

**Universidad Nacional Agraria
La Molina**

Facultad de Industrias Alimentarias



**Obtención de una mezcla
nutritiva a base de Quinua y
Cebada Malteadas**

***Tesis para optar el Título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS***

Jenny del Carmen Valdez Arana

LIMA-PERU

1 9 9 5

INDICE GENERAL

	PAGINA
INDICE DE CUADROS	11
INDICE DE FIGURAS	14
INDICE DE ANEXOS	15
RESUMEN	16
I. INTRODUCCION	18
II. REVISION DE LITERATURA	21
2.1 El problema nutricional del país	21
2.2 La cebada (<i>hordeum vulgare</i>)	26
2.2.1 Características botánicas de la cebada	27
Características del grano de cebada	27
2.2.2 Producción	28
2.2.3 Composición química de la cebada	30
2.2.4 Características que debe reunir la cebada para ser malteada	32
2.3 La quinua (<i>chenopodium quinoa willd</i>)	34
2.3.1 Características botánicas de la quinua	34
Características del grano de quinua	35
2.3.2 Producción	37

2.3.3	Composición química	38
2.3.4	Antinutrientes del grano de quinua	41
2.4	El proceso tecnologico de malteo	42
2.4.1	Definición	42
2.4.2	Etapas del proceso tecnológico	43
a.	Remojo	44
b.	Germinacion	45
c.	Secado	46
	Limpieza y enfriado de la malta	48
2.4.3	Cambios químicos ocurridos durante el malteo	48
a.	Carbohidratos	48
b.	Materia nitrogenada	49
c.	Grasa	51
d.	Cenizas	51
e.	Vitaminas	51
2.4.4	Usos de la malta	52
2.5	Mezclas Nutritivas	53
2.5.1	Criterios a considerar para la elaboración de una mezcla nutritiva	53
2.5.2	Bases para la formulación de mezclas de proteínas vegetales de alto valor nutritivo	54
2.5.3	Métodos biológicos para evaluar	59

	calidad proteica	
2.5.4	Métodos de deshidratación de mezclas de cereales	60
2.5.5	Tipos de secadores de rodillos	65
2.5.6	Efectos, ventajas y desventajas de la deshidratación por rodillos	67
III.	MATERIALES Y METODOS	68
3.1	Materias primas	68
3.2	Equipos y materiales	69
3.2.1	Proceso de malteo	69
3.2.2	Obtención de la mezcla nutritiva	70
3.2.3	En la evaluación sensorial	70
3.2.4	Materiales y equipos para los análisis físicos, químicos, fisicoquímicos y biológicos	71
3.3	Método de análisis	71
3.3.1	Análisis químico proximal	71
3.3.2	Análisis físicos	73
3.3.3	Análisis fisicoquímicos	74
3.3.4	Análisis biológicos	74
3.4	Análisis químico proximal de la materia prima y de los cereales malteados	75
3.5	Metodología para la selección de las formulaciones	75

3.5.1	Programación lineal	78
3.5.2	Cómputo químico o score	79
3.5.3	Valor proteico relacionado al valor de NDpCcal $\%$	79
3.5.4	Programa Maltamix	80
3.6	Operaciones para la elaboración de la mezcla nutritiva	87
3.6.1	Obtención de las maltas de quinua y cebada	87
	a. Limpieza y clasificación	90
	b. Lavado y secado	90
	c. Remojo	91
	d. Germinación	91
	e. Secado	91
	f. Molienda	92
	g. Empacado	92
3.6.2	Obtención de las mezclas nu- tritivas	92
	a. Pesado	94
	b. Mezcla	94
	c. Molienda coloidal	94
	d. Tratamiento térmico	95
	e. Secado	97
	f. Molienda	97
	g. Envasado y almacenaje	98
3.7	Análisis físicos, químicos, fisico- químicos y biológicos	98

3.8	Rendimientos	99
3.8.1	Rendimiento de la operación de malteo (ROM)	99
3.8.2	Rendimiento de la operación de obtención de la mezcla nutritiva (RMN)	100
3.8.3	Rendimiento total (RT)	100
3.9	Análisis sensorial	100
3.9.1	Diseño estadístico	102
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	103
4.1	Caracterización de la materia prima	103
4.1.1	Cebada	103
	a. Análisis físicos	103
	b. Análisis químico de los granos	104
4.1.2	Quinoa	105
	a. Análisis físicos	105
	b. Análisis químico	106
4.2	Obtención de las maltas de cebada y quinoa	107
4.2.1	Malta de cebada	107
	a. Análisis físico de la malta de cebada	107
	Determinación del valor del extracto en harina fina	107
	b. Análisis químico de la malta de cebada	108

4.2.2	Malta de quinua	109
a.	Determinación del valor del extracto en harina fina	109
b.	Análisis químico de la malta de quinua	111
4.3	Obtención de la formulación óptima	113
4.4	Obtención de la mezcla nutritiva	118
a.	Pesado	118
b.	Mezcla	119
c.	Molienda coloidal	120
d.	Tratamiento térmico	121
e.	Secado	126
f.	Molienda	131
g.	Almacenamiento	132
4.5	Rendimientos	132
4.5.1	Rendimiento de la operación de malteo (ROM)	133
4.5.2	Rendimiento de la operación de obtención de la mezcla nu- tritiva (RMN)	136
4.5.3	Rendimiento total (RT)	137
4.6	Caracterización de la mezcla nutritiva	138
4.6.1	Análisis químicos	138
a.	Proteína	138
b.	Calidad proteica	140
c.	Grasa	141

d.	Fibra y ceniza	141
e.	Carbohidratos	142
f.	Calorías	143
4.6.2	Análisis fisicoquímicos	143
	Isoterma de adsorción	143
4.6.3	Análisis físicos	147
	Viscoamilografía	147
4.6.4	Análisis biológicos.	154
	PER y Digestibilidad	154
4.7	Análisis sensorial	156
V.	CONCLUSIONES	159
VI.	RECOMENDACIONES	162
VII.	BIBLIOGRAFIA	163
VIII.	ANEXOS	172

INDICE DE CUADROS

No.		Página
1	Composicion química del grano de cebada	30
2	Aminograma de la proteína del grano de cebada	31
3	Composición del grano de quinua compa- rado con algunos cereales	40
4	Aminoácidos esenciales en la quinua comparados con varios cereales	41
5	Aminogramas de la materia prima antes y después del malteo.	50
6	Composición química de las maltas de cebada y quinua	52
7	Patrón de Requerimientos Nutricionales mínimos recomendados por FAO/OMS (1985)	57
8	Composición nutritiva recomendada para mezclas ricas en proteínas	58
9	Aminograma de la proteína de la Leche de Vaca	59
10	Humedades relativas de soluciones satu- radas	74
11	Análisis físicos de los granos de ce- bada desnudos - variedad Yanamuclo	104
12	Análisis químico de la cebada	106
13	Características de calidad de la quinua	106

No.		Página
14	Composición química de los granos de quinoa variedad Blanca de Junín	107
15	Valor de extracto de la malta de cebada	108
16	Composición química de la malta de cebada	109
17	Valor de extracto de la malta de quinoa	110
18	Composición química de la malta de quinoa	111
19	Obtención de la proporción óptima	114
20	Aminograma de la mezcla óptima	117
21	Composición química comparativa de la Mezcla Nutritiva.	118
22	Variación del porcentaje de sólidos solubles	120
23	Temperatura vs tiempo en el proceso de gelatinización	123
24	Valores del porcentaje de sólidos y humedad post-gelatinización	126
25	Características del producto después del secado	128
26	Humedad de las hojuelas	129
27	Resumen de resultados	131
28	Rendimiento del proceso de malteo de cebada	133
29	Rendimiento del proceso de malteo de quinoa	135

No.		Página
30	Rendimiento de la operación de obtención de la mezcla alimenticia (RMN)	136
31	Rendimientos totales (RT)	137
32	Composición química experimental de la mezcla nutritiva	139
33	Composición química comparativa de la mezcla nutritiva	140
34	Comportamiento viscoamilográfico de las muestras	150
35	Pruebas biológicas realizadas con la mezcla nutritiva obtenida.	154

INDICE DE FIGURAS

No.		PAGINA
1	Corte longitudinal del Grano de Cebada	29
2	Partes del grano de quinua	36
3	Equipos utilizados para el secado de alimentos	62
4	Secadores de rodillos	66
5	Flujo de procesos para la obtencion de la malta de quinua	88
6	Flujo de procesos para la obtencion de la malta de cebada	89
7	Diagrama de flujo para la obtencion de la mezcla nutritiva	93
8	Diseño experimental durante el secado de la mezcla optima de quinua y cebada	96
9	Gelatinización de Almidones vs Temperatura	98
10	Temperatura vs Tiempo en el Proceso de Gelatinización	124
11	Gráfica de la isoterma de adsorción de la mezcla nutritiva	145
12	Gráfica de la ecuación de B.E.T. para la mezcla nutritiva	146
13	Gráfica comparativa de análisis viscoamilográfico para la mezcla nutritiva y sus componentes	151

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PAGINA
I	Programa "MALTAMIX" para calcular el Valor Protéico de la Mezcla Nutritiva, empleando el Patrón de Referencia FAO/OMS (1985).	I-1
II	Determinación de la cantidad de agua necesaria de adicionar a la mezcla nutritiva (base húmeda) para conseguir el nivel de sólidos totales deseados.	II-1
III	Grados de calidad para la Quinua.	III-1
IV	Determinación del Valor del Extracto en Harina Fina.	IV-1
V	Metodología para la determinación de la Eficiencia Protéica (PER).	V-1
VI	Determinación de la Digestibilidad.	VI-1
VII	Composición porcentual de la ración formulada para la determinación de los ensayos biológicos: PER y Digestibilidad de la Mezcla Nutritiva.	VII-1
VIII	Ajuste de los datos experimentales de la Isoterma de Adsorción mediante la Ecuación de B.E.T.	VIII-1
IX	Formato utilizado para la evaluación sensorial	IX-1
X	Datos suministrados por los panelistas en el análisis sensorial.	X-1
XI	Resultados estadísticos de la evaluación sensorial.	XI-1
XII	Resultados de la prueba de Friedman para bloques completos al azar.	XII-1

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata de la elaboración de una mezcla nutritiva a base de harina de maltas de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y cebada (*Hordeum vulgare*). Se determinó un flujo óptimo de procesamiento y se efectuó la caracterización del producto obtenido. Este flujo se resume de la siguiente manera: malteo de las materias primas, obtención de la formulación óptima, mezcla, molienda coloidal, tratamiento térmico (gelatinización), secado por rodillos, molienda y empaclado.

Se determinó que la proporción óptima de ingredientes fue de 58% de malta de cebada y 42% de malta de quinua para cumplir los requerimientos de composición aminoacídica especificados por la FAO/OMS (1985).

El proceso de secado reportó resultados satisfactorios para una presión de vapor de 80 psi y 2 rpm de velocidad de giro de los rodillos para un porcentaje de sólidos totales de 35.0% .

La calidad nutricional de la mezcla obtenida se comprobó mediante la determinación de la eficiencia proteica (PER) de 2.32 y digestibilidad de 88.24% . Lo cual sugiere su consumo entre niños en edad escolar, madres gestantes y nutrices.

A través del análisis sensorial se determinó que el producto tiene buena aceptabilidad especialmente cuando es consumido bajo la forma de bebida con un complemento de leche y azúcar.

I. INTRODUCCION

La malnutrición es uno de los problemas más agudos en los sectores económicamente deprimidos de nuestro país. La alimentación popular tiene serias deficiencias, tanto en cantidad como en calidad, de elementos nutritivos proteicos y energéticos. Una de las consecuencias más graves de esta situación es la salud deteriorada de la población. La malnutrición afecta principalmente a la población infantil la que se ve reflejada en los elevados índices de morbilidad y mortalidad de este sector. La carencia de recursos económicos es la principal causa de este fenómeno haciendo que la ración alimenticia per cápita se vea reducida. Pero además de la escasa disponibilidad de alimentos, existen problemas de mal aprovechamiento de los nutrientes presentes en ellos. Hecho que agrava aún más la situación. Alimentos de alto valor nutritivo como la proteína de origen animal no se encuentran al alcance de hogares de bajo poder adquisitivo, no habiendo en la actualidad sustitutos de menor costo. Se puede concluir por lo tanto que la oferta de alimentos es inadecuada para la realidad socioeconómica de un gran sector de nuestra población.

Una alternativa viable de solución para esta problemática es complementar la dieta, sobre todo de los sectores populares, con alimentos nutritivos y de fácil preparación. Es aconsejable su presentación como productos instantáneos ya que para su preparación se requiere un bajo consumo de energía, otro de los factores limitantes para los sectores en mención.

En la actualidad, algunos productos con estas características pueden encontrarse en el mercado nacional. Sin embargo, la mayoría de ellos, a pesar de tener un alto contenido proteico y energético, se basan en insumos importados o se importan en su totalidad. Además, en su elaboración no se incluyen materias primas, insumos ni mano de obra nacional. Las consecuencias de lo anterior están por un lado en el alto costo, lo que hace que su orientación de mercado no incluya a las mayorías.

Por otro lado, la sociedad nacional se convierte en dependiente de la importación de alimentos. Esto implica una fuga de divisas en un país que las necesita para su desarrollo.

Por lo tanto se hace necesario priorizar el consumo masivo de vegetales de alto valor nutritivo y disponibilidad local. Tal es el caso de los cultivos andinos (quinua entre otros).

Estos vegetales, para ser aprovechados en toda su potencialidad, deben ser procesados antes del consumo, a fin de concentrar su contenido proteico y mejorar su digestibilidad. Uno de los procesos que más se adecua a lo anterior es el malteo o germinación controlada de los cereales. Luego del malteo, estos materiales se convierten en buenos sustitutos y complementos de otros insumos utilizados en la elaboración de alimentos con alto valor nutritivo.

La presente investigación persigue obtener una mezcla de fácil preparación y de alto valor nutritivo en base a la formulación de quinua y cebada malteadas. Se considerará como principal criterio de optimización la concentración adecuada de los aminoácidos esenciales según patrones de referencias internacionales. Se determinarán los parámetros tecnológicos más apropiados durante el secado de rodillos y una vez obtenida la mezcla nutritiva se procederá a caracterizarla desde el punto de vista químico, fisicoquímico, físico, nutricional y sensorial.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL PROBLEMA NUTRICIONAL DEL PAIS

Es un hecho deplorable que la malnutrición calórico- proteica esté estrechamente ligada a las condiciones económico-sociales y/o culturales del medio, y que, en muchos casos se deba más a una deficiente distribución de los alimentos que a una real falta de los mismos. Por otra parte se conoce el hecho alarmante que la población crece a mayor ritmo que la producción de alimentos acentuando cada vez el fenómeno de escasez de los mismos (Gonzales et al, 1977) .

El estudio más amplio hecho en el Perú sobre la situación nutricional de la población se hizo entre 1971 y 1972 por Amat y León y Curonisy (1990), citados por Repo (1992). Después de ese trabajo no se ha realizado otro tan extenso y riguroso. Algunos de los indicadores mencionados por dichos autores son:

- En el Perú, aproximadamente uno de cada dos niños está desnutrido.
- En Lima Metropolitana el 19 % de los niños están malnutridos.
- En la sierra y en la selva la malnutrición es más extensa. Esto es particularmente agudo en la sierra norte donde casi dos terceras partes de los niños están malnutridos.

- En la selva baja la situación es todavía más crítica: el 68% están malnutridos.
- En la sierra central el 6% de la población de niños se encuentra en tercer grado de desnutrición.

Por otro lado, los mismos autores al comparar las regiones en cuanto a la situación de niños malnutridos concluyeron:

- El 40% de los malnutridos residen en la sierra. A nivel de todo el país, en la sierra norte y en la selva baja está mayormente concentrada la población malnutrida.
- Del total de la población de niños malnutridos, el 71% tiene una intensidad de primer grado, 23% de segundo grado y 6% de tercer grado.
- El 50% de la población malnutrida de tercer grado reside en la sierra.

Finalmente, consideran que el grupo más afectado por la desnutrición es el de los niños en edad de ablactancia, es decir niños de 6 a 24 meses. La ablactancia es un proceso mediante el cual el niño se acostumbra gradualmente a comer la dieta de los adultos. Durante el período de ablactancia la dieta del niño cambia de sólo leche materna a una dieta de adulto.

Con miras a dar solución a esta problemática, ya desde la década de 1950 surge una corriente de

investigación nutricional para desarrollar y fomentar el consumo de combinaciones de proteínas de origen vegetal de bajo costo, alta aceptación y buena digestibilidad, destinadas principalmente a la alimentación infantil (Berg, 1975 citado por Muñoz, 1978).

Entre las distintas recomendaciones formuladas por la FAO y otras instituciones para aliviar la malnutrición calórico-proteica en las diferentes regiones del mundo, figura la producción y consumo de cereales como tales o de alimentos formulados a base de derivados proteicos de los mismos. Debido a ello, se realizan numerosas investigaciones para mejorar las técnicas tanto de cultivo como de enriquecimiento proteico que, a través de procesos específicos y controlados, puedan incrementar su valor nutritivo.

Los cereales son alimentos con bajo porcentaje de agua, lo que unido a su riqueza en almidón y proteínas hace que los granos no se puedan consumir crudos. Por ello se cuecen en agua, se asan o reducen a harina, ya que durante la cocción, el almidón, sufre transformaciones que mejoran su asimilación (Gelineau, 1980).

Diversas investigaciones indican que los cereales como la quinua (hervidos o crudos) tienen una eficiencia proteica mayor o igual a la de la caseína.

Esto sugiere su empleo en las dietas a base de cereales para mejorar el valor nutritivo de estas últimas (Nieto, 1984).

La digestibilidad de los cereales es el factor limitante en la utilización de su contenido de proteína y energía. El fraccionamiento mejora significativamente la digestibilidad de las grasas y carbohidratos. Así lo confirman los resultados obtenidos por López de Romaña *et al* (1986).

Existen algunas formas de mejorar la digestibilidad de los cereales. Tal es el caso de la cocción y el fraccionamiento para la obtención de harinas. Pero una alternativa más eficiente, con la cual se obtienen mejores resultados y se evita la pérdida excesiva de nutrientes, es la germinación controlada o malteo de los cereales.

Preferentemente se recomienda utilizar cereales malteados en la alimentación de lactantes, madres gestantes, ancianos y personas con deficiencias enzimáticas, en razón de su alta digestibilidad. Este método de fraccionamiento constituye, al igual que la cocción, una pre-digestión que a veces el organismo humano no podría realizar adecuadamente (Ibañez, 1986). En consecuencia, reúne el conjunto de condiciones necesarias para permitir gastar el mínimo de energía en

digerir y preparar las comidas, mejorando así eventualmente el poder digestivo del consumidor.

Mediante investigaciones realizadas en el Programa de Cereales de la UNALM durante los últimos años, se han probado con éxito métodos y procesos para el malteado de cereales entre los cuales se puede mencionar a Guerrero (1989), Ibañez (1986), Ramírez (1982) y Nieto (1984).

Por otro lado, el Perú al igual que otros países de América Latina, realizó también su propia experiencia con el fin de lograr un "alimento nacional" para consumo masivo y de bajo costo, desarrollando de esta forma la producción de PERUVITA (Paredes, 1982). Se trataba de un alimento pulverulento marrón claro constituido básicamente por harina de semilla de algodón (50 - 56%) y harina de quinua (24 - 30%) adicionada de saborizantes y aromatizantes naturales, así como vitaminas A, B₁ y B₂. Sin embargo el nivel tecnológico en la época de ensayo presentaba deficiencias, lo cual fue un factor decisivo para el poco éxito de PERUVITA. Esto trajo como consecuencia la falta de aceptación por parte de los consumidores y el consiguiente descalabro comercial.

Posteriormente a PERUVITA, se han elaborado diversas mezclas en el Perú, entre ellas cabe mencionar las desarrolladas en el Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial (INDDA); donde se elaboraron

once mezclas a base de cereales de producción nacional. Sin embargo, estas mezclas no fueron comercializadas. Actualmente la fábrica PERULAC elabora y comercializa productos formulados instantáneos (tipo papilla) de la gama Nestum y Cerelac cuya composición incluye cereales (ninguno de ellos malteados).

Como se sabe, se sigue ensayando con éxito el enriquecimiento proteico de alimentos destinados tanto al consumo infantil como de madres gestantes con cereales sin maltear. Por ello se espera obtener resultados similares utilizando cereales malteados. Lo anterior se desprende de los resultados reportados por: Vargas (1978), Bengoa (1981), López de Romaña *et al* (1986), Benvenuto (1987), Cordero (1989), Glorio (1990), Huapaya (1990).

2.2 LA CEBADA (*Hordeum vulgare*)

La cebada es una planta cuyo cultivo se conoce desde los albores de la humanidad. Es originaria del Asia Menor y en la actualidad su cultivo está diseminado por todo el mundo contando con diversas variedades (Risi, 1984). Se la cultiva preferentemente en climas templados, en áreas cuya distribución geográfica coincide con las del trigo (Ibañez, 1986).

2.2.1 CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LA CEBADA

Es una planta que taxonómicamente se clasifica de la siguiente manera :

- Familia : Gramíneas
- Subfamilia: Festucoideae
- Orden : Hordeae
- Especie : Hordeum vulgare

Las variedades existentes se dividen en dos grupos que se distinguen por su espiga:

- Cebada de dos hileras (diástica).
- Cebada de seis hileras (hexástica).

En cada grupo pueden encontrarse cebadas de grano cubierto o desnudo, como se detalla a continuación.

CARACTERISTICAS DEL GRANO DE CEBADA

Como todo cereal, el grano de cebada cubierto, (Figura 1) está constituido por las siguientes partes:

- Endospermo feculoso y rico en proteína
- Capa exterior protectora.
- Embrión o germen.

El grano de cebada desnudo está conformado por una cubierta (pericarpio) y la semilla. Esta última tiene a su vez una envoltura, el germen y el endospermo.

