\_ND/2013\\_fitxers\\_estatics/0115\\_2013\\_SProductius\\_Arros\\_Arros-ACaton.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/27_Butlletins/02_Butlletins_ND/Fitxer_estatics_ND/2013_fitxers_estatics/0115_2013_SProductius_Arros_Arros-ACaton.pdf)
- ✓ [http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE\\_Departament/DE02\\_Estadistiques\\_observatoris/27\\_Butlletins/02\\_Butlletins\\_ND/Fixer\\_estatics\\_ND/2013\\_fitxers\\_estatics/0115\\_2013\\_SProductius\\_Arros\\_ArrosACaton.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/DAR/DE_Departament/DE02_Estadistiques_observatoris/27_Butlletins/02_Butlletins_ND/Fixer_estatics_ND/2013_fitxers_estatics/0115_2013_SProductius_Arros_ArrosACaton.pdf)
- ✓ [http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium\\_quinoa](http://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_quinoa)
- ✓ <http://fao.org/quinoa-2013>.
- ✓ <http://es.wikipedia.org/wiki/salvia-hispanica>.
- ✓ <http://www.salviahispanica.com>
- ✓ <http://www.infojardin.com>
- ✓ <http://ferransalacasasampere.blogspot.com/2013/06/la-ruta-dels-fideus.html>
- ✓ [www.degustare.com.ar](http://www.degustare.com.ar)
- ✓ <http://www.fideosaurora.com>
- ✓ <http://www.tiposdepasta.org/cotidianos/458-tipos-de-pastas.com>
- ✓ [http://es.Wikipedia.org/pastas\\_rellenas](http://es.Wikipedia.org/pastas_rellenas)
- ✓ <http://tusrecetasya.com.ar>
- ✓ <http://reposteriaitaliana.wordpress.com>

## ANEXO 1: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE PARAMETROS DIMENSIONALES DE ARROZ SD20A

### A.1. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA para %Humedad: Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,20602	1	1,20602	1130,64	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00426667	4	0,00106667		
Total (Corr.)	1,21028	5			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.1.1. Contraste Múltiple de Rango para %Humedad: Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AP	3	6,68333	X
AI	3	7,58	X

Indica una diferencia significativa.

#### A.1.2. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA para Longitud: Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	66,5858	1	66,5858	1510,54	<b>0,0000</b>
Intra grupos	2,11587	48	0,0440807		
Total (Corr.)	68,7017	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.1. 2.1. Contraste Múltiple de Rango para Longitud de grano: Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	25	7,8576	X
AP	25	10,1656	X

indica una diferencia significativa.

#### A.1.3. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA para ancho del grano: Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,128	1	1,128	115,83	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,46744	48	0,00973833		
Total (Corr.)	1,59544	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.1. 3.1. Contraste Múltiple de Rango para ancho del grano: Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	25	2,1252	X
AP	25	2,4256	X

Indica una diferencia significativa.

#### A.1.4. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA para espesor grano: Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,108578	1	0,108578	22,23	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,234472	48	0,00488483		
Total (Corr.)	0,34305	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.1. 4.1. Contraste Múltiple de Rango para espesor grano: Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	25	1,9444	X
AP	25	2,0376	X

Indica una diferencia significativa.

#### A.1.5. Tabla Análisis de la Varianza para diámetro geométrico (Dg) Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3,0258	1	3,0258	684,44	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,2122	48	0,00442083		
Total (Corr.)	3,238	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.1.5.1. Contraste Múltiple de Rango para diámetro geométrico (Dg): Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	25	3,196	X
AP	25	3,688	X

\* indica una diferencia significativa.

#### A.1.6.1. Contraste Múltiple de Rango para área superficial (S): Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	25	32,0896	X
AP	25	42,7444	X

\* indica una diferencia significativa.

#### A.1.7. Tabla Análisis de la Varianza para esfericidad ( $\Phi$ ) Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,022898	1	0,022898	206,60	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00532	48	0,000110833		
Total (Corr.)	0,028218	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.1.7.1. Contraste Múltiple de Rango para esfericidad ( $\Phi$ ) Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AP	25	0,3628	X
AI	25	0,4056	X

\* indica una diferencia significativa.

#### **A.1.8. Tabla Análisis de la Varianza para relación de aspecto (RA) Arroz paddy e integral SD20A**

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	125,512	1	125,512	90,19	<b>0,0000</b>
Intra grupos	66,7978	48	1,39162		
Total (Corr.)	192,31	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### **A.1.8.1. Contraste Múltiple de Rango para relación de aspecto (RA) Arroz paddy e integral SD20A**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Arroz</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
AP	25	23,8819	X
AI	25	27,0507	X

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE PARAMETROS DIMENSIONALES EN PASTAS CRUDAS Y COCIDAS

### A.2.1. Tabla ANOVA para Longitud según pastas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	4,15185	5	0,83037	474,50	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,021	12	0,00175		
Total (Corr.)	4,17285	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.2.1.1. Contraste Múltiple de Rango Para Longitud Según Pastas

Método: 95,0 porcentaje LSD

pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQ	3	1,05333	X
PA	3	1,06667	X
PAQC	3	1,07667	X
PAQc	3	1,97333	X
PAQCc	3	2,03333	XX
PAc	3	2,06667	X

\* indica una diferencia significativa.

### A.2.2. Tabla ANOVA Para Ancho Según Pastas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,899761	5	0,179952	201,19	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0107333	12	0,000894444		
Total (Corr.)	0,910494	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.2.2.1. Contraste Múltiple De Rango Para Ancho Según Pastas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,886667	X
PAQ	3	0,9	X
PAQc	3	1,13333	X
PAQCc	3	1,24667	X
PAc	3	1,48333	X

\* indica una diferencia significativa.

### ANEXO 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE CARACTERÍSTICAS GRAVIMÉTRICAS DE ARROZ SD20A Y SUS HARINAS

#### A.3.1. Tabla Análisis de la Varianza para Peso mil granos (P1000) Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	449,938	1	449,938	1795,97	<b>0,0000</b>
Intra grupos	12,0253	48	0,250527		
Total (Corr.)	461,963	49			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.3.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Peso mil granos (P1000) Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	25	22,796	X
AP	25	28,7956	X

\* indica una diferencia significativa.

#### A.3.2 Tabla Análisis de la Varianza para Densidad real (Dr) Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	154481,0	1	154481,0	4020,65	<b>0,0000</b>
Intra grupos	153,688	4	38,422		
Total (Corr.)	154635,0	5			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.3.2.1 Contraste Múltiple de Rango para Densidad real (Dr) Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AP	3	1491,15	X
AD	3	1812,07	X

\* indica una diferencia significativa.

#### A.3.3. Tabla ANOVA para Densidad aparente (Da) Arroz paddy e integral SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	22359,0	1	22359,0	7939,97	<b>0,0000</b>
Intra grupos	11,264	4	2,816		
Total (Corr.)	22370,2	5			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.3.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Densidad aparente (Da) Arroz paddy e integral SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AP	3	497,11	X
AD	3	619,2	X

\* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE CARACTERÍSTICAS GRAVIMÉTRICAS DE QUINOA Y SU HARINA.**

**A.4.1. Tabla ANOVA para Densidad Aparente según Granos y Harina de quinoa**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	37718,3	1	37718,3	1328,13	<b>0,0000</b>
Intra grupos	113,598	4	28,3994		
-----					
Total (Corr.)	37831,9	5			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.4.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Densidad Aparente según Granos y Harina de quinoa**

Método: 95,0 porcentaje LSD

QUINOA	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HPQ	3	494,58	X
GQ	3	653,153	X

-----  
\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 5: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE CARACTERÍSTICAS GRAVIMÉTRICAS DE SEMILLAS DE CHIA Y SU HARINA.

### A.5.1. Tabla ANOVA para Densidad Aparente según Semillas Y Harina de chia

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	6652,67	1	6652,67	359,30	<b>0,0000</b>
Intra grupos	74,0619	4	18,5155		
Total (Corr.)	6726,74	5			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.5.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Densidad Aparente según Semillas Y Harina de chia

Método: 95,0 porcentaje LSD

Chia	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HCC	3	598,323	X
SC	3	664,92	X

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 6: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE CARACTERÍSTICAS GRAVIMÉTRICAS EN PASTAS SECAS

### A.6.1. Tabla ANOVA para Densidad Aparente según pastas formuladas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	10596,7	2	5298,33	167,56	<b>0,0000</b>
Intra grupos	189,72	6	31,62		
Total (Corr.)	10786,4	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.6.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Densidad Aparente según pastas formuladas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	996,182	X
PAQ	3	1041,87	X
PAQC	3	1080,12	X

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 7: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COLOR INSTRUMENTAL DE GRANOS Y HARINAS CRUDAS Y PREGELATINIZADAS DE ARROZ SD20A

### A7.1. Tabla ANOVA para Luminosidad según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1657,29	3	552,431	9470241,14	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0004667	8	0,0000583		
Total (Corr.)	1657,29	11			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A7.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Luminosidad según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AP	3	59,2533	X
AI	3	63,5333	X
HPA	3	83,4433	X
HCA	3	85,8367	X

\* indica una diferencia significativa.

### A7.2. Tabla ANOVA para Tinte (a) según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	68,9538	3	22,9846	162244,14	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00113333	8	0,000141667		
Total (Corr.)	68,9549	11			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.7.2.1. Contraste Múltiple de Rango paratinte (a) según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HPA	3	1,74	X
HCA	3	2,50667	X
AI	3	3,52667	X
AP	3	7,93	X

\* indica una diferencia significativa.

### A.7.3. Tabla ANOVA para croma b según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	591,017	3	197,006	1182034,73	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00133333	8	0,000166667		
Total (Corr.)	591,019	11			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A7.3.1 Contraste Múltiple de Rango para croma b según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Muestra</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
HCA	3	14,6433	X
HPA	3	15,31	X
AI	3	22,0067	X
AP	3	32,1	X

\* indica una diferencia significativa.

### A.7.4. Tabla ANOVA para Índice de Blancura según Muestra

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	2682,42	3	894,141	5647203,42	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00126667	8	0,000158333		
Total (Corr.)	2682,42	11			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.7.4.1. Contraste Múltiple de Rango para Índice de Blancura según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Muestra</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
AP	3	49,17	X
AI	3	59,4967	X
HPA	3	82,01	X
HCA	3	84,54	X

\* indica una diferencia significativa.