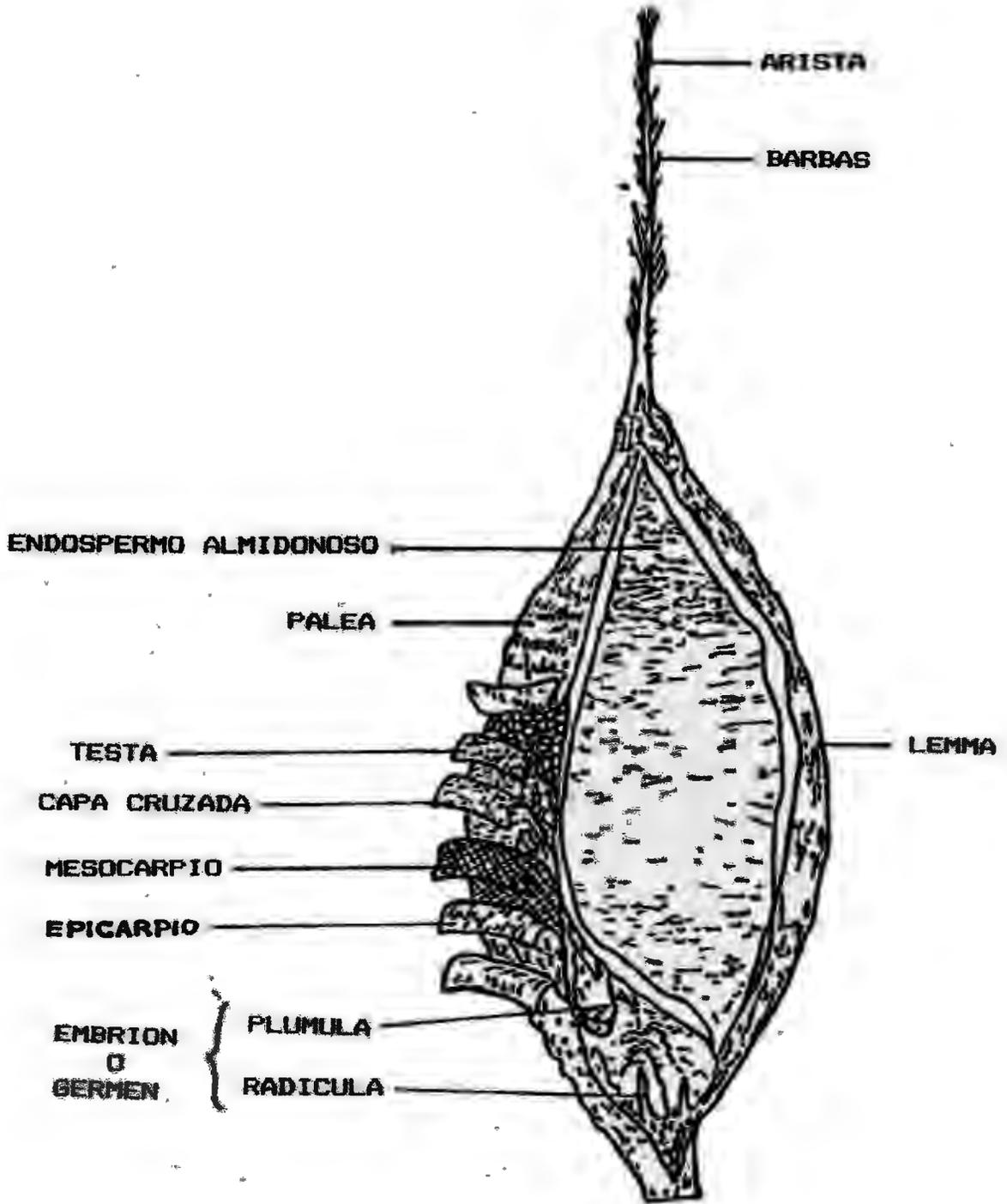
2.2.2 PRODUCCION

La producción nacional de cebada, tanto de grano cubierto como desnudo, no abastece la demanda interna. Por esta razón debe importarse en grandes cantidades no sólo para consumo directo sino también para la industria cervecera. En la década de los 80 la producción nacional tuvo un promedio de 150 000 TM anuales, notándose un marcado descenso con respecto al promedio de la década del 70, que alcanzó las 170 000 TM anuales. El rendimiento promedio a nivel nacional es de 1500 kg por hectárea cultivada (Ministerio de Agricultura - Oficina Sectorial de Estadística Agraria, 1989).

Se cultiva principalmente en los altiplanos andinos. Según Romero (1976), un 80% de la producción nacional de cebada se destina a la alimentación humana y animal, constituyendo uno de los alimentos más importantes del poblador de la sierra alta.

Es utilizada como ingrediente principal en la elaboración de sopas, aderezos, postres, dietas para niños y cereales para el desayuno. La cebada es también ampliamente usada como alimento para ganado especialmente porcino y ovino de engorde.

FIGURA 1 CORTE LONGITUDINAL DEL GRANO DE CEBADA



2.2.3 COMPOSICION QUIMICA DE LA CEBADA

La cebada contiene hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas y sustancias minerales. El almidón es el componente más abundante (del 55% al 65%). Su contenido proteico es variable (del 8% al 12%), pero de baja calidad debido a la deficiencia de lisina (Kent, 1971). Además este cereal es relativamente pobre en grasa (2% al 3%) y el contenido de fibra, ubicada principalmente en el pericarpio y en la cáscara, es significativamente alto (del 8% al 10%).

CUADRO 1 COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE CEBADA

COMPONENTES	COMPOSICION %
Almidón	55 - 65
Azúcares	0.5 - 2.5
Hemicelulosa, pectina, etc.	8 - 11
Celulosa	4 - 6
Lignina	1.5 - 3
Sustancias nitrogenadas	8 - 12
Grasas	2 - 3
Ceniza	2 - 6
Humedad	10 - 14
Taninos	Trazas

Fuente: Kent - Jones, Amos (1971)

Además de los mencionados, existen otros componentes como las cenizas (2% al 6%). El contenido de humedad de la cebada (10% al 14 %) varía en función de las condiciones de cosecha y almacenamiento (Risi,

1984). En el Cuadro 1 se aprecia la composición química de la cebada.

El almidón ocupa de 2/3 a 3/4 del total de carbohidratos. La proteína está compuesta por cuatro grupos de distinta solubilidad: la albúmina, que comprende menos del 10%, las globulinas, cerca del 20%, la hordeína 30% y el restante 40% son glutelinas (Pomeranz, 1975). Los lípidos de la cebada se concentran en el embrión y en la capa de aleurona. Predominan los ácidos grasos linoleico, oleico y palmítico que alcanzan cerca del 80% del total. El proceso de malteo ocasionará un aumento del porcentaje de azúcares, nitrógeno soluble, poder diastásico y enzimas (α -amilasa) así como una disminución de almidón, humedad y peso.

En el Cuadro 2 se observa el aminograma de la proteína del grano de cebada.

CUADRO 2 AMINOGRAMA DE LA PROTEINA DEL GRANO DE CEBADA

AMINOACIDOS	g por 100g de Proteína base seca
Fenilalanina + Tirosina	7.60
Histidina	2.08
Isoleucina	3.36
Leucina	6.56
Lisina	3.12
Metionina + Cistina	2.88
Treonina	3.04
Triptófano	1.12
Valina	4.80

Fuente: National Research Council (1990)

2.2.4 CARACTERISTICAS QUE DEBE REUNIR LA CEBADA PARA SER MALTEADA

Mediante pruebas de malteo, se ha determinado durante los últimos años el comportamiento de diversas variedades de cebada lo que ha permitido conocer los criterios para la selección de cebadas malteras (Asociación de Maestros Cerveceros de las Américas, 1978). En síntesis, la cebada maltera debe tener:

- Alta capacidad de modificación de almidones.
- Alto contenido enzimático.
- Baja tendencia a pérdidas en malteo.
- Buenas características agronómicas (resistencia a enfermedades, facilidad de cultivo, etc.).

Las características anteriormente mencionadas se consiguen en cebadas escogidas mediante los siguientes criterios:

- **Aspecto:** El grano debe ser grueso, de tamaño uniforme, color homogéneo claro, exento de semillas extrañas, libre de moho, manchas y granos rotos o pelados.
- **Capacidad germinativa:** El nivel mínimo aceptable es del 95%. Además la cebada debe germinar uniformemente. Sobre la capacidad germinativa influyen el tiempo de dormancia (periodo entre la cosecha y el malteo), el

uso excesivo de fertilizantes, el almacenamiento a altas humedades y temperaturas así como una trilla poco cuidadosa.

* **Nivel de humedad:** Esta característica es sumamente importante. Resultan inaceptables cebadas cuya humedad sea superior al 13,5% .

La razón está en los daños por presencia de microorganismos que afectan la germinación.

* **Tamaño del grano:** Se prefieren las de grano bien lleno, cáscara delgada y superficie opaca.

* **Contenido de nitrógeno:** El contenido proteico total de la cebada probablemente sea el índice más importante de la calidad de malta. La cebada con mayor cantidad de proteína resulta luego en una malta con mayor cantidad de proteína soluble pero de malteo más cuidadoso. Cuando hay un alto contenido de nitrógeno se requiere un tiempo más largo para su modificación, mayor respiración y disminución notable de la cantidad de almidón (Kent, 1971).

* **Color y grosor de la cáscara:** La cáscara debe estar intacta en el grano, ya que cualquier deterioro favorece el desarrollo de mohos en el malteo. Las cebadas que maltean bien son generalmente las de grano grande,

cáscara delgada arrugada y superficie opaca. El color debe ser homogéneo tanto en el grano como entre los granos. El grosor de la cáscara influye retardando o facilitando el remojo como agente filtrante en el proceso de remojo y germinación (Banasik, 1980).

2.3 LA QUINUA (*Chenopodium quinoa willd*)

La Quinoa es una planta originaria de la Hoya del Lago Titicaca (Perú y Bolivia) que se cultiva a partir de 2000 a 3800 m.s.n.m. Es una planta que tolera las bajas temperaturas y exige muy poca agua e inclusive desarrolla bien en suelos pobres. Después del maíz es el cereal andino potencialmente más importante en el país (Nieto, 1984).

2.3.1 CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LA QUINUA

Taxonómicamente, la quinoa se clasifica de la siguiente manera (Cordero, 1989):

- División : Fanerógamas
- Clase : Angiospermas
- Subclase : Dicotiledoneas
- Orden : Centrospermales
- Familia : Quenopodiáceas
- Género : *Chenopodium*
- Especie : *Chenopodium quinoa willd*

De esta especie se derivan cuarenta variedades, de las cuales las más difundidas son Blanca de Juli, Samaja, Cancolla, Witulla, Cheweca, Rosada de Junín y Blanca de Junín que se utilizó en el presente trabajo.

CARACTERISTICAS DEL GRANO DE QUINUA

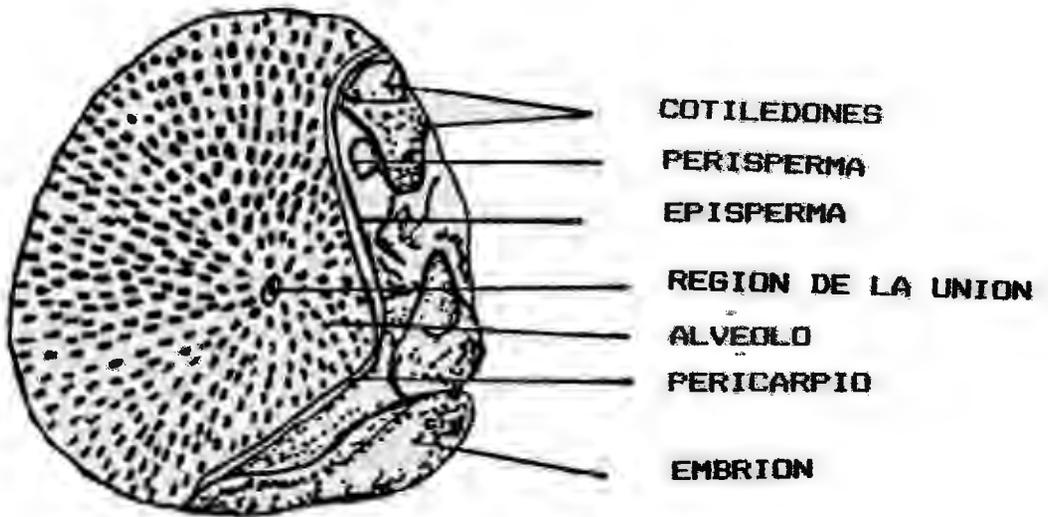
El fruto es un aquenio, cubierto por el perigonio, que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco.

El grano de quinua (Figura 2) está constituido por el pericarpio, la semilla y el embrión. El pericarpio es una película que se encuentra pegada a la semilla. La semilla a su vez está envuelta por el episperma donde se localiza la saponina (glucósido de origen triterpenoide) y el embrión.

Los componentes principales del embrión son la radícula y los cotiledones, y constituye la mayor parte de la semilla, que envuelve al perisperma como un anillo.

FIGURA 2

PARTES DEL GRANO DE QUINUA



Fuente : Tapia (1979)

2.3.2 PRODUCCION

La quinua se cultiva principalmente en los andes de Perú, Bolivia y Ecuador. El área aproximada de cultivo es de 31 600 hectáreas. El Perú es el país donde más se cultiva la quinua siendo destinada íntegramente al consumo humano, para semilla de la siguiente campaña y para la comercialización.

Históricamente, la producción nacional va decreciendo de año en año. En 1951 fue de 42 500 TM mientras que en 1985 se alcanzó el nivel más bajo (2 972 TM). Sin embargo, a partir de 1986 se ha registrado un ligero repunte. El cultivo de la quinua se encuentra concentrado en el departamento de Puno en un 70 a 75% estando distribuido el resto en los departamentos de Cusco, Junín, Ayacucho, Ancash, Apurímac, La Libertad, Huánuco, Huancavelica, Ica, Arequipa y Cajamarca.

Sin embargo, el mayor número de hectáreas de quinua se encuentran en manos de las Comunidades Campesinas, las cuales utilizan en gran parte sistemas tradicionales de cultivo lo que se refleja en la baja productividad (Minaya, 1986). El rendimiento nacional promedio es de 1600 kg por hectárea cultivada (Ministerio de Agricultura - Oficina Sectorial de Estadística Agraria, 1990).

2.3.3 COMPOSICION QUIMICA

Lo que hace nutritivamente importante a la quinua es su contenido de proteínas, vitaminas y minerales. La composición química del grano de quinua se aprecia en el Cuadro 3.

El contenido de humedad promedio del grano de quinua es del orden del 12%, lo cual es una ventaja para su conservación. El contenido de proteína de la quinua supera al de los cereales como el trigo, maíz, avena y arroz, de alto consumo en todo el mundo.

El contenido de proteína varía entre 10.85 y 19.25% (en base seca) de donde se desprende su importancia como fuente proteica. Briceño *et al* (1980), compararon las proteína de quinua y leche obteniendo como resultado que son de similar calidad. Además, se ha determinado que el cocimiento de la proteína de la quinua mejora la eficiencia del nitrógeno para el crecimiento y la ganancia de peso respecto a la quinua cruda (Mahoney y López, 1975 citados por Cordero, 1989). El efecto térmico sobre la composición de aminoácidos de la quinua es benéfico ya que mejora la eficiencia proteica (PER).

El valor nutritivo de la quinua se explica por la elevada proporción del embrión en el grano, el cual concentra del 70 al 80 % del nitrógeno total de la semilla.

Se considera que el contenido de carbohidratos de la quinua (Cuadro 3) está constituido principalmente por almidón, el carbohidrato más importante. Este almidón se encuentra en el perisperma del grano, a diferencia de los demás cereales que lo tienen en el endosperma. Con respecto al tamaño de los gránulos de almidón, en promedio son de 2 micras (Peralta , 1979 citado por Nieto, 1984).

La grasa de la quinua no ha sido suficientemente estudiada pero su contenido es alto. A esto se atribuye la digestión más bien lenta del cereal.

Al igual que los cereales más comunes, la quinua también contiene vitaminas del complejo B (Tiamina, Riboflavina y Niacina) y vitamina C. En cuanto a los minerales la quinua posee valores medios de calcio y fierro así como de potasio y fósforo, tal como se observa en el Cuadro 3.

**CUADRO 3 COMPOSICION DEL GRANO DE QUINUA COMPARADA
CON ALGUNOS CEREALES
(g/100 g de materia seca)**

COMPONENTES	QUINUA BLANCA (1)	TRIGO	MAIZ AMA- RILLO	AVENA	ARROZ SEMI- PELADO
Proteínas	18.37	11.02	10.14	11.69	8.67
Grasa	6.72	1.80	0.36	11.25	0.59
Carbohidra- tos	69.00	85.75	88.04	75.52	90.02
Fibra	3.69	3.59	3.86	2.98	0.59
Cenizas	2.23	1.32	1.45	6.62	0.71
Calcio (mg/100g)	107.00	36.00	6.00	100.00	7.00
Fósforo	302.00	224.00	267.00	321.00	127.00
Fierro	5.20	4.60	3.70	2.50	0.80
Tiamina	1.46	0.20	0.30	-	0.09
Rivoflavina	0.30	0.08	0.16	0.04	0.12
Niacina	1.17	2.85	3.25	-	2.05
Acido ascór- bico	1.10	-	-	-	-

Fuente: Collazos et al (1975)

(1) Peralta (1979), citado por Nieto (1984).

En el Cuadro 4 se aprecia el aminograma de la proteína del grano de quinua, en comparación con los aminogramas de las proteínas del trigo, maíz, avena, y cebada. Se observa que la quinua posee una calidad proteica superior a los cuatro cereales más difundidos en todo el mundo.

**CUADRO 4 AMINOACIDOS ESENCIALES EN LA QUINUA
COMPARADOS CON VARIOS CEREALES**

(g/100g de proteína)

AMINOACIDOS	QUINUA (1)	CEBADA (2)	TRIGO (3)	MAIZ (3)	AVENA (3)
Fenilalanina + Tirosina	5.70	7.60	5.00	4.70	5.10
Histidina	2.70	2.08	--(4)	----	----
Isoleucina	3.60	3.36	3.20	3.20	2.40
Leucina	6.40	6.56	6.00	10.30	6.80
Lisina	5.20	3.12	1.50	2.70	3.50
Metionina + Cistina	2.70	2.88	3.60	4.70	5.90
Treonina	3.60	3.04	2.70	3.90	3.60
Triptófano	--(4)	1.12	0.60	0.50	1.10
Valina	4.80	4.80	3.70	4.90	5.00

Fuente: (1) Nieto (1984).

(2) National Research Council (1990).

(3) Ewart (1967) citado por Nieto (1984).

(4) No menciona el autor.

2.3.4 ANTINUTRIENTES DEL GRANO DE QUINUA

Según el contenido de saponina presente en el episperma del grano, se tienen dos tipos de quinua:

- quinuas amargas con un alto contenido de saponina.
- quinuas dulces exentas de saponina.

Desde el punto de vista bioquímico, las saponinas son glucócidos triterpenoides y esteroides, cuyas partes activas denominadas sapogeninas tienen, entre otras, las siguientes propiedades importantes:

- Formar abundante espuma cuando se agitan con agua.
- Hemólisis de la sangre separando el material colorante.
- Sabor amargo y alta toxicidad, especialmente para los animales acuáticos de sangre fría siendo variables sus efectos sobre los animales de sangre caliente.

Minaya (1981), señala que con la finalidad de extraer la saponina del grano se han desarrollado varios métodos:

- Método húmedo, en el que se lava la quinua haciendo fricción sobre el grano con abundante agua.
- Método seco o escarificado que consiste en friccionar el grano para eliminar la saponina periférica.

Sin embargo, existen algunas variedades dulces que requieren apenas de un sencillo lavado antes de su empleo en forma directa.

2.4 EL PROCESO TECNOLÓGICO DE MALTEO

2.4.1 DEFINICION

El malteo es el remojo y la germinación controlada de los cereales durante el cual, se activan las enzimas y se verifica una "MODIFICACION" del grano

produciéndose la liberación de gránulos de almidón a partir de las células del endospermo.

Se entiende por modificación a la suma de los cambios físicos y químicos que se llevan a cabo durante el malteo. Usualmente se le describe como el resultado de la transformación de los constituyentes del endospermo, principalmente almidón y proteína, modificados de manera que se obtenga el mejor material posible para ser macerado o para servir de alimento al embrión en sus diferentes etapas metabólicas.

Por esta razón, se selecciona la materia prima con el propósito de obtener óptimas modificaciones que permitirán extraer el máximo de sólidos y minimizar pérdidas por malteo y excesiva degradación de los compuestos de alto peso molecular (Pomeranz , 1972).

2.4.2 ETAPAS DEL PROCESO TECNOLÓGICO

El malteo consta de 3 etapas: remojo, germinación y secado. El grano seleccionado y limpio es sumergido en agua hasta alcanzar la humedad deseada, esta etapa se denomina remojo. El grano de cereal húmedo se germina bajo condiciones controladas. Al final de la etapa de germinación, cuando los cambios físicos y bioquímicos han llegado hasta cierto nivel en el grano, se procede al secado mediante una corriente de aire caliente (Hough-Briggs, 1971 citado por Risi, 1984).

a. REMOJO

El proceso de malteo comienza cuando el cereal se macera en agua. Se ha establecido que el grano debe alcanzar una humedad de 40 a 48%, aunque es suficiente un 30% de humedad para que empiece la germinación.

Dicho grado de remojo pone al grano en condiciones adecuadas para que pueda continuar la germinación natural hasta que se alcance el grado óptimo de actividad enzimática. La uniformidad del grado de remojo, en todos los granos, sólo puede asegurarse cuando el cereal tiene un tamaño de grano uniforme. El tiempo requerido para alcanzar la humedad de remojo necesaria depende grandemente de la temperatura del agua. Así, a 15°C se necesita 2/3 del tiempo necesario para llegar al mismo grado de remojo que a 10°C. Por otro lado, la temperatura de remojo puede dañar al embrión además de favorecer el crecimiento de microorganismos cuando es alta. Por esta razón la temperatura de remojo debe ser tan elevada como sea posible, dentro de un rango que varía desde los 5 hasta los 22°C. La absorción de agua durante el remojo se hace más rápida al comienzo y luego más lenta, el embrión se vuelve activo y consume el oxígeno disuelto en el agua para su respiración. Por lo tanto el oxígeno del medio puede agotarse siendo necesario renovarlo cambiando el agua de remojo o aireándola. De no tomarse esta precaución los procesos fermentativos

producirán gran cantidad de CO_2 además de etanol y otros compuestos que se acumulan y dañan al grano.