## ANEXO 8: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COLOR INSTRUMENTAL DE GRANOS Y HARINA PREGELATINIZADA DE QUINOA

### A.8.1. Tabla ANOVA para Luminosidad (L\*) para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	9,72827	1	9,72827	116739,20	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,000333333	4	0,0000833333		
Total (Corr.)	9,7286	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.8.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Luminosidad (L\*) para granos y harina de quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
GQ	3	73,4667	X
HPQ	3	76,0133	X

### A.8.2. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA Tinte (a\*) para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3,34507	1	3,34507	9122,91	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,00146667	4	0,000366667		
Total (Corr.)	3,34653	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.8.2.1. Contraste Múltiple de Rango Tinte (a\*) para granos y harina de quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HPQ	3	3,85	X
GQ	3	5,34333	X

### A.8.3. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA Cromo (b\*) para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,00015	1	0,00015	0,43	0,5484
Intra grupos	0,0014	4	0,00035		
Total (Corr.)	0,00155	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.8.4. Tabla ANOVA Índice de Blancura (IB) para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	11,7041	1	11,7041	87780,50	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,000533333	4	0,000133333		
Total (Corr.)	11,7046	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.8.4.1 Contraste Múltiple de Rango de Índice de Blancura (IB) para granos y harina de quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
GQ	3	69,1033	X
HPQ	3	71,8967	X

## ANEXO 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COLOR INSTRUMENTAL DE SEMILLAS Y HARINA CRUDA DE CHIA

### A.9.1. Tabla ANOVA para Luminosidad (L\*) para semillas y harina de chía

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
-Entre grupos	2,95402	1	2,95402	88620,50	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,000133333	4	0,0000333333		
Total (Corr.)	2,95415	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.9.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Luminosidad (L\*) para semillas y harina de chía

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
SC	3	39,5833	X
HCC	3	40,9867	X

### A.9.2. Tabla ANOVA para Tinte (a\*) para semillas y harina de chía

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,17042	1	1,17042	1897,97	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,00246667	4	0,000616667		
Total (Corr.)	1,17288	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.9.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Tinte (a\*) para semillas y harina de chía

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HCC	3	2,5	X
SC	3	3,38333	X

### A.9.3. Tabla Análisis de la Varianza ANOVA Cromo (b\*) para semillas y harina de chía

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,00735	1	0,00735	220,50	<b>0,0001*</b>
Intra grupos	0,000133333	4	0,0000333333		
Total (Corr.)	0,00748333	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.9.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Cromo (b\*) para semillas y harina de chía

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
SC	3	14,6433	X
HCC	3	14,7133	X

---

**A.9.4. Tabla ANOVA para Índice de Blancura (IB) para semillas y harina de chí**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3,61927	1	3,61927	31022,29	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,000466667	4	0,000116667		
Total (Corr.)	3,61973	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.9.4.1. Contraste Múltiple de Rango para Índice de Blancura (IB) para semillas y harina de chí**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
SC	3	36,62	X
HCC	3	38,1733	X

---

## ANEXO 10: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COLOR INSTRUMENTAL DE PASTAS FORMULADAS

### A10.1. Tabla ANOVA para Luminosidad según Pasta seca formulada

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	239,015	2	119,508	597538,50	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0012	6	0,0002		
Total (Corr.)	239,017	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.10.1.1 Contraste Múltiple de Rango para Luminosidad según Pasta seca formulada

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta seca	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	51,2533	X
PAQ	3	59,3733	X
PA	3	63,6833	X

### A.10.2. Tabla ANOVA para Tinte (a\*) según Pasta seca formulada

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	2,08127	2	1,04063	1672,45	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00373333	6	0,000622222		
Total (Corr.)	2,085	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.10.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Tinte (a\*) según Pasta seca formulada

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta seca	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	4,90667	X
PAQC	3	5,58333	X
PAQ	3	6,08	X

### A.10.3. Tabla ANOVA para Cromo (b\*) según Pastas secas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	14,1143	2	7,05714	8945,68	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00473333	6	0,000788889		
Total (Corr.)	14,119	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.10.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Cromo (b\*) según Pastas secas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta seca	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	22,4767	X
PA	3	24,1467	X
PAQ	3	25,54	X

#### A.10.4. Tabla ANOVA para Índice de Blancura según Pasta seca

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
-Entre grupos	255,622	2	127,811	294948,23	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0026	6	0,000433333		
Total (Corr.)	255,624	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.10.4.1. Contraste Múltiple de Rango para Índice de Blancura según Pasta seca

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta seca	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	45,7233	X
PAQ	3	53,2533	X
PA	3	58,7233	X

#### A.10.5. Tabla ANOVA para Luminosidad según Pasta cocida formulada

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	308,023	2	154,011	36766,66	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0251333	6	0,00418889		
Total (Corr.)	308,048	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.10.5.1. Contraste Múltiple de Rango para Luminosidad según Pasta cocida formulada

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQCc	3	52,7167	X
PAQc	3	60,41	X
PAc	3	67,0333	X

#### A.10.6. Tabla ANOVA para Tinte (a\*) según Pasta cocida formulada

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	6,55002	2	3,27501	2061,20	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00953333	6	0,00158889		
Total (Corr.)	6,55956	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.10.6.1. Contraste Múltiple de Rango para Tinte (a\*) según Pasta cocida formulada

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAc	3	2,24667	X
PAQCc	3	3,95	X
PAQc	3	4,14667	X

#### A.10.7. Tabla ANOVA para Cromo (b\*) según Pastas cocidas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	23,6378	2	11,8189	7138,92	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00993333	6	0,00165556		
-----					
Total (Corr.)	23,6477	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.10.7.1. Contraste Múltiple de Rango para Cromo (b\*) según Pasta cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAc	3	15,5067	X
PAQCc	3	15,98	X
PAQc	3	19,1567	X

#### A.10.8. Tabla ANOVA para Índice de Blancura de pastas cocidas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	342,489	2	171,244	32242,66	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0318667	6	0,00531111		
Total (Corr.)	342,521	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.10.8.1. Contraste Múltiple de Rango para Índice de Blancura de pastas cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQCc	3	50,08	X
PAQc	3	57,1433	X
PAc	3	65,18	X

#### A.10.9. Tabla ANOVA para Luminosidad según Pasta secas y cocidas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	564,15	5	112,83	51416,16	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0263333	12	0,00219444		
Total (Corr.)	564,176	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.10.9.1. Contraste Múltiple de Rango para Luminosidad según Pasta secas y cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	51,2533	X
PAQCc	3	52,7167	X
PAQ	3	59,3733	X
PAQc	3	60,41	X
PA	3	63,6833	X
PAc	3	67,0333	X

**A.10.10. Tabla ANOVA para Tinte (a\*) según Pasta secas y cocidas**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	28,017	5	5,6034	5068,40	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0132667	12	0,00110556		
Total (Corr.)	28,0302	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.10.10.1. Contraste Múltiple de Rango para Tinte (a\*) según Pasta secas y cocidas**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAc	3	2,24667	X
PAQCc	3	3,95	X
PAQc	3	4,14667	X
PA	3	4,90667	X
PAQC	3	5,58333	X
PAQ	3	6,08	X

**A.10.11. Tabla ANOVA para Cromo (b\*) según Pasta secas y cocidas**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	269,307	5	53,8614	44068,46	0,0000
Intra grupos	0,0146667	12	0,00122222		
Total (Corr.)	269,322	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.10.11.1. Contraste Múltiple de Rango para Cromo (b\*) según Pasta secas y cocidas**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAc	3	15,5067	X
PAQCc	3	15,98	X
PAQc	3	19,1567	X
PAQC	3	22,4767	X
PA	3	24,1467	X
PAQ	3	25,54	X

**A.10.12. Tabla ANOVA para Índice de Blancura de pastas secas y cocidas**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	706,204	5	141,241	49174,78	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0344667	12	0,00287222		
Total (Corr.)	706,239	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.10.12.1. Contraste Múltiple de Rango para Índice de Blancura de pastas secas y cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Pastas</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PAQC	3	45,7233	X
PAQCc	3	50,08	X
PAQ	3	53,2533	X
PAQc	3	57,1433	X
PA	3	58,7233	X
PAC	3	65,18	X

## ANEXO 11: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE TEXTURA INSTRUMENTAL DE LAS PASTAS CRUDAS/SECAS

### A.11.1. Tabla ANOVA para Dureza según pastas crudas secas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	863,759	2	431,879	2453859,82	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,001056	6	0,000176		
Total (Corr.)	863,76	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.11.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Dureza según pastas crudas secas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	53,858	X
PAQ	3	65,445	X
PAQC	3	77,85	X

### A.11.2. Tabla ANOVA para Fracturabilidad según pastas crudas secas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	560,744	2	280,372	1435351,29	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,001172	6	0,000195333		
Total (Corr.)	560,745	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.11.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Fracturabilidad según pastas crudas secas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	45,248	X
PAQ	3	60,636	X
PAQC	3	63,08	X

## ANEXO 12: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE TEXTURA INSTRUMENTAL DE LAS PASTAS COCIDAS

### A.12.1. Tabla ANOVA para Dureza según Pastas crudas y cocidas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	10581,0	5	2116,220	713171,44	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,001226	12	0,000102167		
Total (Corr.)	10581,0	17			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.12.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Dureza según Pastas Pastas crudas y cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQc	3	10,0247	X
PAQCc	3	24,2607	X
PAc	3	27,1157	X
PA	3	53,858	X
PAQ	3	65,445	X
PAQC	3	77,85	X

\* indica una diferencia significativa.

### A.12.2. Tabla ANOVA para dureza según pastas cocidas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	502,917	2	251,459	8875005,92	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00017	6	0,0000283333		
-----					
Total (Corr.)	502,917	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.12.2.1. Contraste Múltiple de Rango para dureza según pastas

Método: 95,0 porcentaje LSD

PASTAS	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQc	3	10,0247	X
PAQCc	3	24,2607	X
PAc	3	27,1157	X

\* indica una diferencia significativa.

### A.12.3. Tabla ANOVA para cohesividad según pastas cocidas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	29,3949	2	14,6975	50954,20	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,00173067	6	0,000288444		
Total (Corr.)	29,3966	8			

p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.12.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Cohesividad: Pastas cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>PASTAS</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PAc	3	5,98867	X
PAQCc	3	7,73	X
PAQc	3	10,384	X

#### A.12.4. Tabla ANOVA para Elasticidad según Pastas cocidas

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,00000555556	2	0,00000277778	3,57	<b>0,0951</b>
Intra grupos	0,00000466667	6	7,77778E-7		
Total (Corr.)	0,0000102222	8			

No hay diferencias significativas.

#### A.12.5. Tabla ANOVA para Resiliencia: pastas cocidas

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,00385622	2	0,00192811	619,75	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0000186667	6	0,00000311111		
Total (Corr.)	0,00387489	8			

#### A.12.5.1. Contraste Múltiple de Rango para Resiliencia: Pastas cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>PASTAS</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PAQc	3	0,071	X
PAQCc	3	0,112	X
PAc	3	0,117333	X

#### A.12.6. Tabla ANOVA para Gomosidad según Pastas cocidas

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	26368,1	2	13184,0	*****	0,0000
Intra grupos	0,000066	6	0,000011		
Total (Corr.)	26368,1	8			

#### A.12.6.1. Contraste Múltiple de Rango para Gomosidad según Pastas cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>PASTAS</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PAQc	3	30,361	X
PAQCc	3	104,096	X
PAc	3	162,656	X

#### A.12.7. Tabla ANOVA para masticabilidad: pastas cocidas

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	42842,0	2	21421,0	*****	0,0000
Intra grupos	0,0000426667	6	0,00000711111		
Total (Corr.)	42842,0	8			

### A.12.7.1. Contraste múltiple de rango para masticabilidad: pastas cocidas

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>PASTAS</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PAQc	3	30,313	X
PAc	3	162,584	X
PAQCc	3	187,549	X