Esta etapa se detiene cuando el grano ha comenzado a apuntar, es decir las raicillas están a punto de aparecer.

b. GERMINACION

Durante esta etapa se regula la temperatura y humedad relativa en el germinador. Se define la germinación como un proceso fisiológico en el que el embrión pasa del estado latente a otro de crecimiento activo. Las sustancias nutritivas contenidas en el endospermo, tal como el almidón, gracias al agua absorbida se acondicionan para su hidrólisis enzimática. Los compuestos de alto peso molecular son desdoblados hasta moléculas pequeñas a fin de que sirvan de alimento al embrión. La síntesis de enzimas es parte del proceso fisiológico de germinación.

Los cambios que ocurren se pueden resumir de la siguiente forma:

- Cambios morfológicos, es decir crecimiento del acróspiro y raicillas.
- Cambios histológicos, o desaparición de la pared celular del endospermo por efecto de las enzimas y ablandamiento del grano.

- Cambios metabólicos, tal como degradación de proteínas y almidón hasta compuestos más simples y solubles.
- Formación y liberación de enzimas, de las que dependen directa o indirectamente todos los otros cambios.

Durante esta etapa el grano sufre una pérdida de peso del 4 al 8% según Kent (1971); debido a la respiración del grano.

La duración de esta etapa varía entre 3 y 9 días. el proceso de germinación termina cuando la raíz alcanza una longitud de dos veces el tamaño del grano como máximo y la plúmula de 2/3 a 3/4 de la longitud del grano.

c. SECADO

Se realiza para detener la germinación y disgregación del grano. Para detener completamente la acción de las enzimas en la malta, es necesario conseguir humedades menores al 5%. Para alcanzar esta desecación se debe trabajar la malta a temperaturas bastante elevadas, pero no demasiado ya que las enzimas se destruyen siendo necesario conservarlas.

El proceso se da en tres fases: la primera a temperaturas entre 50 y 60°C reduciendo la humedad de la malta de 48 ó 45% a 23% aproximadamente. La segunda etapa a temperaturas de 70°C para llevar al grano alrededor del 12% de humedad. La etapa final se

realiza a temperaturas mayores (hasta 88°C) consiguiéndose una humedad final de 3.5 a 4% .

De Clerk (1962) citado por Nieto (1984) menciona que la duración de esta etapa rara vez es mayor a 30 horas. Así mismo distingue dos fases en el proceso de secado: " La fase de desecación" durante la cual los desdoblamientos enzimáticos continúan y "el calentamiento de la malta" llamado también "golpe de fuego" durante el cual sólo se producen reacciones físico-químicas entre los componentes de la malta, siendo la más importante la reacción de Maillard.

Esta última se debe a la formación de productos coloridos llamados melanoidinos que son combinaciones de azúcares y aminoácidos que se forman a ciertas temperaturas. Las melanoidinas no sólo tienen un papel colorante y de portadoras de aroma en las maltas sino también un papel protector de coloides inestables.

Los propósitos del secado se resumen como:

- Fijar en el grano aquellas propiedades deseables adquiridas durante la germinación.
- Poder conservar la malta sin problemas de deterioro.
- Darle al grano la friabilidad necesaria para facilitar la molienda.
- Modificar la composición química y reducir el contenido enzimático.

LIMPIEZA Y ENFRIADO DE LA MALTA

Después del secado se enfría la malta hasta 20°C lo más rápido posible para prevenir posteriores destrucciones enzimáticas, formación de color y deterioro del sabor.

Además es necesario remover las raicillas ya que contienen sustancias amargas y otras sustancias que modifican el color de la malta. Deben ser removidas inmediatamente después del secado pues son higroscópicas.

2.4.3 CAMBIOS QUÍMICOS OCURRIDOS DURANTE EL MALTEO

Durante el malteo, los materiales de alto peso molecular tienden a ser degradados existiendo una pérdida de materia seca (de 6 a 12%) debido a materiales lixiviados durante el remojo y a pérdidas por respiración y eliminación de raicillas (Hough et al, 1971 citado por Nieto, 1984).

a. CARBOHIDRATOS

Las amilasas son las enzimas que desdoblan el almidón, que según De Clerk (1962) citado por Nieto (1984), para el caso de la cebada, la β -amilasa se encuentra en parte inactiva, aumentando su actividad de 3 a 5 veces en la germinación y la α -amilasa se forma en el malteo. El poder amilolítico es mayor cuando la cebada es más rica en nitrógeno.

Durante el malteo, la cantidad de azúcares simples aumenta por hidrólisis de las reservas de polisacáridos y disminuye al ser consumida por las partes vivas (respiración), siendo los cambios dependientes del proceso específico de malteo.

Durante el secado, se incrementa la proporción de sacarosa debido a la acción de las amilasas. La celulosa no sufre cambios (Nieto, 1984).

b. MATERIA NITROGENADA

En términos generales la proporción de proteína en el grano aumenta con el malteo debido a la acción enzimática marcadamente proteolítica. Dentro de las enzimas proteolíticas se distinguen las proteinasas y las peptidasas. La actividad proteolítica es más intensa en las maltas que en el grano y está fuertemente ligada a la variedad. El poder proteolítico se incrementa con la cantidad de materia nitrogenada y con una germinación fría. Sin embargo la formación de peptidasas es poco influenciada por el proceso de malteo.

Se ha determinado que la composición de las materias nitrogenadas cambia por solubilización y desdoblamiento. El nitrógeno soluble deja de aumentar al tercer o cuarto días de germinación, debido a la síntesis de proteínas nuevas en el embrión y cambios degradativos en el endospermo.

También se ha observado que los cambios en las composiciones de aminoácidos de los granos están relacionados a las condiciones de germinación.

En general, las proporciones de todos los aminoácidos se modifican con el malteo. En el caso de la cebada, hay un aumento sustancial en todos los aminoácidos esenciales. En el caso de la quinua, el beneficio del malteo se ve reflejado en una mejora de la digestibilidad más que en un incremento de la proporción de aminoácidos. Estas modificaciones se pueden apreciar en el Cuadro 5 para cebada, quinua y sus respectivas maltas.

CUADRO 5 AMINOGRAMAS DE LA CEBADA Y LA QUINUA ANTES Y DESPUES DEL MALTEO

(g/100g en base seca)

AMINOACIDOS	CEBADA (1)	MALTA DE CEBADA (1)	QUINUA (2)	MALTA DE QUINUA (2)
Fenilalanina + Tirosina	7.60	8.96	5.70	6.70
Histidina	2.08	3.37	2.70	2.50
Isoleucina	3.36	5.59	3.60	3.60
Leucina	6.56	9.43	6.40	6.10
Lisina	3.12	7.08	5.20	5.60
Metionina + Cistina	2.88	5.12	2.70	4.40
Treonina	3.04	5.39	3.60	3.60
Triptófano	1.12	2.70	—(3)	—
Valina	4.80	7.41	4.80	5.10

Fuente: (1) National Research Council (1990).
 (2) Nieto (1984).
 (3) No reportado por el autor.

c. GRASA

En general, la mayor parte de los lípidos presentes en los cereales se encuentran en el embrión. Las materias grasas son parcialmente desdobladas durante el malteo lo que se traduce en un aumento de la cifra de acidez del material. Se ha demostrado que aproximadamente un cuarto de las materias grasas desaparece durante el malteo debido a la respiración.

d. CENIZAS

La ceniza en los cereales representa del 2 al 5% del peso seco del grano y casi no cambia durante el malteo. Sin embargo existe una reducción de materiales inorgánicos en el grano debido al material trasladado a la raicilla y a las pérdidas por lixiviación durante el remojo (Hough *et al.*, 1971 citado por Risi, 1984).

e. VITAMINAS

Algunas vitaminas se trasladan a las raíces durante la germinación, como es el caso de las vitaminas C, E y las del complejo B. Durante el malteo se incrementa la proporción de Riboflavina, Pirodoxina y otros.

En el Cuadro 6 se muestran las composiciones químicas de las maltas de cebada y quinua.

CUADRO 6 COMPOSICION QUIMICA DE LAS MALTAS DE CEBADA Y QUINUA

(g/100g de materia seca)

COMPONENTE	MALTA DE CEBADA (1)	MALTA DE QUINUA (2)
Proteína (Nx6.25)	14.84	16.10
Grasa	1.65	7.64
Fibra	3.85	5.22
Ceniza	2.53	2.18
Carbohidratos (por diferencia)	77.13	68.86

Fuente: (1) National Research Council (1990).

(2) Nieto (1984).

2.4.4 USOS DE LA MALTA

Aproximadamente el 80% de la malta es usada en la industria cervecera, 14% en productos alcohólicos destilados y 6% en jarabes de malta, leches malteadas concentradas, alimentos para el desayuno y sustitutos del café (Segami, 1980 citado por Nieto 1984).

El extracto de malta, además de su uso en cervecería, se emplea en textilería, adhesivos, panificación y farmacología. En panificación la harina de malta se usa tanto por sus propiedades enzimáticas como por su poder de coloración y sabor. Las bebidas malteadas y alimentos para niños se hacen con la adición de leche al extracto de malta en polvo.

2.5 MEZCLAS NUTRITIVAS

Harris (1974), mencionado por Bengoa, (1984), establece el papel de las mezclas nutritivas en el mejoramiento de las dietas. Además, señala tres sistemas para conseguir este mejoramiento:

- a. Mezclando los alimentos de la dieta normal para obtener productos con un balance nutricional adecuado. Así resulta una mezcla normal balanceada.
- b. Restaurando, enriqueciendo o fortificando alimentos deficientes con vitaminas, minerales, concentrados proteicos y aminoácidos. Los alimentos así elaborados se llaman fortificados.
- c. Elaborando mezclas compuestas que suplan los requerimientos de grupos vulnerables (infantes, ancianos, enfermos, etc.). Al alimento así elaborado se le denomina mezcla compuesta balanceada.

2.5.1 CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA ELABORACION DE UNA MEZCLA NUTRITIVA

Vargas (1978), recopila los criterios más importantes que se debe considerar para la elaboración de una mezcla nutritiva. Estos son:

- Que sea altamente nutritiva proporcionando una cantidad adecuada de calorías y proteínas. Que las calorías se distribuyan adecuadamente entre carbohidratos, grasa y

proteínas. Que las proteínas sean de alto valor biológico.

- Que los carbohidratos, grasas y proteínas tengan una alta digestibilidad para evitar trastornos digestivos y facilitar su asimilación.
- Que las materias primas sean producidas o susceptibles de ser producidas en el país.
- Que el producto se adapte muy bien a los hábitos alimentarios existentes.
- Que tenga larga vida y no sea afectado por condiciones severas de clima y que preferentemente no requiera refrigeración.
- Que sea de fácil manejo y no requiera preparación adicional.
- Que sus costos sean aceptablemente bajos, incluyendo los de materias primas, procesamiento y comercialización.
- Que su producción industrial sea atractiva para los potenciales inversionistas públicos o privados.

2.5.2 BASES PARA LA FORMULACION DE MEZCLAS DE PROTEINAS VEGETALES DE ALTO VALOR NUTRITIVO

Bressani (1976) menciona que existen tres métodos que permiten combinar la proteína de diferentes fuentes vegetales para la formulación de mezclas de

buena calidad proteica. Estos se mencionan a continuación:

- a. Mezclando los componentes según su contenido de aminoácidos esenciales en base a un patrón de referencia.
- b. Adicionando una proteína a otra en la cantidad necesaria para cubrir las deficiencias en aminoácidos de una de ellas.
- c. Buscando a través de pruebas biológicas el punto de complementación óptima entre los aminoácidos de proteínas provenientes de varias fuentes.

El primer método es el que más se adecua a los objetivos que persigue el presente trabajo de investigación.

Para la formulación de las mezclas nutritivas se debe tener en cuenta el valor nutritivo de los ingredientes individuales y el del producto final. Además, considerando que las mezclas se utilizan como complemento alimentario, deben cubrir por lo menos la tercera parte de los requerimientos nutricionales mínimos según lo recomendado por la FAO/OMS (1985).

Se debe tener presente la posibilidad de que existan sustancias tóxicas o interferentes que puedan afectar las características de asimilación de los

componentes de la mezcla. Tal es el caso de la saponina de la quinua.

Por ejemplo, en la alimentación infantil, es importante que el alimento tenga la suficiente energía para cubrir los requerimientos. Pero esta condición no es suficiente. Como los niños más pequeños tienen capacidad gástrica limitada (su estómago es pequeño), no pueden ingerir alimentos en grandes cantidades. Por ello es necesario que su alimentación tenga una alta densidad energética. Como se sabe, en los cereales crudos, el almidón en su forma natural, absorbe un alto volumen de agua y forma una masa con baja cantidad de energía asimilable (calorías). Cuando se ha hidrolizado parcialmente, el almidón ya no absorbe tanta agua y una papilla hecha de esta manera tiene una densidad energética mayor.

Por esta razón los cereales malteados ofrecen una alternativa muy importante para aumentar el contenido de energía y también de nutrientes (proteínas, vitaminas) en una papilla (Repo-Carrasco, 1992).

Una proteína de buena calidad debe ser muy digestible y proporcionar cantidades suficientes de aminoácidos esenciales. Las ingestas protéicas recomendadas se expresan en proteínas de este tipo

(FAO, 1985). Los métodos químicos de evaluación se basan en la composición aminoacídica.

Un método de evaluación químico recomendado por FAO/OMS (1985), es el del cómputo de aminoácidos, llamado también Cómputo Químico que se expresa como:

$$\text{Cómputo de aminoácidos} = \frac{\text{mg de aminoácido en 1 g de proteína de ensayo}}{\text{mg de aminoácido en 1 g de la combinación de referencia}}$$

Los aminoácidos de referencia que se utilizaron en el presente trabajo son los del Patrón de Requerimientos Nutricionales Mínimos recomendados por la FAO/OMS (1985); los mismos que se reportan en el Cuadro 7.

**CUADRO 7 PATRON DE REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES
MINIMOS RECOMENDADOS POR LA FAO/OMS (1985)**

AMINOACIDOS	PORCENTAJE (g/100g de proteína)
Fenilalanina + Tirosina	6.8
Histidina	2.3
Isoleucina	3.7
Leucina	8.0
Lisina	6.2
Metionina + Cistina	3.4
Treonina	3.9
Triptofano	1.4
Valina	4.5

El programa conjunto FAO/OMS (1972-1982), sobre Normas Alimentarias (Comisión del CODEX ALIMENTARIUS) da a conocer la descripción, aporte de nutrientes y normas de calidad y envasado para alimentos elaborados a base de cereales y mezclas ricas en proteínas. Este programa considera los factores esenciales de composición y calidad que debe reunir como mínimo un alimento elaborado a base de cereales. Los que se resumen en el Cuadro 8.

En la eventualidad de que la mezcla nutritiva elaborada necesite un complemento nutricional para mejorar su calidad aminoacídica se considerará como fuente de aminoácidos a la proteína de la leche de vaca. La composición aminoacídica de la proteína de la leche de vaca se muestra en el Cuadro 9 (FAO/OMS, 1985).

**CUADRO 8 COMPOSICION NUTRITIVA RECOMENDADA PARA
MEZCLAS RICAS EN PROTEINAS**

COMPONENTE	CANTIDADES RECOMENDADAS (%)
Humedad Proteína (Nx6.25) Grasa Fibra Ceniza Carbohidratos (por diferencia)	De preferencia de 5 - 10 g. No menor al 15% La mayor cantidad posible hasta 10 g. No más de 5 g. No más de 5 g. Por diferencia

Fuente : FAO/OMS (1972-1982)

CUADRO 9 AMINOGRAMA DE LA PROTEINA DE LA LECHE DE VACA

AMINOACIDOS	PROTEINA DE LA LECHE DE VACA (g/100g de proteína)
Fenilalanina + Tirosina	10.20
Histidina	2.20
Isoleucina	4.70
Leucina	9.50
Lisina	7.80
Metionina + Cistina	3.30
Treonina	4.40
Triptofano	1.40
Valina	6.40

Fuente : FAO/OMS (1985)

2.5.3 METODOS BIOLOGICOS PARA EVALUAR CALIDAD PROTEICA

Entre los métodos biológicos para evaluar la calidad de la proteína se tienen los siguientes:

PER: Es la pendiente de la línea en la curva que relaciona la ganancia de peso con la proteína consumida. Es un método sencillo pero criticado debido a que los resultados obtenidos no son directamente proporcionales a la calidad nutritiva de las proteínas objeto de ensayo.

NPR: Razón de proteína neta. Incluye la ganancia de peso más la pérdida de peso ocasionada por

el consumo de una dieta aproteica. Es referida a gramos de proteína de ensayo consumida.

NPUst: Es la utilización neta protéica estandarizada. Representada por la ganancia de nitrógeno corporal más la pérdida de nitrógeno corporal por consumo de una dieta no protéica (gramos de nitrógeno retenido/gramo de nitrógeno ingerido), el nivel protéico utilizado se encuentra alrededor del 10% y debe cubrir sólo los requerimientos de mantenimiento.

NPUop: Utilización protéica neta (operativa). Deducida como el anterior pero con un nivel de ingesta protéica sin límite.

VB: Determinación del valor biológico. Es un método que cuantifica la fracción de nitrógeno absorbido y lo compara con el que el animal retiene .

2.5.4 METODOS DE DESHIDRATACION DE MEZCLAS DE CEREALES

La deshidratación consiste en reducir el contenido de agua del alimento con los siguientes objetivos:

- Reducir el nivel de actividad de agua.
- Detener las reacciones químicas de deterioro.

* Reducir el peso y volumen del producto facilitando el transporte, almacenamiento y comodidad en su utilización (Fennema, 1985). Existen muchos métodos de deshidratación entre los cuales cabe destacar los siguientes:

* **SECADO EN CORRIENTE DE AIRE**

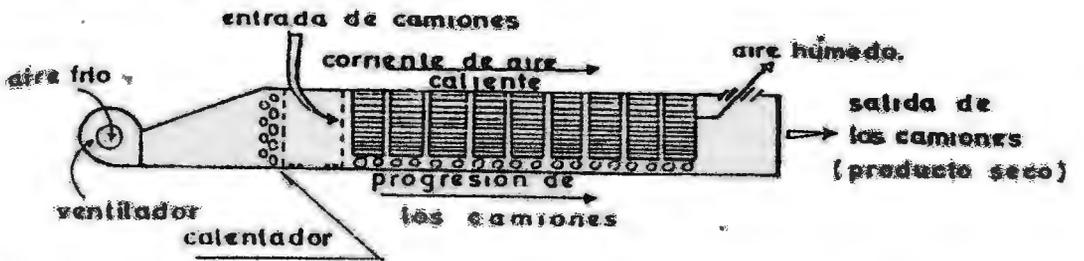
En este método los granos descascarados son deshidratados por acción de una corriente de aire caliente ya sea en tunel o en cama fluidizada (Figura 3). Posteriormente son molidos y tamizados para obtener el tamaño de partícula adecuado.

* **SECADO POR EXTRUSION**

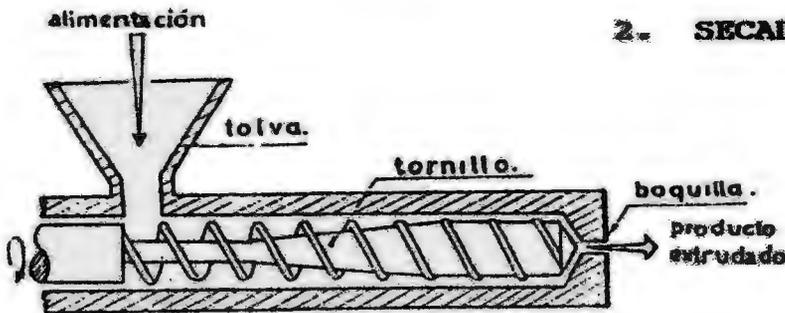
Consiste en someter la materia prima a una operación combinada de aumento de presión y de temperatura a una humedad adecuada. Durante la operación la materia prima se transporta mediante un tornillo sin fin que gira dentro de un barril. El material es comprimido contra una matriz con perforaciones que puede variar en forma y tamaño. Por efecto de la fricción del material se produce un ascenso de la temperatura y un incremento de la presión. Se consigue así eliminar el sabor a crudo y el material se plastifica. A la salida de la matriz el producto se expande rápidamente y pierde humedad. Por ello el extruido desarrolla una textura rígida y porosa (JUNAC, 1983 citado por Cordero, 1989).

FIGURA 3 EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL SECADO DE ALIMENTOS

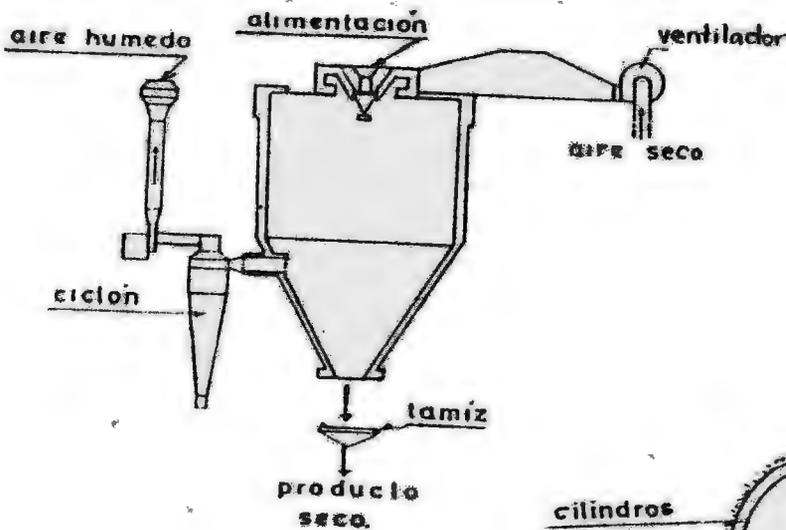
1. SECADO EN CORRIENTE DE AIRE



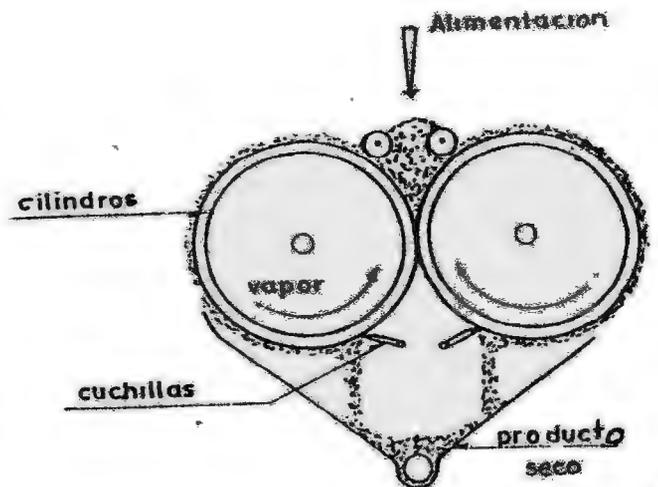
2. SECADO POR EXTRUSION



3. SECADO POR ATOMIZACION



4. DESHIDRATACION EN SECADOR DE RODILLOS



Durante esta operación se pueden alcanzar los 200°C, pero el tiempo de permanencia del producto es corto (5 a 10 segundos).

• **SECADO POR ATOMIZACION**

El secado por atomización consiste en transformar una solución o suspensión en un producto pulverulento. El proceso se basa en la división del líquido en finas gotas que ingresan a una cámara donde la presión, humedad y temperatura provocan una rápida evaporación y un subsecuente secado. La separación del material seco se efectúa mediante un ciclón y el aire húmedo es extraído a través de un ducto central. El breve tiempo de contacto entre el producto y el aire caliente no permiten alcanzar temperaturas altas, lo que evita el deterioro del material por efecto del calor.

• **DESHIDRATAACION EN SECADOR DE RODILLOS**

Este tipo de secado consiste en colocar un líquido o suspensión viscosa sobre uno o más cilindros metálicos huecos que giran sobre ejes horizontales y son internamente calentados con vapor, agua, aire, resistencias eléctricas u otro medio de calentamiento. Al girar en el tambor se forma una película de espesor uniforme que se deseca para ser desprendida de la superficie del tambor mediante una cuchilla rascadora. La rotación es lenta y todo el proceso ocurre en el transcurso de aproximadamente 300° de una revolución.

El material seco toma la forma de cascarillas o "flakes" (Brennan, 1980).

La transferencia de calor es por conducción. El secado es muy rápido y la temperatura del producto es casi siempre igual a la temperatura del tambor.

Los factores que afectan el contenido final de humedad del producto son:

- La velocidad de rotación del tambor, que determina el tiempo de contacto o residencia.
- La presión de vapor o temperatura del medio de calentamiento.
- El grosor de la película.

El último parámetro depende del mecanismo de alimentación utilizado, del contenido de sólidos, de las propiedades reológicas del producto y de la tensión superficial del líquido.

La principal limitación de este sistema de deshidratación está en la temperatura alcanzada que puede modificar y hasta destruir parcial y a veces totalmente al producto. Por ello sólo se aplica a alimentos líquidos o en forma de papillas, capaces de resistir temperaturas altas durante tiempos cortos (Brennan, 1980).

Por este sistema se deshidratan suspensiones viscosas de cereales; tuberosas y leguminosas, así como mezclas de frutas y hortalizas utilizándose

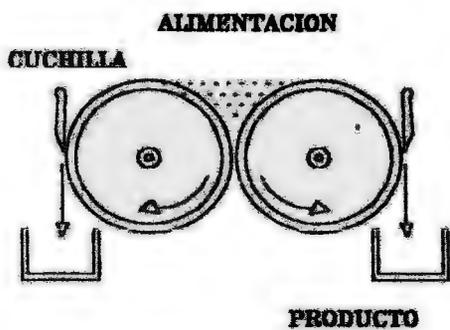
principalmente para la preparación de leche en polvo, puré de patatas, harinas, alimentos infantiles precocidos, troceados de frutas o legumbres y alimentos para animales, entre otros (Cheftel, 1976).

2.5.5 TIPOS DE SECADORES DE RODILLOS

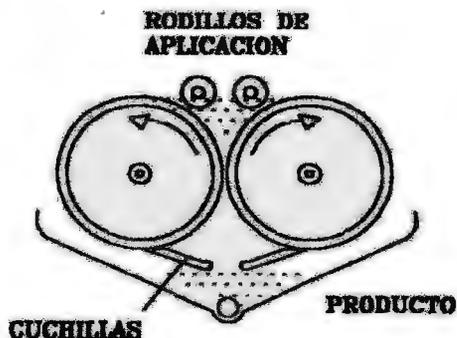
- a. **SECADORES DE DOBLE TAMBOR.** Cuando se tienen dos tambores paralelos y muy cercanos el uno al otro. Estos rotan alejándose en sentidos contrarios y el material se alimenta por la parte superior (Figura 4).
- b. **SECADORES DE ALIMENTACION CON RODILLOS.** En este caso los tambores están en contacto con rodillos de pequeño diámetro que corren a lo largo de la periferia. el papel de estos rodillos es uniformizar el espesor de la capa a ser deshidratada, en especial para materiales glutinosos como el almidón y las harinas.
- c. **SECADORES DE DOBLE APLICADOR DE RODILLOS.** En estos secadores el aplicador de rodillos forma la película antes de que el material entre en contacto con el tambor caliente reduciendo al mínimo el tiempo de contacto.

FIGURA 4

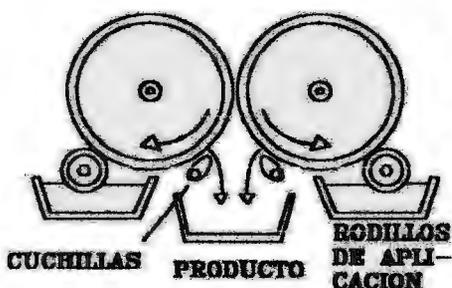
SECADORES DE RODILLOS



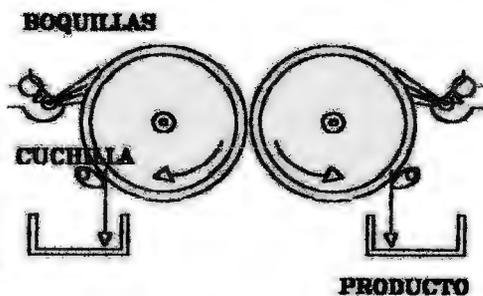
A. SECADOR DE DOBLE TAMBOR



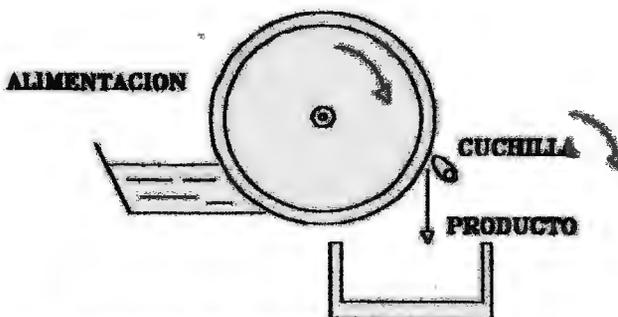
B. SECADOR DE ALIMENTACION CON RODILLOS



C. SECADORES DE DOBLE APLICADOR



D. SECADORES DE ALIMENTACION POR BOQUILLAS, SALPICADURA O ROCIADURA.



E. SECADOR DE RODILLOS CON ALIMENTACION POR SUMERGIDO

Fuente: A, E: Brennan (1980); B: Labuza (1973); C, D: Loncin (1965)

d. **SECADORES DE ALIMENTACION POR BOQUILLAS, SALPICADURA O ROCIADURA.** El material líquido es depositado por inyección para evitar la sedimentación del producto. Así se consigue mantener uniforme las propiedades del mismo. Especialmente útil para materiales con alta tasa de sedimentación.

e. **SECADOR DE RODILLOS CON ALIMENTACION POR SUMERGIDO.** En este caso los rodillos alimentadores se sumergen en una bandeja que contienen la suspensión a deshidratar. Se utiliza para materiales de secado difícil.

2.5.6 **EFFECTOS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA DESHIDRATAACION DE RODILLOS**

Este procedimiento es más barato que la atomización pero conserva poco las cualidades sensoriales y nutricionales en el caso de un calentamiento excesivo. Tiene una gran velocidad de secado superando a la mayoría de métodos anteriormente descritos. El producto tiene una consistencia áspera debido a que el almidón ha empezado a retrodegradarse antes de secarse. Existe también una solubilización del material que será muy favorable si se desea que el producto deshidratado se disuelva fácilmente en agua para ser consumido.

III. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en las diversas dependencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina tales como el Laboratorio de Calidad del Programa de Cereales, Laboratorio de Análisis y Bioterio del Departamento de Nutrición, Planta Piloto de Transformación del Programa de Investigación en Alimentos, Laboratorio de Análisis de los Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias y Programa de Cereales del Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial (INDDA).

3.1 MATERIAS PRIMAS

- Cebada en grano (*Hordeum vulgare*), variedad Yanamuco de dos hileras, cosechada en junio de 1993, procedente de Camaná (Arequipa) y suministrada por Maltería Lima S.A.
- Quinoa en grano (*Chenopodium quinoa willd*), variedad Blanca de Junín, procedente del Callejón de Huaylas (Ancash), cosechada en mayo de 1993 y proporcionada por el Programa de Cereales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES

3.2.1 PROCESO DE MALTEO

- Equipo de micro-malteo tipo Barber - Coleman; el cual consta de:
 - Remojador
 - Germinador
 - Horno de secado

- Clasificador de granos Glasblaserei - Berlin 65 para cebada de dos hileras con zarandas de mallas 2.80, 2.50 y 2.20 mm.
- Clasificador de granos Plansifter BUHLER modelo MLU-300 de 1.8 Kg. de capacidad, Suiza. Utilizado para clasificar quinua con zarandas giratorias de 2.10 y 0.94 mm de diámetro.
- Balanza hectolítrica tipo Shopper.
- Molino tipo Cyclotec 1092 - Sample mill (para muestras) Tecator.
- Molino EBC T17050 con cuchillas giratorias, malla 1 mm de diámetro, para malta tipo Newman.
- Macerador tipo Glasblaserei, Berlin 65.
- Balanza analítica tipo Sauter 404 con capacidad máxima de 200g.
- Balanza semianalítica S-2000 con capacidad máxima de 2 Kg.
- Balanza de plataforma marca Berkel de 6 kg de capacidad.

3.2.2 OBTENCION DE LA MEZCLA NUTRITIVA

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales:

- Marmita con chaqueta de vapor marca AMERICA 942/2 de 40 litros de capacidad.
- Molino coloidal KORUMA tipo 4 de 3 HP de potencia con una capacidad de 33 a 110 libras por hora (de 14 a 55 Kg por hora).
- Secador de doble rodillo OVERTON GF modelo 20 (Mathis Machine Co.) de 45 cm de diámetro y 60 cm de longitud con 0.15 mm de espacio entre rodillos y velocidad de rotación variable.
- Recipientes plásticos y metálicos con capacidades desde 1 hasta 50 litros.
- Molino manual para grano tipo Corona.
- Papel tipo Kraft (despacho).
- Bolsas plásticas de polietileno y poliuretano.
- Selladora de bolsas plásticas THIMONIER tipo JT 169, Francia.

3.2.3 EN LA EVALUACION SENSORIAL

- Cucharillas de plástico.
- Lápices.
- Platos tendidos.
- Servilletas descartables.
- Sorbetes.
- Vasos de plástico blancos descartables.
- Fichas de evaluación.

3.2.4 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LOS ANALISIS QUIMICOS, FISICOS, FISICOQUIMICOS Y BIOLOGICOS

- Desecadores de vidrio Pyrex (campanas) con sus respectivas soluciones saturadas para las pruebas de adsorción.
- Estufa marca Memmert tipo 500 con termostato y termómetro incorporado.
- Equipo de digestión y destilación micro - Kjeldahl.
- Equipo Soxhlet para determinar la cantidad de grasa.
- Equipo para determinar la cantidad de fibra.
- Mufla tipo Thermocouple 1500 Furnace.
- Materiales de vidrio y reactivos necesarios para el análisis químico proximal, pruebas biológicas e isoterma de adsorción.
- Viscoamilógrafo BRABENDER, tipo AC8, EE.UU.

3.3 METODOS DE ANALISIS

3.3.1 ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

- Determinación de humedad. Método de la estufa a 110°C (AOAC, 1984).
- Determinación de proteínas totales. Método semimicro Kjeldahl recomendado por la AOAC (1984). El porcentaje de nitrógeno fue multiplicado por 6.25.

- * Determinación de grasa total. Método Soxhlet recomendado por la AOAC (1984); usando Hexano como solvente.
- * Determinación de fibra cruda. Por hidrólisis ácida y alcalina, según los métodos recomendados por la AOAC (1984).
- * Determinación de cenizas totales. Método recomendado por la AACC (1969), según la Norma Técnica Nacional 205.004.79 Cereales y Menestras (1980).
- * Determinación de carbohidratos. Método recomendado por la AOAC (1984).
- * Determinación de azúcares totales y azúcares reductores. Método recomendado por Bertrand, modificado por Schomberg (1969), siguiendo el Manual de prácticas de Análisis de los Alimentos. Dpto. F.A.F.A. . UNALM.
- * Energía, calculada utilizando los factores de ATWATER, para la energía disponible, recomendados por FAO/OMS/ONU (1985). Estos factores son de 4 Kcal/g de proteína, 4 Kcal/g de carbohidratos y 9 Kcal/g de grasa. Se multiplican estos factores por el contenido de carbohidratos, proteína y grasa determinados en el análisis proximal.

3.3.2 ANALISIS FISICOS

- Clasificación del grano de cebada. Método recomendado por la A.S.B.C. (1958), según la Norma Técnica Nacional 21:02-014 Cereales y Menestras (1980).
- Para cebada de dos hileras se usaron zarandas con mallas de 2.80, 2.50 y 2.20 mm, de primera, segunda y tercera, respectivamente.
- Clasificación por grados de calidad de los granos. Según las normas ITINTEC P.205.036 referente a quinua y cañihua.
- Peso Hectolítrico. Método recomendado por la A.S.B.C. (1958), según la Norma Técnica Nacional 205-013-79 cereales y menestras.
- Prueba de Germinación. En la determinación de la energía germinativa se emplea el método de Aubry, según la Norma Técnica Nacional 21:02-016 (1980) de Cereales y Menestras, citada por Ibáñez (1986).
- Determinación del Valor del Extracto en Harina Fina. Se usó el método recomendado por la A.S.B.C. (1958), según la Norma Técnica Nacional 21:02-017 y 205-030-80 Cereales y Menestras (ver Anexo IV).
- Viscoamilografía. Las determinaciones se realizaron mediante el viscoamilógrafo Brabender, siguiendo las pautas recomendadas por el método AACC 22-10 (1969).

3.3.3 ANALISIS FISICOQUIMICOS

- * **Isotermas de Adsorción.** Según el método descrito por Martínez (1967), empleando las soluciones saturadas que se muestran en el Cuadro 10, junto a sus respectivas humedades relativas de equilibrio a una temperatura de 25 °C.

CUADRO 10 HUMEDADES RELATIVAS DE SOLUCIONES SATURADAS

SOLUCION SATURADA	HUMEDAD RELATIVA (%) A 25 °C
ACIDO SULFURICO	0.0
CLORURO DE LITIO	11.0
ACETATO DE POTASIO	23.0
CLORURO DE MAGNESIO	33.0
BICROMATO DE SODIO	50.0
NITRITO DE SODIO	64.0
CROMATO DE POTASIO	87.0
AGUA	100.0

3.3.4 ANALISIS BIOLÓGICOS

- * **Índice de Eficiencia Proteica (PER).** Es una relación que mide la ganancia de peso promedio del animal experimental por cantidad de proteína consumida (FAO/OMS/UNU, 1985).

Se obtiene alimentando ratas jóvenes con una dieta isocalórica e isoproteica en que la proteína es la única fuente limitante del crecimiento (ANEXO V). La dieta tiene aproximadamente 10% de proteínas (ANEXO VII); las ratas son alimentadas durante 4 semanas y el valor PER obtenido al finalizar la experiencia es comparado con el valor Standar de una caseína de referencia.

Digestibilidad (D). Es la relación que mide el nitrógeno absorbido por 100 gramos de nitrógeno ingerido (ANEXO VI).

3.4 ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LA MATERIA PRIMA Y DE LOS CEREALES MALTEADOS

Se realizó el análisis químico proximal de las materias primas (granos de quinua y cebada) así como de los cereales malteados siguiendo la metodología mencionada en 3.3.1

3.5 METODOLOGIA PARA LA SELECCION DE LAS FORMULACIONES

Se formularon mezclas empleando proporciones variables de malta de quinua y malta de cebada, expresadas en base seca haciendo uso de un algoritmo. Este consiste en la minimización de la diferencia entre la concentración de aminoácidos de la referencia (Patrón FAO/OMS, 1985), con la proveniente de la posible

mezcla. Se procesaron 100 combinaciones. El algoritmo es el siguiente:

1. Se fijó en 100% la proporción de malta de quinua y en 0% la proporción de malta de cebada.
2. Se calculó el aminograma de la mezcla utilizando los aminogramas de cada componente. Los aminoácidos considerados para este cómputo fueron los siguientes: Fenilalanina, Tirosina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina, Treonina, y Valina; basados en recomendaciones de la FAO/OMS (1985). La mezcla así obtenida fue evaluada mediante la predicción de calidad proteínica, calculándose el valor del cómputo químico o score; así como la relación proteico-energética.

A pesar de que la FAO/OMS (1985) incluye al Triptófano como uno de los aminoácidos esenciales, éste no pudo ser considerado en esta investigación. Lo anterior en razón a que el aminograma teórico de la malta de quinua utilizado como referencia no reportó la concentración correspondiente a este aminoácido. Si se hubiese asumido un

valor de cero, se habría producido una seria distorsión tanto en el cómputo químico o Score y en el valor proteico relacionado al valor del porcentaje de calorías netas proteicas dietarias (NDPCals%).

3. Se comparó el aminograma de la mezcla con el aminograma del Patrón de Referencia recomendado por la FAO (1985) según el Cuadro 7, obteniéndose la diferencia y registrándola.
4. Se disminuyó en 1% la proporción de malta de quinua y se incrementó en igual cantidad la proporción de la malta de cebada.
5. Se repitió el paso dos hasta que la proporción de la malta de quinua fue 0%.
6. Con los registros de las diferencias entre aminogramas se ubicó la formulación que registró la diferencia mínima. Esta fue la proporción óptima.

Este algoritmo se implementó en un programa en lenguaje de programación BASIC, mediante el compilador Turbo BASIC, versión 1.01, cuyo listado se detalla en el Anexo 1 que se ha denominado MALTAMIX. A

continuación se presentan los conceptos aplicados en el programa, los cuales validan su uso. Estos son:

- * la optimización por programación lineal
- * el cómputo químico o score proteico
- * valor proteico relacionado al valor del porcentaje de calorías netas proteicas dietarias (NDpCals%).

3.5.1 PROGRAMACION LINEAL

Método que permite optimizar una función objetivo (por ejemplo proporciones de malta de cebada y quinua en la mezcla) en base a restricciones. Estas restricciones, para el presente trabajo, están dadas por:

- * La concentración de los aminoácidos de la mezcla en ningún caso será menor a la del Patrón de Referencia FAO/OMS (1985).
- * Máxima sustitución de la malta de cebada.
- * Máximo porcentaje de proteína en la mezcla.

La función objetivo en este caso es la diferencia entre la concentración de aminoácidos de la mezcla y la del patrón de referencia, que debe ser mínima. Para conseguir esto se varía la proporción entre las cantidades de los ingredientes considerados: quinua y cebada malteadas.

3.5.2 COMPUTO QUIMICO O SCORE

Es uno de los métodos recomendados por el último comité FAO/OMS/ONU (1985), citado por Glorio (1990).

$$\text{C\acute{o}mputo qu\acute{im}ico} = \frac{\text{mg amino\acute{a}cido en un g de prote\acute{i}na de mezcla}}{\text{mg de amino\acute{a}cido en un g de prote\acute{i}na de la referencia}}$$

Para evaluar el c\acute{o}mputo qu\acute{im}ico se utiliz\acute{o} como referencia el patr\acute{o}n aminoac\acute{i}dico recomendado por la FAO/OMS (1985).

3.5.3 VALOR PROTEICO RELACIONADO AL VALOR DE NDpCals%

Se evalu\acute{o} en cada una de las mezclas la cantidad de calor\acute{i}as de origen proteico que ser\acute{a}n realmente utilizadas para procesos de s\acute{i}ntesis tisular (NDpCals%).

El m\acute{e}todo propuesto por Miller y Payne (1961): citado por Glorio (1990), plantea la siguiente ecuaci\acute{o}n para obtener los valores de NDpCals%:

$$\text{NDpCals\%} = \frac{P(54 - P)}{(54 - P_m)} \times \text{Score}$$

Donde:

NDpCals% : % de calor\acute{i}as netas proteicas dietarias.

P : % de calorías de origen proteico.

Score : .Score proteico basado en datos químicos (cómputo químico).

Pm : % de calorías proteicas requeridas para el mantenimiento : $400/\text{Score}$.

3.5.4 EL PROGRAMA MALTAMIX

DATOS DE ENTRADA

Este programa utiliza como datos de entrada los resultados de los análisis realizados sobre los ingredientes (aminogramas y análisis proximales). También utiliza las restricciones antes mencionadas .