### ANEXO 13: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COMPOSICION PROXIMAL DE GRANOS Y HARINA DE ARROZ SD20A

#### A13.1. Tabla ANOVA para %Humedad para granos y harinas de arroz SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	29,1464	2	14,5732	2488,78	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0351333	6	0,00585556		
Total (Corr.)	29,1816	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A13.2. Contraste Múltiple de Rango para %Humedad para granos y harinas de arroz SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AI	3	7,58	X
HPA	3	10,6233	X
HCA	3	11,8633	X

#### A13.3. Tabla ANOVA para %Proteína Cruda para granos y harinas de arroz SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	7,63769	2	3,81884	621,51	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0368667	6	0,00614444		
Total (Corr.)	7,67456	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A13.4. Contraste Múltiple de Rango %Proteína Cruda para granos y harinas de arroz SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
AD	3	6,36333	X
HCA	3	6,43	X
HPA	3	8,35	X

\* existen diferencias significativas

#### A13.5. Tabla ANOVA para %Grasa Cruda para granos y harinas de arroz SD20A

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,415356	2	0,207678	64,67	<b>0,0001*</b>
Intra grupos	0,0192667	6	0,00321111		
Total (Corr.)	0,434622	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A13.6. Contraste Múltiple de Rango %grasa cruda para granos y harinas de arroz SD20A

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HPA	3	0,903333	X
HCA	3	1,32	X
AI	3	1,39	X

**A13.7. Tabla ANOVA para %Cenizas para granos y harinas de arroz SD20A**

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,0541556	2	0,0270778	8,77	<b>0,0166*</b>
Intra grupos	0,0185333	6	0,00308889		
Total (Corr.)	0,0726889	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A13.8. Contraste Múltiple de Rango para %Cenizas para granos y harinas de arroz SD20A**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Arroz</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos*</u>
AI	3	1,34333	a
HCA	3	1,44	ab
HPA	3	1,53333	b

\* letras iguales grupos homogéneos , no existen diferencias significativas

**A13.9. Tabla ANOVA para %Fibra dietética para granos y harinas de arroz SD20A**

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,224267	1	0,224267	50,21	<b>0,0021*</b>
Intra grupos	0,0178667	4	0,00446667		
Total (Corr.)	0,242133	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A13.10. Contraste Múltiple de Rango %Fibra dietética para granos y harinas de arroz SD20A**

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Arroz</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
HCA	3	4,43333	X
HPA	3	4,82	X

## ANEXO 14: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COMPOSICION PROXIMAL DE GRANOS Y HARINA PREGELATINIZADA DE QUINOA

### A.14.1. Tabla ANOVA para %Humedad para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	14,446	1	14,446	2183,28	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0264667	4	0,00661667		
Total (Corr.)	14,4725	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.14.1.1. Contraste Múltiple de Rango %Humedad para granos y harina de quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Quinoa	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HPQ	3	5,68	X
GQ	3	8,78333	X

### A.14.2. Tabla ANOVA % proteína cruda para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	35,7704	1	35,7704	1557,49	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0918667	4	0,0229667		
Total (Corr.)	35,8623	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.14.2.1. Contraste Múltiple de Rango % proteína cruda para granos y harina de quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Quinoa	Frec.	Media	Grupos homogéneos
GQ	3	15,56	X
HPQ	3	20,4433	X

### A.14.3. Tabla ANOVA %Grasa cruda para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,4374	1	0,4374	75,63	<b>0,0010*</b>
Intra grupos	0,0231333	4	0,00578333		
Total (Corr.)	0,460533	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.14.3.1. Contraste Múltiple de Rango % Grasa cruda para granos y harina de quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Quinoa	Frec.	Media	Grupos homogéneos
GQ	3	5,08667	X
HPQ	3	5,62667	X

### A.14.4. Tabla ANOVA % cenizas para granos y harina de quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0104167	1	0,0104167	5,68	<b>0,0757</b>
Intra grupos	0,00733333	4	0,00183333		
Total (Corr.)	0,01775	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

## ANEXO 15: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COMPOSICION PROXIMAL DE PASTAS FORMULADAS

### A.15.1. Tabla ANOVA %Humedad según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,448822	2	0,224411	41,13	<b>0,0003*</b>
Intra grupos	0,0327333	6	0,00545556		
Total (Corr.)	0,481556	8			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.15.1.1. Contraste Múltiple de Rango %Humedad según tipo de pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	6,97333	X
PA	3	7,26333	X
PAQ	3	7,52	X

### A.15.2. Tabla ANOVA %Proteína cruda según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	100,809	2	50,4043	6353,48	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0476	6	0,00793333		
Total (Corr.)	100,856	8			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.15.2.1. Contraste Múltiple de Rango %Proteína cruda según tipo de pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	7,1	X
PAQ	3	13,61	X
PAQC	3	14,67	X

### A.15.3. Tabla ANOVA %Grasa cruda según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,56087	2	0,780433	144,82	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0323333	6	0,00538889		
Total (Corr.)	1,5932	8			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.15.3.1. Contraste Múltiple de Rango %Grasa cruda según tipo de pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,946667	X
PAQ	3	1,18	X
PAQC	3	1,92333	X

**A.15.4. Tabla ANOVA %Cenizas según tipo de pasta**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,100067	2	0,0500333	12,87	<b>0,0068*</b>
Intra grupos	0,0233333	6	0,00388889		
Total (Corr.)	0,1234	8			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.15.4.1. Contraste Múltiple de Rango %Cenizas según tipo de pasta**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	1,55667	a
PAQ	3	1,66	a
PAQC	3	1,81333	b

**A.15.5. Tabla ANOVA %Fibra dietética según tipo de pasta**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	18,1262	2	9,0631	8770,74	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0062	6	0,00103333		
Total (Corr.)	18,1324	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.15.5.1. Contraste Múltiple de Rango %Fibra dietética según tipo de pasta**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	6,58333	X
PAQ	3	6,79333	X
PAQC	3	9,69333	X

**ANEXO 16: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COMPOSICION MINERAL Y METALES PESADOS EN HARINAS DE ARROZ SD20A**

**A.16.1. Tabla ANOVA para Calcio según harina de arroz**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	56,3041	1	56,3041	10,36	<b>0,0323</b>
Intra grupos	21,7429	4	5,43573		
Total (Corr.)	78,047	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.16.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Calcio según harina de arroz**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HPA	3	23,8567	X
HCA	3	29,9833	X

**A.16.2. Tabla ANOVA para Hierro según harina de arroz**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	73,5	1	73,5	1156,57	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,2542	4	0,06355		
Total (Corr.)	73,7542	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.16.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Hierro según harina de arroz**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Arroz	Frec.	Media	Grupos homogéneos
HCA	3	6,73	X
HPA	3	13,73	X

**A.16.3. Tabla ANOVA para Magnesio según harina de arroz**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	33,6067	1	33,6067	5,42	<b>0,0805</b>
Intra grupos	24,8213	4	6,20533		
Total (Corr.)	58,428	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

**A.16.4. Tabla ANOVA para Sodio según harina de arroz**

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,00365067	1	0,00365067	0,01	<b>0,9217</b>
Intra grupos	1,3335	4	0,333375		
Total (Corr.)	1,33715	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

## ANEXO 17: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COMPOSICION MINERAL Y METALES PESADOS DE GRANOS Y HARINA PREGELATINIZADA DE QUINOA

### A.17.1. Tabla ANOVA para Calcio según Quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	614,082	1	614,082	236,32	<b>0,0001</b>
Intra grupos	10,3941	4	2,59853		
Total (Corr.)	624,476	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.17.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Calcio según Quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Quinoa	Frec.	Media	Grupos homogéneos
GQ	3	42,2033	X
HPQ	3	62,4367	X

### A.17.2. Tabla ANOVA para Hierro según Quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	479,005	1	479,005	826,82	<b>0,0000</b>
Intra grupos	2,31733	4	0,579333		
Total (Corr.)	481,323	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.17.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Hierro según Quinoa

Método: 95,0 porcentaje LSD

Quinoa	Frec.	Media	Grupos homogéneos
GQ	3	3,69333	X
HPQ	3	21,5633	X

### A.17.3. Tabla ANOVA para Magnesio según Quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	103,169	1	103,169	7,25	<b>0,0545</b>
Intra grupos	56,9147	4	14,2287		
Total (Corr.)	160,084	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.17.4. Tabla ANOVA para Sodio según Quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,25127	1	1,25127	3,14	<b>0,1510</b>
Intra grupos	1,59279	4	0,398197		
Total (Corr.)	2,84406	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.17.5. Tabla ANOVA para Plomo según Quinoa

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	6,66667E-7	1	6,66667E-7	1,00	<b>0,3739</b>
Intra grupos	0,00000266667	4	6,66667E-7		
Total (Corr.)	0,00000333333	5			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

## ANEXO 18: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE COMPOSICION MINERAL Y METALES PESADOS DE PASTAS FORMULADAS

### A.18.1. Tabla ANOVA para Calcio según PASTAS

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1815,1	2	907,551	599,71	<b>0,0000</b>
Intra grupos	9,07993	6	1,51332		
Total (Corr.)	1824,18	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.18.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Calcio según PASTAS

Método: 95,0 porcentaje LSD

PASTAS	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	19,4833	X
PAQC	3	28,6977	X
PAQ	3	53,14	X

### A.18.2. Tabla ANOVA para Hierro según PASTAS

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	73,51	2	36,755	109,34	<b>0,0000</b>
Intra grupos	2,01697	6	0,336162		
Total (Corr.)	75,527	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.18.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Hierro según PASTAS

Método: 95,0 porcentaje LSD

PASTAS	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	4,76333	X
PAQC	3	8,06167	X
PAQ	3	11,76	X

### A.18.3. Tabla ANOVA para Magnesio según PASTAS

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	5866,53	2	2933,27	963,69	<b>0,0000</b>
Intra grupos	18,2627	6	3,04379		
Total (Corr.)	5884,8	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.18.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Magnesio según PASTAS

Método: 95,0 porcentaje LSD

PASTAS	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	47,7067	X
PAQC	3	90,277	X
PAQ	3	108,667	X

#### A.18.4. Tabla ANOVA para Sodio según PASTAS

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1091,16	2	545,579	335,37	<b>0,0000</b>
Intra grupos	9,76066	6	1,62678		
Total (Corr.)	1100,92	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.18.4.1. Contraste Múltiple de Rango para Sodio según PASTAS

Método: 95,0 porcentaje LSD

PASTAS	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	9,27133	X
PAQ	3	18,2567	X
PAQC	3	35,7873	X

## ANEXO 19. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN SEMILLAS DE CHIA Y PASTAS

### A.19.1. Tabla anova para ácido graso C16:0 según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,375	1	0,375	57692,31	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,000026	4	0,0000065		
Total (Corr.)	0,375026	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.19.1.1. Contraste múltiple de rango para C16:0 según tipo de pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQ	3	18,5	X
PAQC	3	19,0	X

### A.19.2. Tabla anova para C18:1 según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	69,36	1	69,36	16006153,85	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0000173333	4	0,00000433333		
Total (Corr.)	69,36	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.19.2.1 Contraste Múltiple de Rango para C18:1 según tipo de pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	21,2997	X
PAQ	3	28,0997	X