RESULTADOS

Se obtuvo como resultado una formulación óptima: % de malta de cebada y % de malta de quinua de la cual, el programa permite conocer:

- Aminograma
- Composición Proximal
- Cómputo Químico o Score
- Valor Proteico relacionado al valor de $\text{NDpCals}\%$

OPERACION

El programa opera de la manera siguiente:

Se inicia el programa con la presentación de una lista de 7 opciones posibles (menú principal), siendo cada una de ellas las siguientes:

- 1.- Ingreso de los datos de la malta de cebada. Esta opción permite modificar tanto la composición proximal como el aminograma de la malta de cebada en caso de que se quiera utilizar valores diferentes a los que el programa asume por defecto.
- 2.- Ingreso de los datos de la malta de quinua. De manera análoga, también se puede modificar el aminograma o el análisis proximal de la malta de quinua.
- 3.- Ingreso de los datos de la referencia. Esta opción, similar a las dos anteriores permite cambiar el aminograma y la composición proximal de la referencia nutricional. Además por razones que se aclaran más adelante, también se puede modificar los datos que corresponden a la leche entera de vaca. Lo anterior en razón de que en algunos casos la

mezcla formulada, puede tener deficiencias en aminoácidos (cuando no es óptima).

Por ello, el programa además de optimizar la formulación "malta de cebada-malta de quinua" calcula la cantidad y proporción de un complemento de leche entera de vaca para completar los aminoácidos que resulten faltantes. Para ello se requiere conocer el aminograma y composición proximal de la leche entera de vaca.

4. Obtención de la proporción óptima. Debido a su importancia, este proceso se explicará con mayor detalle.

El programa empieza por proponer como mezcla óptima una formulación al 100% de malta de quinua. Acto seguido calcula el aminograma de esta mezcla mediante la expresión:

$$A(i)_m = \%Mq \times A(i)_q + \%Mc \times A(i)_c$$

Donde:

$\%Mq$: Porcentaje de malta de quinua.

$\%Mc$: Porcentaje de malta de cebada.

$A(i)_m$: Concentración del aminoácido "i" en la mezcla.

$A(i)_q$: Concentración del aminoácido "i" en la malta de quinua.

$A(i)_c$: Concentración del aminoácido "i" en la malta de cebada.

Para $i = 1$: FENILALANINA + TIROSINA

$i = 2$: HISTIDINA

$i = 3$: ISOLEUCINA

$i = 4$: LEUCINA

$i = 5$: LISINA

$i = 6$: METIONINA + CISTINA

$i = 7$: TREONINA

$i = 8$: VALINA

A continuación, siguiendo un procedimiento similar, el programa calcula la composición proximal de la mezcla según:

$$X(i)_m = \%Mq \times X(i)_q + \%Mc \times X(i)_c$$

Donde:

$X(i)_m$: Porcentaje del componente proximal "i" en la mezcla.

$X(i)_q$: Porcentaje del componente proximal "i" en la malta de quinua.

$X(i)_c$: Porcentaje del componente proximal "i" en la malta de cebada.

Para $i = 1$: Proteína

$i = 2$: Carbohidratos

$i = 3$: Grasa

$i = 4$: Fibra

$i = 5$: Ceniza

$i = 6$: Otros.

Una vez completados estos cálculos, se procede a comparar el aminograma de la mezcla con el de la referencia calculándose la

diferencia para cada aminoácido. Luego se determina para cual de los aminoácidos la diferencia entre la mezcla y la referencia es mayor. Este será el aminoácido limitante que permite calcular el SCORE proteico o cómputo químico de la mezcla en particular y valor proteico relacionado al valor de NDpCals $\frac{1}{2}$ mediante las expresiones siguientes:

$$\text{SCORE} = \frac{A(1)_m}{A(1)_r}$$

$$\text{NDpCals}\frac{1}{2} = \frac{P(54 - P)}{(54 - P_m)} \times \text{Score}$$

Donde :

A(1)_m: Concentración del aminoácido limitante en la mezcla.

A(1)_r: Concentración del aminoácido correspondiente en la referencia nutricional.

P : $\frac{1}{2}$ de calorías de origen proteico.

P_m : $\frac{1}{2}$ de calorías proteicas requeridas para el mantenimiento : 400/Score.

El programa luego calcula para cada aminoácido la diferencia en composición respecto del objetivo. Estas diferencias se almacenan y se comparan con los valores

obtenidos en iteraciones anteriores. Si los valores anteriores hacen una diferencia mayor que los ultimamente obtenidos se mantienen como valores temporalmente óptimos. En caso contrario, es decir cuando los últimos valores determinan una diferencia menor, son tomados como un óptimo temporal. Así se retiene en memoria la diferencia mínima entre una mezcla de proporciones conocidas respecto de la referencia. Como esta diferencia es la menor de todas las posibilidades ensayadas, resulta ser óptima. A continuación el programa presenta en pantalla los resultados de la mezcla óptima. Cabe señalar que durante el proceso de cálculo también son presentados los aminogramas y las composiciones proximales así como los scores proteicos y valores de NDpCals% para cada iteración.

5. Formulación según una proporción dada. Esta opción permite que el usuario del programa proponga los porcentajes para las maltas de quinua y cebada.

Para iniciar el proceso el usuario debe ingresar el porcentaje de malta de cebada. A continuación el programa solicita que se ingrese la cantidad en kilogramos de este

componente. Luego, mediante regla de tres simple calcula el porcentaje de malta de quinua y la cantidad en kilogramos de este material que se debe mezclar con la malta de cebada. Utilizando las expresiones mencionadas anteriormente calcula el aminograma y la composición proximal para la mezcla sugerida por el usuario. Estos datos obtenidos se presentan en la pantalla y se tiene la opción de repetir el proceso para otros porcentajes o regresar al menú principal.

6. Cálculo del complemento nutricional con leche entera de vaca. La finalidad de esta opción es calcular un suplemento de leche entera de vaca para cubrir la eventual deficiencia en aminoácidos de la mezcla óptima respecto al patrón escogido.

Este proceso se inicia con el ingreso de los porcentajes para la malta de cebada y de quinua. En base a lo anterior el programa calcula tanto el aminograma como la composición proximal de la mezcla resultante. Los datos obtenidos son comparados con la referencia o patrón detectándose los aminoácidos que tengan una composición menor a lo deseado. Posteriormente se calcula en

base a una regla de tres simple el peso de leche entera de vaca que debe agregarse a la mezcla para suplir la falta en cada uno de los aminoácidos deficientes. Resulta evidente que el mayor de los pesos calculados es capaz de suplir todas las deficiencias detectadas. Por ello el programa propone que se agregue esta cantidad de leche a la mezcla de maltas y calcula la nueva composición proximal así como el aminograma resultante.

7. Fin del programa. Esta opción nos permite poner fin a la ejecución del programa.

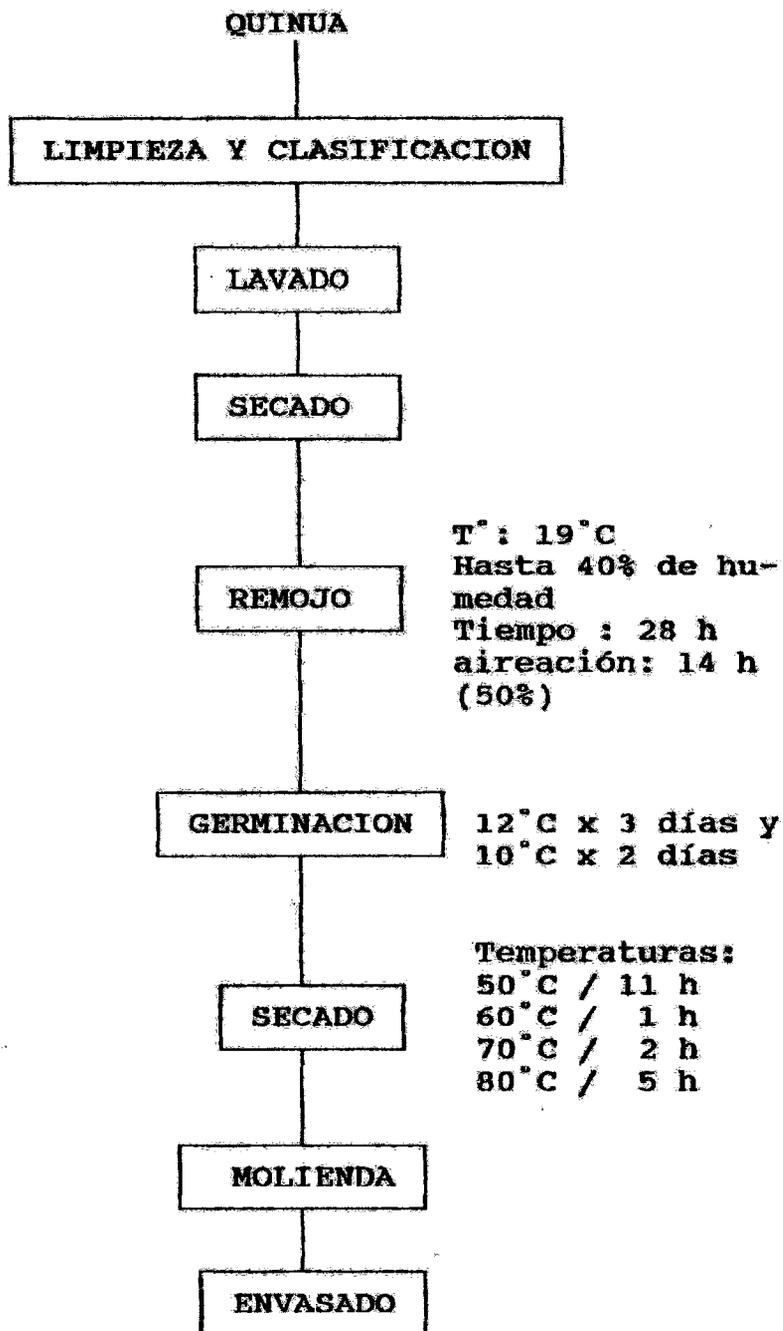
3.6 OPERACIONES PARA LA ELABORACION DE LA MEZCLA NUTRITIVA

El proceso de obtención de la mezcla nutritiva se inició con el malteo de quinua y cebada y comprendió las etapas que se detallan a continuación:

3.6.1 OBTENCION DE LA MALTA DE QUINUA Y CEBADA

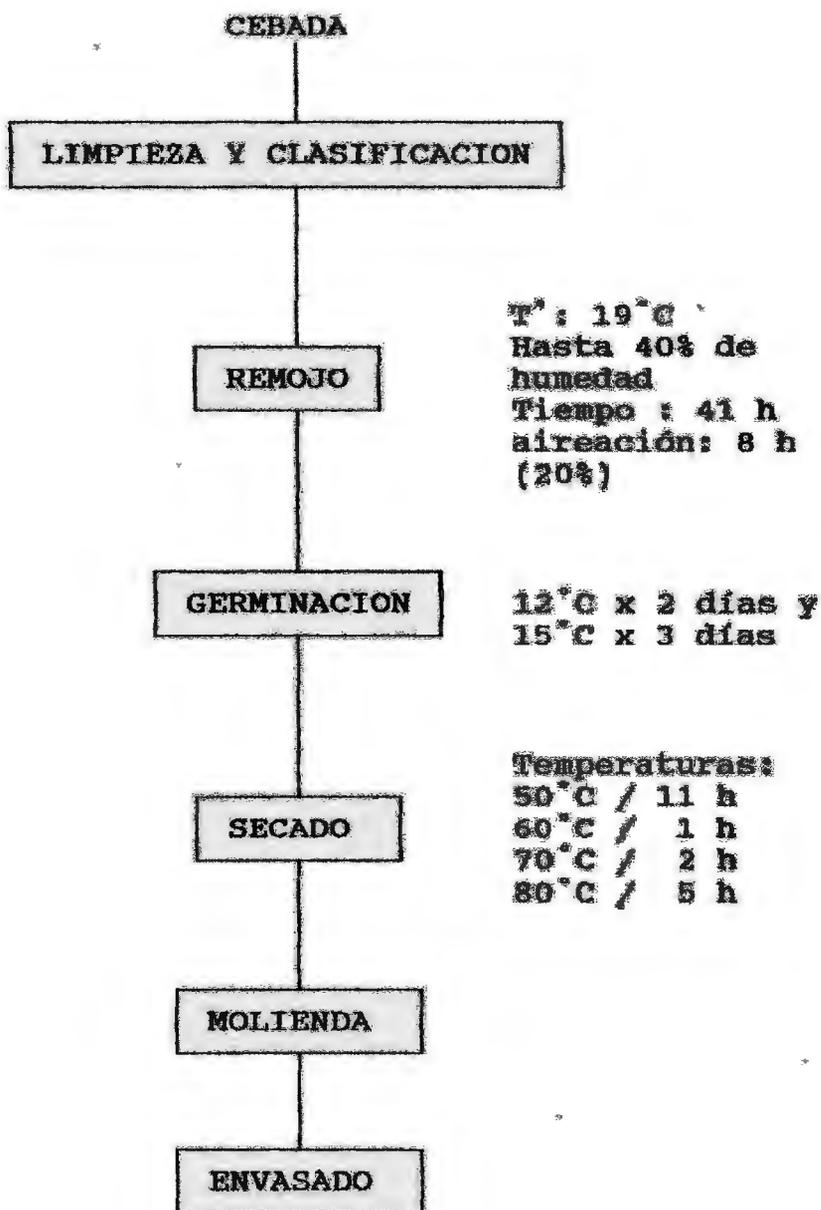
Para el malteo de quinua y cebada se siguió el siguiente proceso, con la metodología y parámetros recomendados para cada cereal según: Nieto (1984), para Quinua e Ibáñez (1986), para Cebada, Figuras 5 y 6 respectivamente.

FIGURA 5 FLUJO DE PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCION DE LA MALTA DE QUINUA



Fuente: Nieto (1984).

FIGURA 6 FLUJO DE PROCESAMIENTO PARA LA OBTENCION DE LA MALTA DE CEBADA



Fuente: Ibáñez (1986).

a. LIMPIEZA Y CLASIFICACION

Los granos de quinua y cebada fueron sometidos a una limpieza manual, eliminando las impurezas tales como pajillas, piedrecillas, eliminándose también los granos partidos y quebrados.

Los granos de quinua se clasificaron en el Plansifter BUHLER modelo MLU-300 de 1.8 Kg. de capacidad, Suiza. Utilizado para clasificar quinua con zarandas giratorias de 2.10 y 0.94 mm de diámetro, correspondientes a granos de primera y segunda calidad. El material restante de la malla de 0.94 mm fue desechado por considerarlo de tercera calidad.

Los granos de cebada se clasificaron utilizando el clasificador horizontal Glasblasserei - Berlin 65 con zarandas de mallas 2.80, 2.50 y 2.20 mm de primera, segunda y tercera calidad, respectivamente. Se descartaron los granos de tercera calidad.

Posteriormente se tomaron muestras para la determinación del análisis químico proximal según el punto 3.3.1 .

b. LAVADO Y SECADO

Solamente la quinua fue sometida a lavado manual, con agua a temperatura ambiente, hasta no observar formación de espuma, a fin de eliminar la

saponina. Luego fue secada al medio ambiente, manteniéndose la misma en una cámara a temperatura y humedad relativas bajas según lo indicado por Nieto (1984).

c. REMOJO

Los granos de quinua y cebada se colocaron en latas de 300 g de capacidad y se remojaron hasta alcanzar la humedad requerida, a temperaturas y tiempos de aireación según se indican en las Figuras 5 y 6. Las latas utilizadas eran de acero inoxidable en forma de paralelepípedo con malla en su base y sin tapa.

d. GERMINACION

Los granos tanto de quinua como de cebada, una vez que alcanzaron las humedades especificadas, se distribuyeron en 24 latas de la misma capacidad que las anteriores.

Estas latas tenían forma cilíndrica con paredes de malla y dos tapas de acero inoxidable. Estas latas se colocaron en el germinador y se mantuvieron en continuo movimiento giratorio a temperatura y humedad relativa controladas como se indica para cada caso en las Figuras 5 y 6.

e. SECADO

Terminada la etapa de germinación de cada grano estos fueron secados respentando las temperaturas

y tiempos que corresponden a cada materia prima, tal como se indica en las Figuras 5 y 6. Inmediatamente se eliminaron las raicillas de los granos germinados en forma manual. Al finalizar esta operación, los granos fueron colocados en envases herméticos para su posterior molienda.

En los tres procesos mencionados anteriormente, se hizo uso del equipo de micromalteo Barber Coleman compuesto por un remoecedor, un germinador y un horno de secado.

f. MOLIENDA

En forma posterior al secado, los cereales malteados fueron sometidos a una molienda en el molino EBC T17050 tipo Newman, con malla de 1 mm.

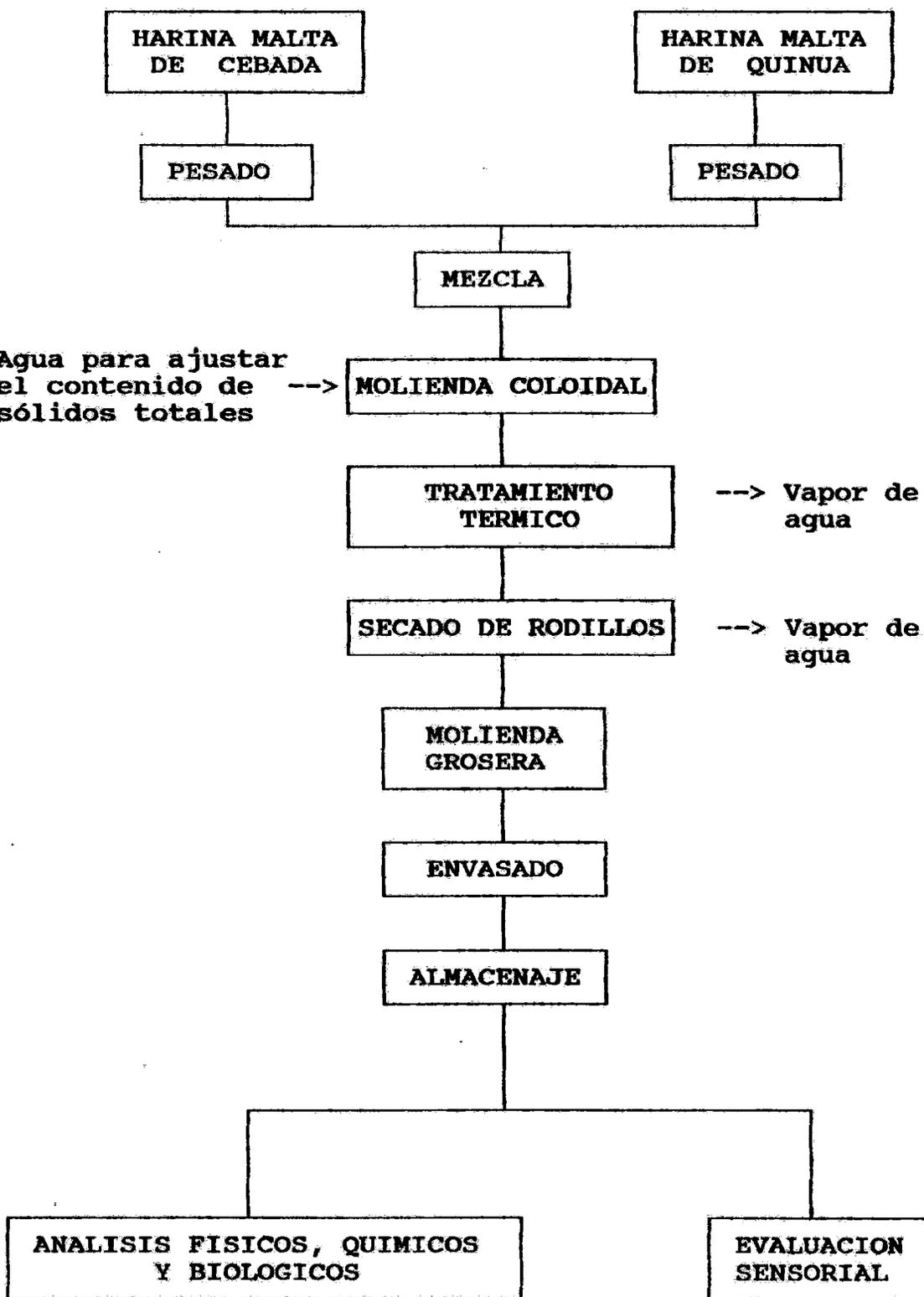
g. EMPACADO

Se empacaron las harinas independientemente en bolsas de polietileno las que fueron selladas utilizando la selladora de bolsas plásticas THIMONIER tipo JT 169, Francia.

3.6.2 OBTENCION DE LAS MEZCLAS NUTRITIVAS

Luego de obtenerse la formulación y una cantidad apropiada de cereales malteados se procedió a la elaboración de la mezcla nutritiva. Para tal efecto se siguió el flujo de operaciones (Figura 7) que se detalla a continuación:

**FIGURA 7 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA OBTENCION DE LA
MEZCLA NUTRITIVA**



a. PESADO

Se pesó cada una de las harinas de los cereales malteados de acuerdo a las proporciones óptimas obtenidas en la etapa de formulación, haciendo uso de una balanza.

b. MEZCLA

Los componentes ya pesados fueron vertidos en un recipiente de plástico de 50 litros de capacidad. La homogeneidad en la mezcla se consiguió agitando manualmente el contenido del recipiente con una espátula por un lapso de 15 minutos.

c. MOLIENDA COLOIDAL

Se realizó en el molino coloidal KORUMA tipo 4, añadiendo agua potable a fin de homogenizar y ajustar el contenido de sólidos solubles totales de la mezcla.

La cantidad de agua añadida en esta etapa se calculó utilizando un programa basado en la ecuación presentada por Cordero (1989):

$$X = \frac{Hsf(Wq + Wc) - (WqHq + WcHc)}{100 - Hsf}$$

Donde:

X : Total de agua añadida en la mezcla
(Kg)

Hsf : Humedad de la suspensión final (%)

Wq, Wc: Peso de Quinua y Cebada malteadas.