### A.19.3. Tabla ANOVA para C18:2 según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	47,0456	1	47,0456	5760685,73	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,0000326667	4	0,00000816667		
Total (Corr.)	47,0456	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.19.3.1. Contraste Múltiple de Rango para C18:2 según tipo de pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	37,6997	X
PAQ	3	43,3	X

#### A.19.4. Tabla ANOVA para C18:3 según tipo de pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	212,451	1	212,451	32684723,31	<b>0,0000*</b>
Intra grupos	0,000026	4	0,0000065		
Total (Corr.)	212,451	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.19.4.1. Contraste Múltiple de Rango para C18:3 según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQ	3	10,199	X
PAQC	3	22,1	X

#### A.19.5. Contraste Múltiple de Rango para \_C16:0 según Muestras

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
SC	3	10,1997	X
PAQC	3	19,0	X

#### A.19.6. Tabla ANOVA para \_C18:1 según Muestras

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	433,483	1	433,483	2,6009E <sup>8</sup>	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0000066667	4	0,0000016667		
Total (Corr.)	433,483	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.19.6.1. Contraste Múltiple de Rango para \_C18:1 según Muestras

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
SC	3	4,3	X
PAQC	3	21,2997	X

#### A.19.7. Tabla ANOVA para \_C18:2 según Muestras

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	807,337	1	807,337	98857567,37	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,000032667	4	0,0000081667		
Total (Corr.)	807,337	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.19.7.1. Contraste Múltiple de Rango para \_C18:2 según Muestras

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
SC	3	14,5	X
PAQC	3	37,6997	X

#### A.19.8. Tabla ANOVA para \_C18:3 según Muestras

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3201,66	1	3201,66	4,92563E <sup>8</sup>	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,000026	4	0,0000065		
Total (Corr.)	3201,66	5			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.19.8.1. Contraste Múltiple de Rango para \_C18:3 según Muestras

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestras	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQC	3	22,1	X
SC	3	68,3	X

## ANEXO 20: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN PASTAS

### A.20.1. Tabla ANOVA para Ácido Aspártico según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,00470756	2	0,00235378	16,21	<b>0,0038</b>
Intra grupos	0,000871333	6	0,000145222		
Total (Corr.)	0,00557889	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.1.1. Contraste Múltiple de Rango para Ácido Aspártico según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,260667	X
PAQC	3	0,29	X
PAQ	3	0,316667	X

### A.20.2. Tabla ANOVA para Ácido glutámico según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,481208	2	0,240604	248,90	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0058	6	0,000966667		
Total (Corr.)	0,487008	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Ácido glutámico según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,052	X
PAQC	3	0,45	X
PAQ	3	0,6	X

### A.20.3. Tabla ANOVA para Serina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,013058	2	0,006529	46,09	<b>0,0002</b>
Intra grupos	0,00085	6	0,000141667		
Total (Corr.)	0,013908	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Serina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,27	X
PAQ	3	0,31	X
PAQC	3	0,363	X

#### A.20.4. Tabla ANOVA para Glicina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0186276	2	0,00931378	208,00	0,0000
Intra grupos	0,000268667	6	0,0000447778		
Total (Corr.)	0,0188962	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.20.4.1. Contraste Múltiple de Rango para Glicina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,226667	X
PAQ	3	0,3	X
PAQC	3	0,336	X

#### A.20.5. Tabla ANOVA para Histidina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,022002	2	0,011001	63,96	<b>0,0001</b>
Intra grupos	0,001032	6	0,000172		
Total (Corr.)	0,023034	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.20.5.1. Contraste Múltiple de Rango para Histidina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,27	X
PAQ	3	0,31	X
PAQC	3	0,389	X

#### A.20.6. Tabla ANOVA para Arginina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0602	2	0,0301	22,02	<b>0,0017</b>
Intra grupos	0,0082	6	0,00136667		
Total (Corr.)	0,0684	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.20.6.1. Contraste Múltiple de Rango para Arginina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,47	X
PAQ	3	0,58	X
PAQC	3	0,67	X

#### A.20.7. Tabla ANOVA para Treonina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,015	2	0,0075	25,00	0,0012
Intra grupos	0,0018	6	0,0003		
Total (Corr.)	0,0168	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.7.1. Contraste Múltiple de Rango para Treonina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,24	X
PAQ	3	0,29	X
PAQC	3	0,34	X

#### A.20.8. Tabla ANOVA para Alanina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0143909	2	0,00719544	26,57	<b>0,0010</b>
Intra grupos	0,00162467	6	0,000270778		
Total (Corr.)	0,0160156	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.8.1. Contraste Múltiple de Rango para Alanina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,275667	X
PAQ	3	0,3	X
PAQC	3	0,37	X

#### A.20.9. Tabla ANOVA para Prolina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0175102	2	0,00875511	23,68	<b>0,0014</b>
Intra grupos	0,00221867	6	0,000369778		
Total (Corr.)	0,0197289	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.9.1. Contraste Múltiple de Rango para Prolina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,312	X
PAQ	3	0,368667	X
PAQC	3	0,42	X

#### A.20.10. Tabla ANOVA para Tirosina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0218	2	0,0109	54,50	<b>0,0001</b>
Intra grupos	0,0012	6	0,0002		
Total (Corr.)	0,023	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.10.1 Contraste Múltiple de Rango para Tirosina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,34	X
PAQ	3	0,39	X
PAQC	3	0,46	X

#### A.20.11. Tabla ANOVA para Valina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0224	2	0,0112	37,33	0,0004
Intra grupos	0,0018	6	0,0003		
Total (Corr.)	0,0242	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.20.11.1. Contraste Múltiple de Rango para Valina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,27	X
PAQ	3	0,31	X
PAQC	3	0,39	X

#### A.20.12. Tabla ANOVA para Metionina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0208869	2	0,0104434	238,56	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,000262667	6	0,0000437778		
Total (Corr.)	0,0211496	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.20.12.1. Contraste Múltiple de Rango para Metionina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,27	X
PAQ	3	0,313	X
PAQC	3	0,386667	X

#### A.20.13. Tabla ANOVA para Cistina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,01415	2	0,007075	194,72	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,000218	6	0,0000363333		
Total (Corr.)	0,014368	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

##### A.20.13.1. Contraste Múltiple de Rango para Cistina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

Muestra	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	0,22	X
PAQ	3	0,25	X
PAQC	3	0,315	X

#### A.20.14. Tabla ANOVA para Isoleucina según Muestra

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,0338	2	0,0169	253,50	<b>0,0000</b>
Intra grupos	0,0004	6	0,0000666667		
Total (Corr.)	0,0342	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.14.1. Contraste Múltiple de Rango para Isoleucina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Muestra</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PA	3	0,3	X
PAQ	3	0,37	X
PAQC	3	0,45	X

#### A.20.15. Tabla ANOVA para Leucina según Muestra

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,0674	2	0,0337	29,74	<b>0,0008</b>
Intra grupos	0,0068	6	0,00113333		
Total (Corr.)	0,0742	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.15.1. Contraste Múltiple de Rango para Leucina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Muestra</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PA	3	0,38	X
PAQ	3	0,46	X
PAQC	3	0,59	X

#### A.20.16. Tabla ANOVA para Fenilalanina según Muestra

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,0296	2	0,0148	12,33	<b>0,0075</b>
Intra grupos	0,0072	6	0,0012		
Total (Corr.)	0,0368	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.20.16.1. Contraste Múltiple de Rango para Fenilalanina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Muestra</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PA	3	0,39	X
PAQ	3	0,45	X
PAQC	3	0,53	X

Tabla ANOVA para Lisina según Muestra

<u>Fuente</u>	<u>Sumas de cuad.</u>	<u>Gl</u>	<u>Cuadrado Medio</u>	<u>Cociente-F</u>	<u>P-Valor</u>
Entre grupos	0,0446	2	0,0223	133,80	0,0000
Intra grupos	0,001	6	0,000166667		
Total (Corr.)	0,0456	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

Contraste Múltiple de Rango para Lisina según Muestra

Método: 95,0 porcentaje LSD

<u>Muestra</u>	<u>Frec.</u>	<u>Media</u>	<u>Grupos homogéneos</u>
PA	3	0,27	X
PAQ	3	0,38	X
PAQC	3	0,44	X

## ANEXO 21: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE PRUEBAS DE COCCION EN PASTAS

### A.21.1. Tabla ANOVA para Tiempo de coccion según Pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,222222	2	0,111111	1,33	<b>0,3318</b>
Intra grupos	0,5	6	0,0833333		
Total (Corr.)	0,722222	8			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.21.2. Tabla ANOVA para Ganancia de peso según Pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	5988,85	2	2994,42	10,52	<b>0,0109</b>
Intra grupos	1707,29	6	284,548		
Total (Corr.)	7696,14	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.21.2.1. Contraste Múltiple de Rango para Ganancia de peso según Pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PAQ	3	98,2333	X
PAQC	3	106,523	X
PA	3	156,627	X

### A.21.3. Tabla ANOVA para Pérdida de peso según Pasta

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	4302,45	2	2151,22	3172,69	<b>0,0000</b>
Intra grupos	4,06827	6	0,678044		
Total (Corr.)	4306,52	8			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

#### A.21.3.1. Contraste Múltiple de Rango para Pérdida de peso según Pasta

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pasta	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	3	12,86	X
PAQ	3	15,3367	X
PAQC	3	60,43	X

## ANEXO 22: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE ATRIBUTOS SENSORIALES MEDIDOS EN LAS PASTAS.

### A.22.1. Tabla ANOVA para Color según Pastas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,73333	2	0,866667	1,13	<b>0,3333</b>
Intra grupos	32,2667	42	0,768254		
Total (Corr.)	34,0	44			

\* p-valor del test F es superior a 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.22.1.1. Tabla ANOVA para Sabor según Pastas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	16,5778	2	8,28889	16,53	<b>0,0000</b>
Intra grupos	21,0667	42	0,501587		
Total (Corr.)	37,6444	44			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.22.2. Contraste Múltiple de Rango para Sabor según Pastas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	15	3,46667	a
PAQC	15	4,6	b
PAQ	15	4,86667	b

### A.22.3. Tabla ANOVA para sensación al tacto según Pastas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	74,1333	2	37,0667	122,91	<b>0,0000</b>
Intra grupos	12,6667	42	0,301587		
Total (Corr.)	86,8	44			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.22.3.1. Contraste Múltiple de Rango para sensación al tacto según Pastas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	15	1,2	X
PAQ	15	3,33333	X
PAQC	15	4,26667	X

### A.22.4. Tabla ANOVA para sensación bucal (mordida) según Pastas

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	17,808	2	8,904	42,33	<b>0,0000</b>
Intra grupos	8,62381	41	0,210337		
Total (Corr.)	26,4318	43			

\* p-valor del test F es inferior a 0,05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias

### A.22.4.1. Contraste Múltiple de Rango para sensación bucal (mordida) según Pastas

Método: 95,0 porcentaje LSD

Pastas	Frec.	Media	Grupos homogéneos
PA	14	1,21429	X
PAQC	15	2,33333	X
PAQ	15	2,73333	X