Hq, Hc: Humedad de Quinua y Cebada malteadas.

Para facilitar el cálculo de esta ecuación, que debió realizarse varias veces, se elaboró un programa para computadora en lenguaje BASIC, haciendo uso del compilador Turbo BASIC versión 1.01. El listado correspondiente se muestra en el Anexo II.

Se realizó una evaluación del porcentaje de sólidos solubles totales tal como se indica en la Figura 8.

d. TRATAMIENTO TERMICO

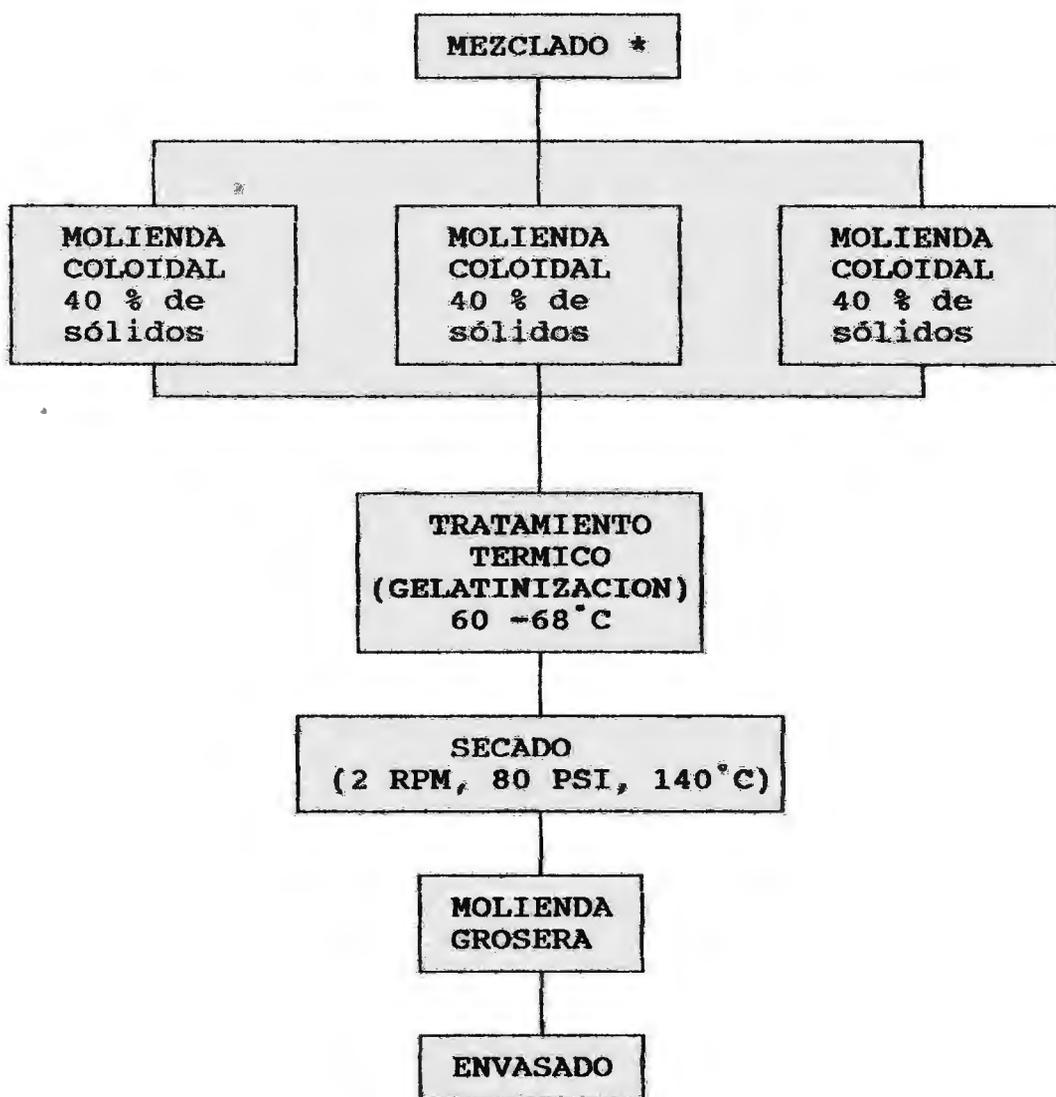
El tratamiento térmico se utiliza en mezclas nutritivas con el fin de:

- Destruir por efecto de la temperatura las enzimas y factores antinutricionales.
- Lograr un alto grado de gelatinización de los almidones, lo que se traduce en una notable mejora de la asimilación de nutrientes.

Como resultado de este tratamiento, las mezclas nutritivas se convierten en instantáneas. Es decir, para su consumo sólo se requiere de la adición de agua caliente (Buendía, 1981).

En el presente trabajo se utilizó el tratamiento térmico para provocar la gelatinización de los almidones.

FIGURA 8 DISEÑO EXPERIMENTAL EN EL SECADO DE LA MEZCLA OPTIMA DE QUINUA Y CEBADA MALTEADAS



(*) En seco, el agua se agrega en la molienda coloidal

Es importante señalar que la gelatinización del almidón por cocción lo hace más digestible (Cheftel, 1976).

GELATINIZACION DE ALMIDONES

A fin de conseguir la modificación total de los almidones se calentó la mezcla luego de la molienda coloidal en una marmita con chaqueta de vapor a una temperatura de 60 a 68°C por espacio de 5 minutos según recomendaciones de Scarpati (1978).

El grado de modificación de los almidones depende de la temperatura y del tiempo. La Figura 9 muestra la variación de la temperatura respecto del tiempo en el tratamiento térmico de gelatinización aplicado a la mezcla nutritiva.

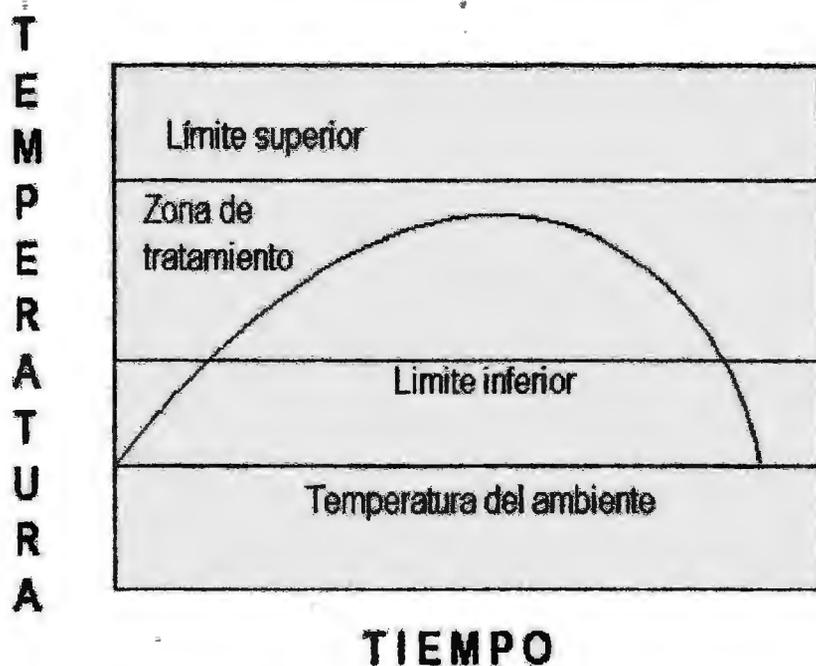
e. SECADO

Se empleó un secador de rodillos de doble tambor calentado por vapor saturado a una presión de 80 psi equivalentes a 550 kPa, alcanzando una temperatura de secado de 140°C aproximadamente .

f. MOLIENDA

Se realizó en un molino manual tipo corona.

FIGURA 9 GELATINIZACION DE ALMIDONES VS TEMPERATURA



**Fuente: Apuntes del curso: Análisis de los Alimentos
FIAL - UNA La Molina - 1991**

9. ENVASADO Y ALMACENAJE

La mezcla obtenida fue vertida en bolsas de polietileno que se sellaron con la selladora THIMONIER tipo JT 169, Francia, para ser colocadas en bolsas de papel.

3.7 ANALISIS QUIMICOS, FISICOS, FISICOQUIMICOS Y BIOLÓGICOS

Se efectuaron los siguientes:

Análisis Químicos : Análisis químico proximal detallado en el punto 3.3.1 .

Análisis Físicoquímicos: Isoterma de adsorción detallado en el punto 3.3.3

Análisis Físicos: Viscoamilografía detallado en el punto 3.3.2 .

Análisis Biológicos: Índice de eficiencia proteica (PER) y Digestibilidad (D) según se detalla en 3.3.3.

3.8 RENDIMIENTOS

Se han planteado expresiones para calcular el rendimiento de cada etapa importante del proceso. Así, se calculó el rendimiento del proceso de obtención de la materia prima como del producto. Todos los rendimientos se calcularon comparando los pesos en base seca.

3.8.1 RENDIMIENTO DE LA OPERACION DE MALTEO (ROM)

Compara la cantidad de malta de cebada y malta de quínoa obtenidas (en peso) respecto a la cantidad de cebada y quínoa (en peso) que ingresaron al proceso de malteo.

$$\text{ROM cebada} = \frac{\text{peso de malta de cebada en base seca}}{\text{peso de cebada en grano en base seca}}$$

$$\text{ROM quínuas} = \frac{\text{peso de malta de quínuas en base seca}}{\text{peso de quínuas en grano en base seca}}$$

3.8.2 RENDIMIENTO DE LA OPERACION DE OBTENCION DE LA MEZCLA NUTRITIVA (RMN)

Se comparó la cantidad de mezcla obtenida al final del proceso de elaboración (en peso) con la suma de los pesos de malta de cebada y quínuas que ingresaron a la molienda coloidal.

$$\text{RMN} = \frac{\text{peso de la mezcla nutritiva (base seca)}}{\text{peso de las maltas (base seca)}}$$

3.8.3 RENDIMIENTO TOTAL (RT)

Para calcular el rendimiento total del proceso se empleó la siguiente expresión:

$$\text{RT} = \frac{\text{peso de la mezcla nutritiva (base seca)}}{\text{peso de cebada en grano (base seca)} + \text{peso de quínuas en grano (base seca)}}$$

3.9 ANALISIS SENSORIAL

La mezcla obtenida fue analizada sensorialmente con el objeto de evaluar en forma comparativa sus atributos de sabor, olor, color, textura y aceptabilidad total.

La mezcla se presentó a los panelistas en tres formas:

- MUESTRA A : Agua 220 ml, mezcla 50 gr
- MUESTRA B : Agua 220 ml, mezcla 50 gr, azúcar refinada 7 gr (1 cucharadita de té).
- MUESTRA C : Leche reconstituida 220 ml, mezcla 50 gr, azúcar refinada 7 gr (1 cucharadita de té).

Estas muestras se prepararon con agua hervida caliente (80°C aprox.) y se presentaron a los panelistas a una temperatura de 35 °C aproximadamente. Los panelistas realizaron una prueba de preferencia mediante un test con escala Hedónica con puntajes del 1 al 5. Se asignó el máximo puntaje (de 5) a la expresión de mejor aceptabilidad y el mínimo puntaje (de 1) a la expresión de rechazo. Se utilizaron 15 panelistas sin entrenamiento (consumidores en general). Cada panelista recibió las tres muestras que fueron codificadas con números tomados de la Tabla de Números aleatorios.

Las muestras fueron presentadas en vasos plásticos descartables y la Ficha de Evaluación Sensorial utilizada es mostrada en el Anexo IX.

3.9.1 DISEÑO ESTADISTICO

Para la evaluación sensorial después del secado se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) aplicados a una prueba de preferencia. Los resultados fueron procesados utilizando la prueba de Friedman (a un nivel de probabilidad menor al 5%).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 CEBADA

a. ANALISIS FISICOS

En el Cuadro 11, se muestran los resultados de las pruebas físicas efectuadas a los granos de cebada, variedad Yanamucllo, provenientes del Callejón de Huaylas - Ancash.

El resultado obtenido del porcentaje de clasificación, de primera de los granos de cebada (98.20%) cumple con el requisito mínimo de porcentaje de primera en una cebada maltera según la Norma Nacional 205-016 Cereales y Menestras (1980) que es del 98.00% .

El peso hectolítrico obtenido es alto (82.00 Kg/Hl) considerando que el rango dado para una buena cebada maltera se encuentra entre 75 - 85 Kg/Hl, establecido por la Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Cerveza - A.L.F.C. (1980).

La germinación fue óptima con un valor de 96.00%. La Norma Técnica Nacional 205-016 Cereales y menestras (1980) señala un poder germinativo en cebadas malteras no menor al 95.00%

**CUADRO 11 ANALISIS FISICOS DE LOS GRANOS DE CEBADA
DESNUDOS VARIEDAD YANAMUCLO**

ANALISIS FISICOS	UNIDAD	VALORES OBTENIDOS
CLASIFICACION DE LOS GRANOS	% DE PRIMERA	98.2
PESO HECTOLITRICO	Kg/Hl	82.0
GERMINACION	% en 4 ml.	96.0

b. ANALISIS QUIMICO DE LOS GRANOS

En el Cuadro 12 se muestra la composición proximal de la cebada, de donde se puede afirmar que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos promedios reportados por Kent (1971).

**CUADRO 12 ANALISIS QUIMICO DE LA CEBADA
(g/100g)**

COMPONENTES	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	8.20	---
Proteína (Nx6.25)	11.86	12.92
Grasa	2.90	3.16
Fibra	3.78	4.12
Ceniza	2.25	2.45
Carbohidratos (por diferencia)	71.01	77.35

Con respecto a la humedad (8.2%), ésta cumple con la Norma Técnica Nacional la que prescribe un porcentaje máximo de humedad en cebada maltera no mayor a 14.5%

El porcentaje de proteínas (11.86%), es un valor aceptable de buena calidad maltera ya que la especificación considera un valor menor al 12.0% en base húmeda.

Romero (1985), considera que las proteínas cumplen un rol fundamental en la expresión de la calidad, su contenido está relacionado con la actividad enzimática destinada a hidrolizar los almidones.

4.1.2 QUINUA

a. ANALISIS FISICOS

Las características físicas de calidad de la quinua, se muestran en el Cuadro 13. Se determinó que la quinua alcanza una clasificación de Grado 3 (ANEXO III) por exceder el 3% de materias extrañas que es el porcentaje máximo requerido para clasificarla en Grado 2. Sin embargo, el porcentaje de variedades contrastantes y de granos dañados fueron menores a los límites que corresponden al Grado 1. Cabe resaltar que basta que una de las características no se encuentre dentro de los porcentajes máximos establecidos para que éste sea la que designe el Grado de Calidad del lote.

**CUADRO 13 CARACTERISTICAS DE CALIDAD DE LA DE QUINUA
(VARIEDAD BLANCA DE JUNIN)**

CARACTERISTICAS	(%)
Granos enteros y sanos	93.50
Granos vestidos	1.39
Granos dañados o infestados	0.53
Granos de color	—(1)
Varietades contrastantes	1.30
Materias extrañas	3.28

(1) Característica no observada.

b. ANALISIS QUIMICO

Los resultados de los análisis químicos efectuados en la quinua se presentan en el Cuadro 14, de donde se puede concluir que la quinua, utilizada en el presente estudio, posee un contenido de proteínas ligeramente superior al reportado por Peralta (1979), que indica valores de 18.37% en base seca. Lo anterior también es válido para el contenido de grasa, que en la misma referencia es de 6.72%.

Respecto de ceniza y de carbohidratos, se puede afirmar que sufren un incremento poco significativo (del orden del 3%). lo que no sucede con la fibra, la cual se ve reducida en un 40% aproximadamente.

**CUADRO 14 COMPOSICION QUIMICA DE LOS GRANOS DE
 QUINUA (VARIEDAD BLANCA DE JUNIN)
 (g/100g)**

COMPONENTES	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	10.85	---
Proteina (Nx6.25)	16.59	18.61
Grasa	6.40	7.18
Fibra	1.93	2.16
Ceniza	2.05	2.30
Carbohidratos (por diferencia)	62.18	69.75

4.2 OBTENCION DE LAS MALTAS DE CEBADA Y QUINUA

4.2.1 MALTA DE CEBADA

La cebada, luego de su selección, clasificación y acondicionamiento se sometió al proceso de malteo siguiendo la metodología recomendada por Ibáñez (1986) descrita en el punto 3.6.1, obteniéndose los siguientes resultados:

a. ANALISIS FISICO DE LA MALTA DE CEBADA

DETERMINACION DEL VALOR DEL EXTRACTO EN HARINA FINA

Los resultados obtenidos durante la determinación del valor de extracto se muestran en el Cuadro 15. Estos valores corresponden a los promedios de 3 repeticiones.

Según la Norma Técnica Nacional 205-016 (1980), los rangos para el tiempo de sacarificación son de 3 a 5 minutos, el color del mosto debe ser amarillo claro brillante, el tiempo de filtrado rápido, y el porcentaje de extracto 78 a 79% como mínimo. Como puede apreciarse los valores de extracto obtenidos se encuentran por encima del valor establecido por la norma. Concluyéndose que el proceso de malteo fue ampliamente satisfactorio.

CUADRO 15 VALOR DE EXTRACTO DE LA MALTA DE CEBADA

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
OLOR TIEMPO DE SACARIFICACION TIEMPO DE FILTRADO COLOR DEL MOSTO VALOR DEL EXTRACTO % (B.S.)	Aromático 5 minutos Rápido Amarillo claro brillante 82.73

b. ANALISIS QUIMICO DE LA MALTA DE CEBADA

Los valores del análisis químico de la malta de cebada se presentan en el Cuadro 16.

Segun Ibáñez (1986), la humedad de malta de cebada de grano desnudo con espiga de dos hileras debe variar entre 4.35 y 7.90% cuando la humedad de remojo

es de 45% . El valor obtenido (5.94%) se encuentra dentro de este rango establecido.

CUADRO 16 COMPOSICION QUIMICA DE LA MALTA DE CEBADA
(g/100g)

COMPONENTES	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	5.94	---
Proteína (Nx6.25)	14.03	14.92
Grasa	1.58	1.68
Fibra	3.18	3.38
Ceniza	1.90	2.02
Carbohidratos (por diferencia)	73.37	78.00

Cabe mencionar que para proteína, grasa y carbohidratos se han obtenido porcentajes ligeramente superiores a los reportados por el National Research Council, (1990). Mientras que para la fibra y ceniza se observa la tendencia contraria , que probablemente se explique por la eliminación de raicillas después del secado de la malta.

4.2.2 MALTA DE QUINUA

a. DETERMINACION DEL VALOR DEL EXTRACTO EN HARINA FINA

El valor del extracto es el análisis físico representativo de la forma en que se ha llevado el

malteo del grano de cebada. Este mismo proceso, a pesar de ser específico para la cebada, ha sido aplicado a la malta de quinua con carácter referencial.

Se inicia con la preparación de una papilla a partir de malta molida con agua a temperaturas específicas que ponen en actividad las enzimas formadas durante la germinación. Estas enzimas catalizan la hidrólisis de polímeros insolubles tales como las proteínas, ácidos nucleicos y carbohidratos dando lugar a productos solubles, los cuales se cuantifican en el valor del extracto (ver Cuadro 17).

CUADRO 17 VALOR DE EXTRACTO DE LA MALTA DE QUINUA

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
OLOR TIEMPO DE SACARIFICACION TIEMPO DE FILTRADO COLOR DEL MOSTO VALOR DEL EXTRACTO %(B.S.)	Aromático 5 minutos Lento Rosado claro brillante 80.35

En términos generales el proceso de malteo del grano de quinua fue exitoso, ya que el valor de extracto es superior al mínimo (78 a 79%) como ya se expuso anteriormente.

b. ANALISIS QUINICO DE LA MALTA DE QUINUA

El Cuadro 18, nos permite observar los resultados del análisis químico realizado a la malta de quinua.

La humedad de la malta determina la calidad de la misma. La malta demasiado húmeda pierde gran parte de su aroma y presenta dificultades para la molienda. En el Cuadro 18 se aprecia que la humedad (3.95%) se encuentra por debajo del límite máximo (5%), recomendado por Nieto (1984).

**CUADRO 18 COMPOSICION QUIMICA DE LA MALTA DE QUINUA
(g/100g)**

COMPONENTES	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	3.95	---
Proteína (Nx6.25)	18.76	19.53
Grasa	4.41	4.59
Fibra	3.00	3.14
Ceniza	2.23	2.32
Carbohidratos (por diferencia)	67.65	70.42

Es oportuno comentar que se trata de un valor muy inferior al obtenido en la malta de cebada, lo que

se explica en parte por la diferencia en el tamaño del grano y la presencia de cáscara gruesa en la cebada, factores que afectan la velocidad de evaporación del agua.

La proporción de proteína obtenida en la malta de quinua resulta ser superior en un 20% al valor teórico, sin embargo cabe mencionar que se trata solamente de un incremento en composición porcentual, ya que la cantidad absoluta de proteína en realidad decrece ligeramente como consecuencia de la lixiviación inevitable producida durante el remojo (Hough *et al.*, 1971, citado por Nieto 1984).

En general se observa una disminución en el contenido de grasa como efecto de la combustión respiratoria que ocurre durante el malteo (De Clerk, 1962 , citado por Nieto, 1984).

El incremento del contenido de fibra obtenido corresponde a la formación de raíces durante la germinación. Como en el caso de la proteína la proporción de cenizas se reducen por efecto de la lixiviación de materiales inorgánicos durante el remojo.

A pesar de que el Cuadro 18 muestra un porcentaje de carbohidratos de 70.42%, el incremento es

poco significativo siendo menor al 1% . Se sabe sin embargo que durante el malteo se incrementan los azúcares simples por hidrólisis del almidón. Como conclusión puede afirmarse que los carbohidratos de la malta de quinua mejoran en calidad mas no en cantidad porcentual.

4.3 OBTENCION DE LA FORMULACION OPTIMA

Siguiendo la metodología detallada en 3.5, se han obtenido los siguientes resultados del PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LA MEZCLA OPTIMA - MALTAMIX. La opción número 4 del programa se encarga de obtener la proporción óptima en base a los resultados obtenidos de aminoácidos limitantes, porcentaje de proteína, energía, cómputo químico y el valor del NDpCals[†] para cada una de las mezclas obtenidas (ver Cuadro 19).

Las dos primeras columnas nos muestran las proporciones de malta de cebada y de quinua en la mezcla, la tercera columna señala los aminoácidos limitantes en la mezcla formada. A su vez la cuarta columna indica el porcentaje de proteínas. La quinta columna muestra el aporte calórico y la sexta columna el valor del cómputo químico o score proteico de la mezcla en cuestión. En la última columna se registra el valor del Nitrógeno disponible para procesos de síntesis tisular (NDpCals[†]).

CUADRO 19 OBTENCION DE LA PROPORCION OPTIMA

MALTA CEBADA %	MALTA QUINUA %	AA. LIMITANTES	PROT. (Nx6.25) %	ENERGIA Kcal / 100g	SCORE	NDpcal%
0	100	LEU	16.10	408.60	76.25	9.43
10	90	LEU	15.97	406.01	80.41	9.88
20	80	LEU	15.85	403.43	84.58	10.37
30	70	LEU	15.72	400.84	88.74	10.78
40	60	LEU	15.60	398.25	92.90	11.23
50	50	LEU	15.47	395.67	97.06	11.68
52	48	LEU	15.44	395.15	97.89	11.76
54	46	LEU	15.42	394.63	98.73	11.85
56	44	LEU	15.39	394.11	99.56	11.94
58	42	* LEU	15.37	393.60	100.39	12.03
60	40	* LEU	15.34	393.08	101.23	12.12
70	30	* LEU	15.22	390.49	105.39	12.57
80	20	* LIS	15.09	387.91	109.42	13.00
90	10	* LIS	14.97	385.32	111.81	13.25
100	0	* LIS	14.84	382.73	114.19	13.50

AA. Aminoácidos

* Aminoácidos no limitantes, pero cuya proporción es ligeramente superior al requerimiento establecido por la FAO/OMS (1985). A diferencia de los demás aminoácidos para los cuales el requerimiento es ampliamente superado por la mezcla.

Se ha escogido como formulación óptima a la que se compone de un 58% de malta de cebada y un 42% de malta de quinua. Las razones que justifican esta decisión son las siguientes:

• Es la mezcla con el mayor porcentaje de malta de quinua que no tiene deficiencia de aminoácidos al ser comparada con el patrón FAO/OMS (1985). Es decir, el aminoácido limitante que en este caso resulta ser la Leucina, alcanza proporciones que supera el objetivo. Así se consigue una máxima sustitución de la malta de cebada por malta de quinua.

• A medida que se incrementa la proporción de malta de cebada, el porcentaje de proteína de la mezcla disminuye debido a que la malta de cebada tiene un porcentaje inferior (14.84%) al de la malta de quinua (16.10%). Si se tomaría como óptima una mezcla con un porcentaje de malta de cebada mayor al 58%, la proporción de proteínas sería menor al 15.37% de la mezcla 58:42. Esta tendencia se hace más notoria cuando la cebada llega al 80%. En este caso, la proteína en porcentaje es inferior al 15% requerido como mínimo por FAO/OMS.

• El aporte de energía de la mezcla tiene un comportamiento similar al de la proteína, que se acaba de describir. Al aumentar la proporción de la malta de

cebada la energía de la mezcla disminuye. Esto se explica teniendo en cuenta que el aporte tanto de la grasa (14.85 KCal/100g) y la proteína (59.36 KCal/100g) de la malta de cebada es menor al de la malta de quínuva (68.76 y 64.4 KCal/100g respectivamente).

Nótese que el aporte de los carbohidratos de la malta de cebada (308.52 KCal/100g) a pesar de ser mayor al de la malta de quínuva (275.44 KCal/100g) no basta para compensar la tendencia que se acaba de explicar. De esta manera, si se escogiera una mezcla con un porcentaje de malta de cebada mayor al 58% se perjudica el aporte calórico total de la mezcla.

• Tanto el Score o Cómputo Químico como el NDPCals% aumentan al incrementarse la proporción de malta de cebada en la mezcla. Esto sugiere que dentro de lo posible, el porcentaje de cebada debería ser el máximo. Es decir, si bien la malta de cebada tiene una menor cantidad de proteína, ésta es de mejor calidad que la de la quínuva. Por ello sería deseable tener el máximo posible de malta de cebada. Este criterio se contrapone a los mencionados anteriormente. Así, teniendo en cuenta las razones expuestas, la proporción óptima deberá resultar de un compromiso entre estos criterios antagónicos. Esto se consigue en forma óptima para las proporciones de 58% de malta de cebada y 42 % de malta

de quínea, las que constituyen el resultado del proceso de formulación de la presente tesis.

En el Cuadro 20 se muestra el aminograma de la mezcla óptima (58:42) obtenida como resultado del programa MALTAMIX. Este aminograma es comparado con el Patrón de Referencia.

CUADRO 20 AMINOGRAMA DE LA MEZCLA OPTIMA

(g/100g de materia seca)

AMINOACIDOS	AMINOACIDOS MEZCLA OPTIMA	AMINO- ACIDOS FAO
FENILALANINA + TIROSINA	8.01	6.8
HISTIDINA	3.00	2.3
ISOLEUCINA	4.75	3.7
LEUCINA	8.03 *	8.0 *
LISINA	6.46	6.2
METIONINA + CISTINA	4.82	3.4
TREONINA	4.64	3.9
VALINA	6.44	4.5

* Aminoácido que para proporciones de malta de cebada inferiores al 58% es limitante.

En el Cuadro 21 se indica la composición química resultado del mismo programa para la mezcla óptima (58:42), en forma comparativa con la especificación dada.

**CUADRO 21 COMPOSICION QUIMICA COMPARATIVA DE LA
MEZCLA OPTIMA**
(g/100g de materia seca)

COMPONENTES	MEZCLA OPTIMA	CANTIDADES RECOMENDADAS (1)
Proteína (Nx6.25)	15.37	No menor al 15%
Grasa	4.15	La mayor cantidad posible hasta 10%
Fibra	4.43	No más del 5%
Cenizas	2.38	No más del 5%
Carbohidratos (por diferencia)	73.66	Por diferencia

(1) FAO / OMS (1972 - 1982)

4.4 OBTENCION DE LA MEZCLA NUTRITIVA

Luego de obtenerse la formulación y una cantidad apropiada de cereales malteados se procedió a la elaboración de la mezcla nutritiva. Para tal efecto se siguió el flujo de operaciones que se detalla en el punto 3.6.2, Figura 7.

a. PESADO

Con miras a obtener una cantidad de producto que permita realizar los ensayos tanto químicos como biológicos y sensoriales se pesó 9.031 kg (58% en base seca) de harina de malta de cebada y 6.40 kg (42 % en base seca) de harina de malta de quinua. Las humedades de cada una ellas fueron de 5.94% y 3.95% respectivamente en esta etapa.

b. MEZCLA

Luego de haber cumplido el procedimiento descrito en el punto 3.6.2, se obtuvo como resultado una mezcla que presentaba las siguientes características:

Color: Beige con matices rosas. Como referencia considérese que la malta de cebada es de color beige y la malta de quinua es de color rosa.

Textura: La granulosis de la mezcla obtenida es muy similar a la de las materias primas no habiendo diferencia perceptible alguna. Tampoco se advirtió la presencia de grumosidades u otras señales de incompatibilidad en la mezcla. Esto se explica en parte debido a que ambas harinas se obtuvieron utilizando el mismo molino y además porque se trata de alimentos cuyas composiciones físicas y químicas son similares. Se concluye que ambos materiales son perfectamente miscibles.

Humedad: Como resultado de una evaluación práctica de análisis físico se determinó que la humedad de la mezcla obtenida fue de 5.50%

La humedad resultante teórica se calculó empleando la expresión presentada en el punto 3.6.2. El valor obtenido fue de 4.93% que es inferior al reportado experimentalmente. Esto supone que la manipulación de las materias primas y de la mezcla así como la influencia del medio ambiente producen

un aumento inevitable de la humedad la que se incrementa a medida que transcurre el tiempo.

c. MOLIENDA COLOIDAL

De la harina de maltas obtenida en la operación anterior se separaron tres porciones cuyos pesos aparecen en el Cuadro 22. Se emplearon tres cantidades diferentes de agua a fin de obtener porcentajes de sólidos solubles de 40%, 35% y 30%. El volumen de agua añadido en cada caso se calculó utilizando la expresión presentada en el punto 3.6.2 y detallada en el Anexo II.

CUADRO 22 VARIACION DEL PORCENTAJE DE SOLIDOS SOLUBLES

SOLIDOS SOLUBLES %	HARINA Kg	AGUA (1) l	PESO TOTAL (2) Kg
30	1.5	3.225	4.725
35	1.5	2.550	4.050
40	1.5	2.044	3.544

(1) Volumen de agua agregado.

(2) Harina + agua.

La molienda coloidal se realizó en dos etapas. La primera cumplió funciones de desintegración del material y la segunda de refinación. Ambas se realizaron en el mismo molino. La refinación se

justifica por permitir un mejor contacto entre el medio acuoso y los componentes solubles favoreciendo la suspensión y dispersión (Vargas, 1978).

d. TRATAMIENTO TERMICO

Las cualidades nutricionales de los alimentos pueden modificarse por el tipo de tratamiento al que estén sometidos. Estas modificaciones pueden ser beneficiosas o nefastas afectando de distinta forma a los diversos nutrientes.

En el caso de las proteínas los efectos de los tratamientos térmicos dependen de las condiciones en las que se realizan y pueden catalogarse en tratamientos térmicos enérgicos, cuando son desfavorables a las proteínas, y en moderados cuando resultan favorables a estas.

Los tratamientos térmicos enérgicos son responsables de un descenso de la digestibilidad de las proteínas y de una baja de disponibilidad de aminoácidos. Estos efectos surgen por la formación de enlaces inter o intramoleculares que resisten el ataque de las enzimas pancreáticas e intestinales.

Los tratamientos térmicos moderados tienen efectos más bien favorables. Sobre todo cuando se realizan en medio húmedo, pues destruyen los factores antinutricionales o tóxicos y a los agentes patógenos. Además facilita la liberación

enzimática de los aminoácidos haciéndolos más disponibles a nivel digestivo.

Es necesario encontrar un equilibrio entre calentamiento excesivo, que rebaja el valor nutricional y un tratamiento moderado con el riesgo de no inactivar los principios antinutricionales cuando los hay, Cheftel (1976).

En caso de los lípidos, un calentamiento excesivo los hace incomedibles. El efecto lleva a la formación de compuestos tóxicos y volátiles que ocasionan retardo del crecimiento, hipertrofias de órganos y en algunos casos efectos cancerígenos.

Según Cheftel (1976), los elementos minerales y las vitaminas de los alimentos también sufren modificaciones con los tratamientos térmicos. Pueden producirse pérdidas de elementos minerales solubles y destrucción de vitaminas muy sensibles a la temperatura.

La digestibilidad de los almidones resulta claramente incrementada por el tratamiento térmico. En especial la cocción origina una gelatinización que facilita la posterior degradación enzimática en el intestino.

Se considera como norma general que los tratamientos culinarios domésticos son más perjudiciales a la estabilidad de estos componentes que la mayoría de los tratamientos industriales.

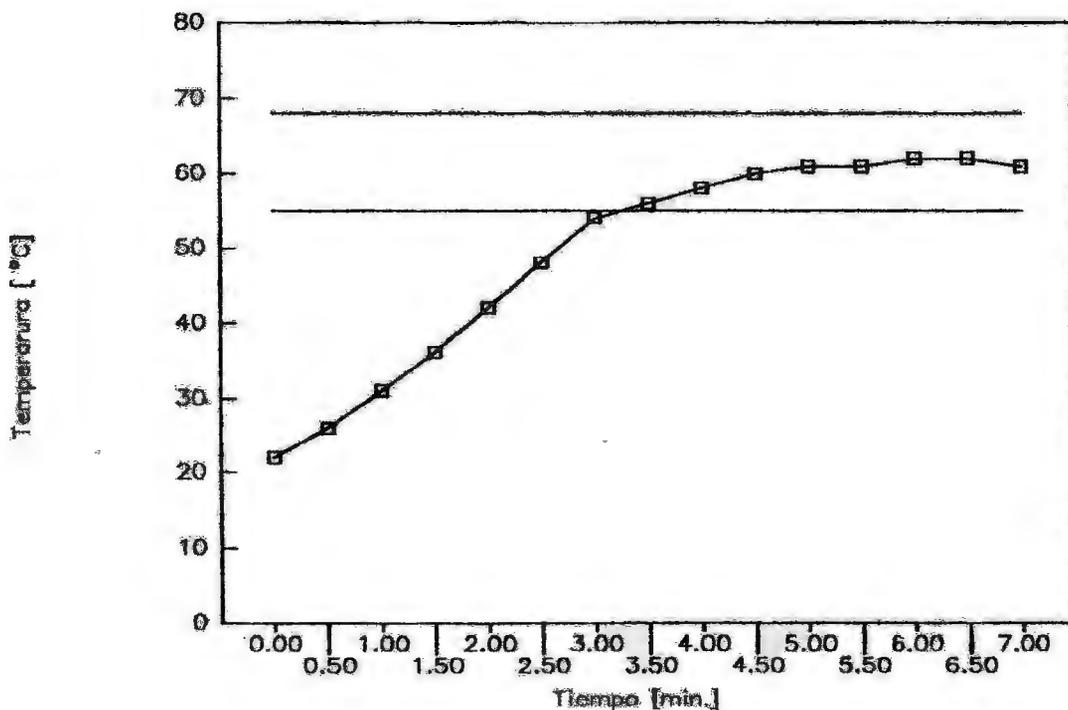
GELATINIZACION DE ALMIDONES

La finalidad de esta etapa es conseguir la modificación total de los almidones por gelatinización. El Cuadro 23 y la Figura 10 mostrados a continuación permiten obtener la curva del proceso de gelatinización al que se sometieron tres mezclas molidas.

**CUADRO 23 TEMPERATURA VS TIEMPO EN EL PROCESO DE
GELATINIZACION**

LECTURA No.	TIEMPO (min)	TEMPERATURA °C
1	0.0	22
2	0.5	26
3	1.0	31
4	1.5	36
5	2.0	42
6	2.5	48
7	3.0	54
8	3.5	56
9	4.0	58
10	4.5	60
11	5.0	61
12	5.5	61
13	6.0	62
14	6.5	62
15	7.0	61

**FIGURA 10 TEMPERATURA VS TIEMPO EN EL PROCESO DE
GELATINIZACION**



Para los tres casos, se trató de que el tiempo de calentamiento sea mínimo. Como se aprecia, se necesitan al rededor de 3 minutos para llevar la mezcla a temperaturas por encima de los 50°C. Se observa también que la mezcla estuvo al rededor de 4 minutos entre los 54 y 62 °C, periodo en el cual ocurrió un notable cambio en la textura de la

mezcla que pasó a ser una pasta bastante homogénea. La temperatura de inicio de gelatinización para este tipo de mezclas se estima en 56°C y la temperatura límite en 68°C aproximadamente como ya se indicó en el punto 3.6.2. Sin embargo, por razones de transferencia de calor en la marmita no fue posible aumentar la temperatura ni dilatar el tiempo de calentamiento. Al final del último minuto, el material a gelatinizar empezaba a deteriorarse producto de una reacción de pardeamiento no enzimático debido principalmente a la elevada concentración de azúcares en la mezcla. Esto se observó en el material en contacto directo con las paredes del recipiente.

El calentamiento, que es indispensable para la gelatinización, produce evaporación del agua de la mezcla. Por esta razón se procedió a pesar el material una vez concluida la gelatinización, a una temperatura de aproximadamente 45°C inmediatamente antes de iniciar la etapa de secado por rodillos. Los valores obtenidos así como los nuevos porcentajes de sólidos y humedad se muestran en el Cuadro 24.

Los valores de porcentaje de sólidos solubles mostrados son los que ingresaron a la etapa de Secado.

CUADRO 24 VALORES DEL PORCENTAJE DE SOLIDOS Y HUMEDAD POST-GELATINIZACION

PESO ANTES DE GELATINIZAR Kg	PESO DE MEZCLA GELATINIZADA Kg	SOLIDOS SOLUBLES %
4.725	4.231	33.5
4.050	3.862	36.7
3.544	3.440	41.2

e. SECADO

Como se mencionó anteriormente, se empleó un secador de rodillos de doble tambor calentado con vapor saturado a una presión de 80 psig (libras de presión por pulgada cuadrada) equivalentes a 550 kPa. Se alcanzó una temperatura de secado de 140°C aproximadamente en la superficie de los tambores. La temperatura se midió por medio de una termocupla tipo K aplicada por contacto al tambor. La velocidad de rotación de los rodillos fué de 2 RPM . El espacio entre rodillos fue de 0.15 mm y el tiempo de contacto o retención sobre los rodillos de 20 segundos aproximadamente.

Tanto la velocidad de rotación como la temperatura de secado se mantuvieron constantes para los tres porcentajes de sólidos a tratar .

Esto debido a que el equipo utilizado, deteriorado por su antigüedad, no permitía variar la velocidad en forma confiable. De la misma manera, la presión de vapor tampoco pudo ser regulada a voluntad, por la carencia de válvulas precisas prefiriéndose estabilizar su valor en 80 psi.

Los resultados para cada porcentaje de sólidos se muestran en el Cuadro 25.

CUADRO 25 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO DESPUES DEL SECADO

SUSPEN- SION (1)	PESO INICIAL Kg	PESO FINAL*		RENDI- MIENTO %	DESCRIPCION DEL PRODUCTO
		Kg	%		
33.50	4.231	0.425	10.04	29.98	Hojuelas peque- ñas ligeramente húmedas. Color no uniforme. Material sobran- te bastante hú- medo.
36.70	3.682	0.934	25.37	69.12	Hojuelas en lá- minas grandes y secas, color u- niforme. Material sobran- te de color os- curo, ligeramen- te húmedo y que mado.
41.20	3.440	0.635	18.46	44.80	Hojuelas en - forma tubular y en su mayoría quemadas. Color oscuro , no uniforme. Material sobran- te en su mayo- ría seco y que- mado.

(1) Sólidos totales de la suspensión antes del secado expresados en porcentaje

De cada uno de los tratamientos se separaron muestras a fin de determinar su humedad obteniéndose los resultados mostrados en el Cuadro 26.

CUADRO 26 HUMEDAD DE LAS HOJUELAS

SUSPENSION (1)	HUMEDAD (%)
33.5	21.00
36.7	3.80
41.2	2.56

Los rendimientos, reportados en el Cuadro 25, por si sólo justificarian que se escoja como tratamiento óptimo al que corresponde al 35% de porcentaje de sólidos solubles (corregido a 36.70% por evaporación). Pero también sustentan ésta elección la calidad final del producto obtenido en términos de humedad, tamaño y uniformidad de color.

Cuando el porcentaje de sólidos fue de 40% (corregido a 41.2%) la mezcla no formaba una película uniforme sobre los tambores sino que se adhería y quemaba en algunas zonas mientras que en

otras se mantenía como una masa viscosa y quemada que se desprendía repentinamente. En este tratamiento había una carencia de agua.

Las hojuelas obtenidas del tratamiento al 30% (corregido a 33.5%) de sólidos solubles además del pobre rendimiento se encontraban perceptiblemente húmedas como también lo estaban los residuos. Es decir en este tratamiento había un exceso de agua. Por el contrario, el tratamiento óptimo permite obtener un producto con una humedad (3.8%) que está dentro del rango sugerido para hojuelas: de 3% a 5% (Watsworth, citado por Zapata, 1978).

El resto de la materia prima se procesó teniendo en cuenta los resultados mencionados. Es decir, se mezclaron 15.5 kg con 27.2 litros de agua obteniéndose una solución al 35% de sólidos solubles con un peso de 41.9 kg.

Esta mezcla fue sometida dos veces a molienda coloidal tal como se ha descrito anteriormente.

Después de la gelatinización, el porcentaje de sólidos solubles aumentó a 37.2%. Este valor difiere en 0.5% de su homólogo anterior y se explica por el cambio a una marmita de mayor capacidad donde también la evaporación es consecuentemente mayor. Se obtuvieron así 39.4 Kg de mezcla gelatinizada.

La etapa de secado permitió obtener 10.568 Kg de hojuelas secas las que fueron inmediatamente embolsadas y selladas en bolsas de poliuretano. Se obtuvieron también 4.1 kg de material sobrante, ligeramente húmedo y parcialmente quemado. Posteriormente se determinó que la humedad de las hojuelas fue de 3.98% . Todos los pesos antes mencionados se dan en base seca

CUADRO 27

RESUMEN DE RESULTADOS

SUSPENSION (% DE SOLIDOS TOTALES)	35.0
SUSPENSION (% DE SOLIDOS TOTALES CORREGIDOS POR EVAPORACION)	37.2
PESO DE LA MEZCLA (Kg)	41.9
PESO DEL PRODUCTO (Kg)	10.6
PESO DE SOBRANTES (Kg)	4.1
RENDIMIENTO (%)	72.0

f. MOLIENDA

Con el fin de uniformizar el tamaño de las partículas y facilitar la manipulación de material

deshidratado se practicó una molienda empleando un molino manual tipo Corona. El producto molido ocupó un volumen menor y por lo tanto su empaque y almacenamiento se vio favorecido.

g. ALMACENAMIENTO

Dada la imposibilidad material de efectuar los análisis físicos, biológicos, químicos y sensoriales restantes inmediatamente, las hojuelas molidas fueron depositadas en DIEZ (10) bolsas de poliuretano selladas herméticamente y se colocaron en un ambiente cerrado, libre de olores y de la luz solar directa. Cada bolsa contenía 1 kg de producto, aproximadamente. A medida que se fueron realizando cada uno de los análisis contemplados en la metodología se fueron abriendo una a una las bolsas selladas.

4.5 RENDIMIENTOS

Se calcularon rendimientos tanto para el proceso de obtención de la materia prima como del producto final, en base a los pesos obtenidos.

El procedimiento total se puede dividir en dos partes:

1ra parte: preparación de las maltas

2da parte: elaboración de la mezcla

El primero recoge una metodología propuesta y ensayada en otros trabajos de tesis mientras que la del segundo se ha propuesto en el presente trabajo. Por ello se determinó en forma independiente los rendimientos para cada etapa obteniéndose información más detallada. Luego, en base a ambos valores se calculó el rendimiento total para todo el proceso.

4.5.1 RENDIMIENTO DE LA OPERACION DE MALTEO (ROM)

Compara la cantidad de malta de cebada y malta de quínuva obtenidas (en peso) respecto a la cantidad de cebada y quínuva (en peso) que ingresaron al proceso de malteo.

CUADRO 28 RENDIMIENTO DEL PROCESO DE MALTEO DE CEBADA

CEBADA EN GRANO	
PESO EN BASE HUMEDA (Kg)	12.9
PESO EN BASE SECA (Kg)	11.9
HUMEDAD (%)	8.2
HARINA DE MALTA DE CEBADA	
PESO EN BASE HUMEDA (Kg)	11.9
PESO EN BASE SECA (Kg)	11.2
HUMEDAD (%)	5.9
RENDIMIENTO (%)	94.2

El rendimiento obtenido guarda concordancia con los valores reportados por Ibáñez (1986), quien obtuvo rendimientos entre 87.41 y 95.09 para malta de cebada de grano desnudo.

Ibáñez (1986) señala que cuando se obtiene un alto rendimiento en malta, puede deberse a dos factores. Uno de ellos es que el grano es de buena calidad y el otro que no ha sufrido suficientes cambios durante el malteo por lo que sale casi con el mismo peso. Si se tratara del segundo caso se obtendría un extracto de malta muy pobre por no haber suficiente desarrollo de enzimas y no haber hidrolizado los almidones.

Con ello se infiere que los granos de cebada empleados fueron de buena calidad ya que el valor de extracto revela un alto grado de modificación de almidones.

De manera análoga, con la quinua se siguió el mismo proceso cuyos resultados fueron:

CUADRO 29 RENDIMIENTO DEL PROCESO DE MALTEO DE QUINUA

QUINUA EN GRANO	
PESO EN BASE HUMEDA (Kg)	12.4
PESO EN BASE SECA (Kg)	11.1
HUMEDAD (%)	10.9
HARINA DE MALTA DE QUINUA	
PESO EN BASE HUMEDA (Kg)	10.6
PESO EN BASE SECA (Kg)	10.1
HUMEDAD (%)	3.9
RENDIMIENTO (%)	91.8

Puede señalarse que el rendimiento obtenido se encuentra en el intervalo de los valores reportados por Nieto (1984), para malta de quinua: 89 a 92% . Por lo tanto se concluye que este valor nos indica que el proceso de malteo fue exitoso.

De los 11.9 kg de harina de malta de cebada y 10.1 kg de harina de malta de quinua que se obtuvieron (en base seca), solamente se utilizaron 10.9 y 7.9 kg respectivamente para la formulación de la mezcla. La razón estriba en que se hizo necesario realizar muchas pruebas preliminares de puesta a punto de los equipos (molienda coloidal, gelatinización y secado) además de

los análisis de la materia prima. En estas pruebas se consumió la diferencia (3.14 kg).

4.5.2 RENDIMIENTO DE LA OPERACION DE OBTENCION DE LA MEZCLA NUTRITIVA (RMN)

Se comparó la cantidad de mezcla obtenida al final del proceso de elaboración (en peso) con la suma de los pesos de malta de cebada y quinua que ingresaron a la molienda coloidal.

CUADRO 30 RENDIMIENTO DE LA OPERACION DE OBTENCION DE LA MEZCLA NUTRITIVA (RMN)

HARINA DE MALTA DE CEBADA	
PESO EN BASE SECA (Kg)	8.5
HUMEDAD (%)	5.9
HARINA DE MALTA DE QUINUA	
PESO EN BASE SECA (Kg)	6.2
HUMEDAD (%)	3.9
PRODUCTO EN HARINA DE HOJUELAS	
PESO EN BASE SECA (Kg)	10.6
HUMEDAD (%)	4.0
RENDIMIENTO (%)	72.2

4.5.3 RENDIMIENTO TOTAL (RT)

Este último valor de rendimiento compara el total de materia prima que ingresa al flujo de procesos con el producto obtenido después de hallar el proceso óptimo (ver Cuadro 31). Es por ello de carácter muy general e influyen en él las pérdidas por ensayos no exitosos. Por ello, si se quiere conocer el rendimiento en detalle para cada etapa es preferible ver los cuadros que anteceden a este último.

CUADRO 31 RENDIMIENTOS TOTALES

CEBADA EN GRANO	
PESO EN BASE SECA (Kg)	11.9
HUMEDAD (%)	8.2
QUINUA EN GRANO	
PESO EN BASE SECA (Kg)	11.1
HUMEDAD (%)	10.9
PRODUCTO EN HARINA DE HOJUELAS	
PESO EN BASE SECA (Kg)	9.1
HUMEDAD (%)	4.0
RENDIMIENTO (%)	40.0

4.6 CARACTERIZACION DE LA MEZCLA NUTRITIVA

La mezcla nutritiva óptima fue caracterizada y evaluada química, fisicoquímica, física y nutricionalmente.

4.6.1 ANALISIS QUIMICOS

A continuación se discuten los resultados obtenidos considerando los varios componentes detectados en la mezcla como factores esenciales de calidad nutritiva.

En el Cuadro 32 se presenta la composición química proximal de la mezcla nutritiva obtenida.

- a. **PROTEINA.** Como el alimento se ha obtenido de cereales y el tratamiento que ha recibido tiene como objetivo mejorar su incorporación al agua antes del consumo, el contenido mínimo de proteínas no será inferior al 15% (Cordero, 1989). Esta condición se cumple satisfactoriamente dado que el contenido de proteína es de 17.43% (en base seca) lo que sugiere una mezcla de buen contenido proteico.

A fin de evaluar la exactitud del programa elaborado en cuanto a la predicción de la composición proximal de la mezcla, se realizó una comparación entre los resultados experimentales obtenidos en laboratorio y los

obtenidos por cómputo. Nótese que las desviaciones porcentuales ponderadas son mínimas para proteína, carbohidratos, grasa, fibra, ceniza y energía (en promedio 1.28%). Lo cual valida la metodología empleada (ver Cuadro 32).

**CUADRO 32 COMPOSICION QUIMICA EXPERIMENTAL DE LA
MEZCLA NUTRITIVA
(g/100g)**

COMPONENTES	BASE HUMEDA	BASE SECA
HUMEDAD	3.80	---
PROTEINA (Nx6.25)	16.77	17.43
GRASA	2.10	2.18
FIBRA	4.60	4.78
CARBOHIDRATOS (por diferencia)	71.28	74.10
CENIZAS	1.45	1.51
ENERGIA (Kcal/100g)	371.10	385.76

**CUADRO 33 COMPOSICION QUIMICA COMPARATIVA DE LA
MEZCLA NUTRITIVA
(g/100g de m.s.)**

COMPONENTES	MEZCLA NUTRITIVA		VARIACION PORCENTUAL PONDERADA
	EXPERI- MENTAL (%)	TEORICO CALCULADO (%)	
PROTEINA (Nx6.25)	17.43	16.86	0.57
GRASA	2.18	2.90	- 0.72
FIBRA	4.78	2.15	2.63
CARBOHIDRATOS (por diferencia)	74.10	74.82	- 0.72
CENIZAS	1.51	3.28	- 1.77
ENERGIA (Kcal/100g)	385.8	392.8	- 1.80

b. **CALIDAD PROTEICA.** Este factor fue evaluado mediante comparación con el patrón FAO/OMS (1985). La mezcla nutritiva obtenida reporta una composición de aminoácidos con porcentajes ligeramente superiores al patrón tal como se indicó en el Cuadro 20.

Teniendo en cuenta los aminogramas de las materias primas y las exigencias planteadas por FAO/OMS (1985) puede concluirse que los aportes de la mezcla nutritiva obtenida cumplen con todas las cantidad recomendadas. Cabe destacar que para algunos aminoácidos

esto se hace con suficiencia, como es el caso de la valina, metionina+cistina, fenilalanina+tirosina e isoleucina. Por el contrario otros aminoácidos como leucina, y lisina cumplen el requisito en forma muy ajustada. Intermediando entre las tendencias señaladas tenemos a la histidina y treonina.

- c. **GRASA.** Como se sabe el aporte de grasa de la materia prima no alcanza al 10% recomendado por las normas del CODEX alimentario, lo cual se ve reflejado en el resultado obtenido (2.18%). Este resultado es menor a lo que se desea tener y puede ser corregido si se adiciona grasa vegetal o manteca a la mezcla nutritiva obtenida. Lo cual se vería reflejado principalmente en el incremento de las calorías totales.
- d. **FIBRA Y CENIZA.** Tanto el contenido de fibra como el de cenizas son inferiores al 5% , límite señalado por la referencia anteriormente indicada. Con respecto a la fibra esta se encuentra muy cercana al límite máximo permisible. Esto se debe a que durante el proceso de malteo de los cereales se incrementa la cantidad de celulosa producto de la germinación de los granos.

e. **CARBOHIDRATOS.** Dentro de los carbohidratos es importante el almidón que ha sido hidrolizado por las amilasas durante la germinación y el secado en el proceso de malteo, pero sobre todo durante la gelatinización y el posterior secado en el secador de rodillos.

La cuantificación de los azúcares simples presentes en la mezcla obtenida, se realizó según la metodología descrita en el punto 3.3.1 .

La cantidad de azúcares totales representan el 24.80 % , de los cuales el 43.27% corresponden a los azúcares reductores, que respecto a la mezcla constituyen el 10.73% .

Estos valores sugieren un marcado dulzor en la mezcla nutritiva lo cual favorecerá su posterior utilización.

Durante el secado la sacarosa se incrementa debido a que las enzimas actúan en reverso formando disacáridos a medida que el agua es eliminada (Nieto, 1984).

De igual manera los azúcares reductores cobran gran importancia porque reaccionan con los aminoácidos libres ocasionando en

consecuencia pardeamiento no enzimático, por formación de compuestos melanoidinos (Braverman, 1980). Esta reacción no sólo tiene lugar durante el secado sino también en el posterior almacenamiento, lo que conlleva a tomar las previsiones necesarias durante esta etapa.

- f. **CALORIAS.** La energía expresada en Kcal/100g de mezcla nutritiva es de 392.82 (base seca). Esta cantidad podría ser mayor si se incrementa el porcentaje de grasa en la mezcla nutritiva.

4.6.2 ANALISIS FISICOQUIMICOS

ISOTERMA DE ADSORCION

En la Figura 11 se muestra la isoterma de adsorción de la mezcla nutritiva. Se obtuvo a partir del trazado de los valores de humedad de equilibrio (M) en el producto para cada actividad de agua (Aw), a la temperatura de 25°C. Se observa que la curva presenta la típica forma sigmoidea correspondiente a materiales biológicos. Se caracteriza por tener dos pendientes pronunciadas. Una de ellas es la zona correspondiente a la región de óptima conservación, pues la oxidación ocurre a bajos niveles de humedad (baja Aw). La otra corresponde a la región del oscurecimiento enzimático y

las reacciones microbianas que se suscitan para mayores humedades (Kinsella, 1976).

A partir de los datos obtenidos en la Figura 11 se graficó la ecuación de Brunauer, Emmett y Teller (BET) que se muestra en la Figura 12 con la cual se determinó el valor de la monocapa. Este último indica la cantidad de grupos activos capaces de adsorber agua.

Martínez (1967) indica que las altas temperaturas durante el procesamiento ocasionan el deterioro de algunos grupos activos de la proteínas (aminas) y carbohidratos (oxhidrilos) los cuales son responsables de la adsorción. Esto trae como consecuencia una disminución de la capacidad de adsorción del producto, reduciendose de este modo el valor monomolecular.

Las diferencias en los valores monomoleculares de los productos alimenticios se deben a lo distinto de su composición de proteínas, carbohidratos y grasas. El agua se fija en los grupos polares de ciertos compuestos tales como los grupos NH_2 y COO de las proteínas, los grupos OH de los almidones como también probablemente al agua de cristalización de sales y azúcares (Cheftel, 1976).

El valor monomolecular hallado para el producto es de 5.4 g/100 g m.s. (ver Anexo VIII). Tiene especial importancia, ya que valores mayores al

obtenido, generalmente dentro del área de condensación capilar, pueden provocar deterioro del producto, lo cual debe controlarse con empaques apropiados que mantengan bajos los niveles de humedad relativa (de ser posible menores al 16%) como lo recomienda Vargas (1978).

FIGURA 11. GRAFICA DE LA ISOTERMA DE ADSORCION DE LA
MEZCLA NUTRITIVA
A 25 °C

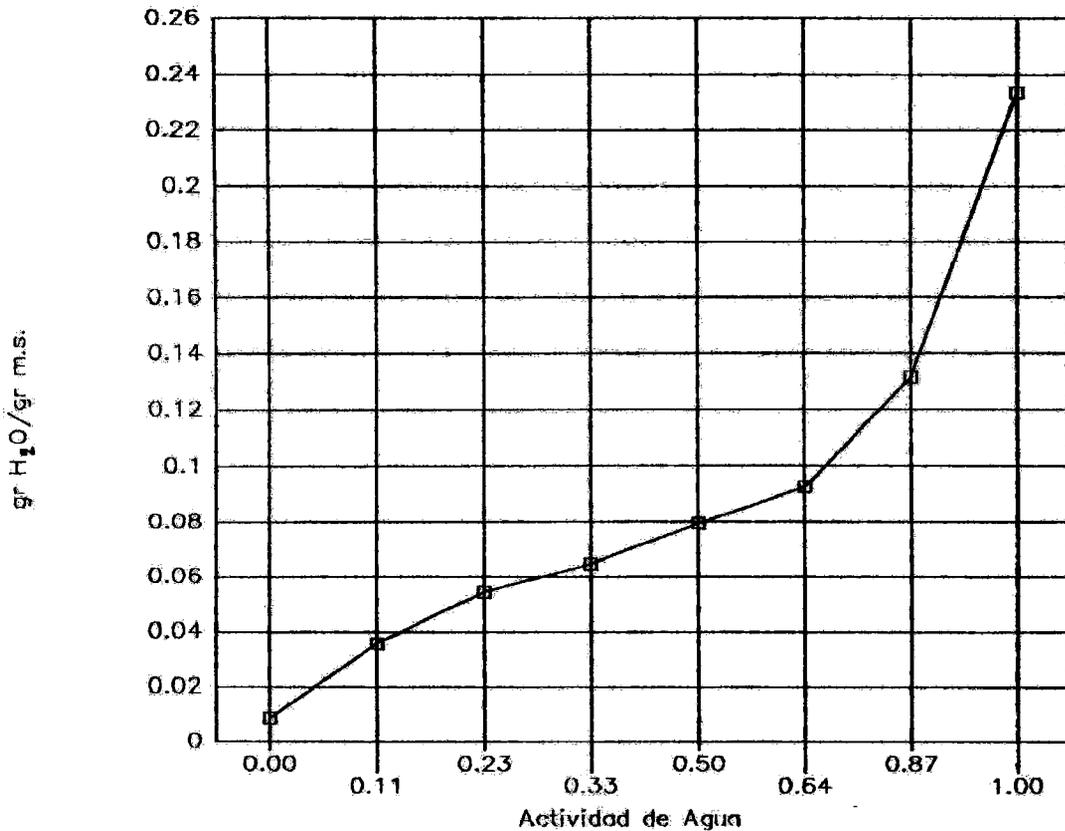
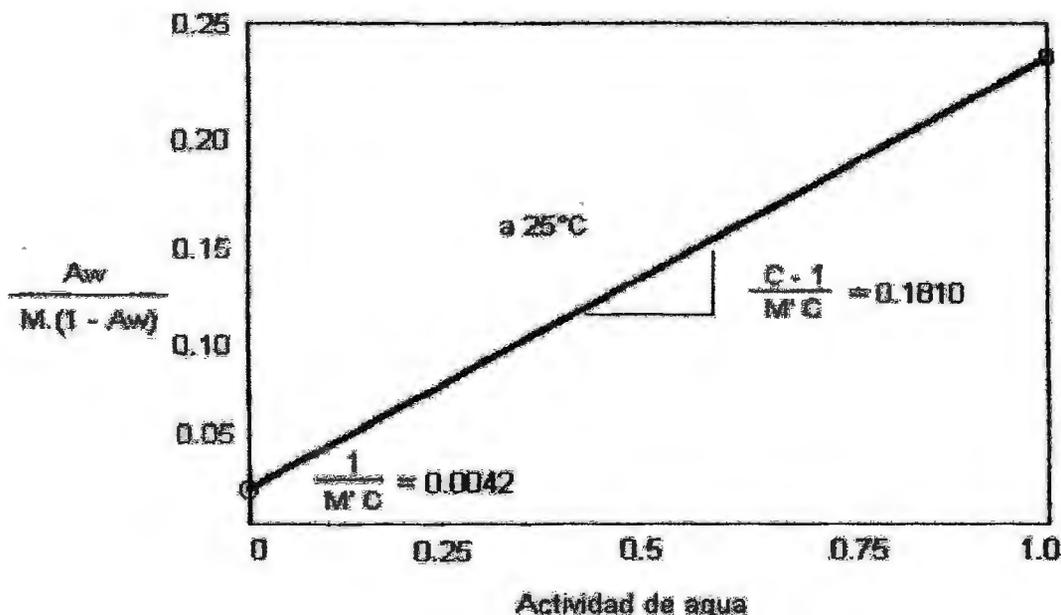


FIGURA 12. GRAFICA DE LA ECUACION DE B.E.T. PARA LA MEZCLA NUTRITIVA



Como referencia, Glorio (1990), reporta un valor monocapa de 5.49 g/100 g m.s para una mezcla secada por rodillos de papa, lupino y huevo. Vargas (1978), para una mezcla instantánea de quinua y soya, también secada por rodillos, reporta un valor monocapa de 5.4 g/100 g m.s. De manera análoga, Vivas (1979), para una mezcla precocida de arroz, quinua y maíz opaco II, obtuvo un valor monocapa de 6.7 g/100 g m.s.

4.6.3 ANALISIS FÍSICOS

VISCOAMILOGRAFÍA

Los almidones modificados y las proteínas absorben agua y se hinchan, ocasionando cambios en las propiedades hidrodinámicas que se reflejan en la consistencia y en el incremento de la viscosidad. Estas propiedades están afectadas por las condiciones de temperatura, concentración y pH del medio.

La viscosidad y las propiedades reológicas relacionadas con el flujo se miden generalmente en suspensiones y pastas utilizando el viscoamilógrafo o farinógrafo (Kinsella, 1976). En el primer método se puede apreciar los cambios de viscosidad que se originan al calentar una suspensión constantemente agitada.

Los gránulos de almidón son completamente insolubles en agua fría, sin embargo ocurren ciertos cambios físicos interesantes cuando se calientan en suspensión. A determinada temperatura, los gránulos se hinchan y luego se inicia la gelatinización del almidón. En la fase final del calentamiento, la viscosidad de la mezcla almidón-agua es alta debido al efecto de aglomeración de los gránulos hinchados. Si la pasta cocida se mantiene a calor y energía mecánica excesivos, los gránulos se rompen y se disperan tornándose nuevamente insolubles y haciéndose menos

viscosa e inestable la estructura de la pasta (Kinght, 1966).

Las suspensiones de almidones que pueden ser mantenidas bajo agitación a altas temperaturas sin perder viscosidad son mezclas que muestran un comportamiento conveniente para la gran variedad de alimentos. Especialmente para los precocidos destinados a bebés.

Con la finalidad de complementar la evaluación del grado de modificación del almidón de la mezcla nutritiva obtenida se realizó el análisis viscoamilográfico.

Para ello se evaluó el comportamiento de las harinas crudas de cebada y quinua, de la mezcla de harina de maltas de cebada y quinua y de la mezcla nutritiva bajo tres efectos:

- (1) a temperatura de calentamiento progresivo desde 25°C hasta 93°C.
- (2) a temperatura constante de 93°C.
- (3) a temperatura de enfriamiento progresivo desde 93°C hasta 25°C (Cuadro 34 y Figura 13).

Cuando el almidón se somete a calentamiento en presencia de suficiente cantidad de agua, la apariencia de los gránulos no cambia hasta que alcanza una temperatura crítica, denominada temperatura de

gelatinización. Ello origina un aumento progresivo del volumen del grano, de la solubilidad del almidón y de la transparencia y viscosidad de la pasta. El proceso continua hasta que alcanza la viscosidad máxima, en cuyo momento las fuerzas de cohesión que mantienen la estructura del gránulo se debilitan hasta el punto que pierde su integridad y la viscosidad comienza a disminuir debido a que se solubilizan gran número de moléculas. Si en este punto se deja enfriar la pasta, las moléculas de amilosa vuelven a asociarse lentamente, formando un precipitado (cristalización) o un gel (formación de red tridimensional) y volviendo a aumentar la viscosidad. A este fenómeno se denomina retrogradación.

El Cuadro 34 y la Figura 13 se observa el comportamiento viscoamilográfico de las distintas muestras evaluadas.

La suspensión de harina de quinua mostró mayor viscosidad (en las tres etapas) que la suspensión de harina de cebada, ambas preparadas a una concentración de 13 g/100 ml. Este hecho podría deberse a que el almidón de quinua contiene una mayor proporción de amilosa que de amilopectina, por lo tanto la viscosidad en las tres etapas es mayor (Cordero, 1989).

La suspensión preparada a partir de la mezcla de maltas de cebada y quinua presentó una menor viscosidad (en las tres etapas) que la harina de quinua

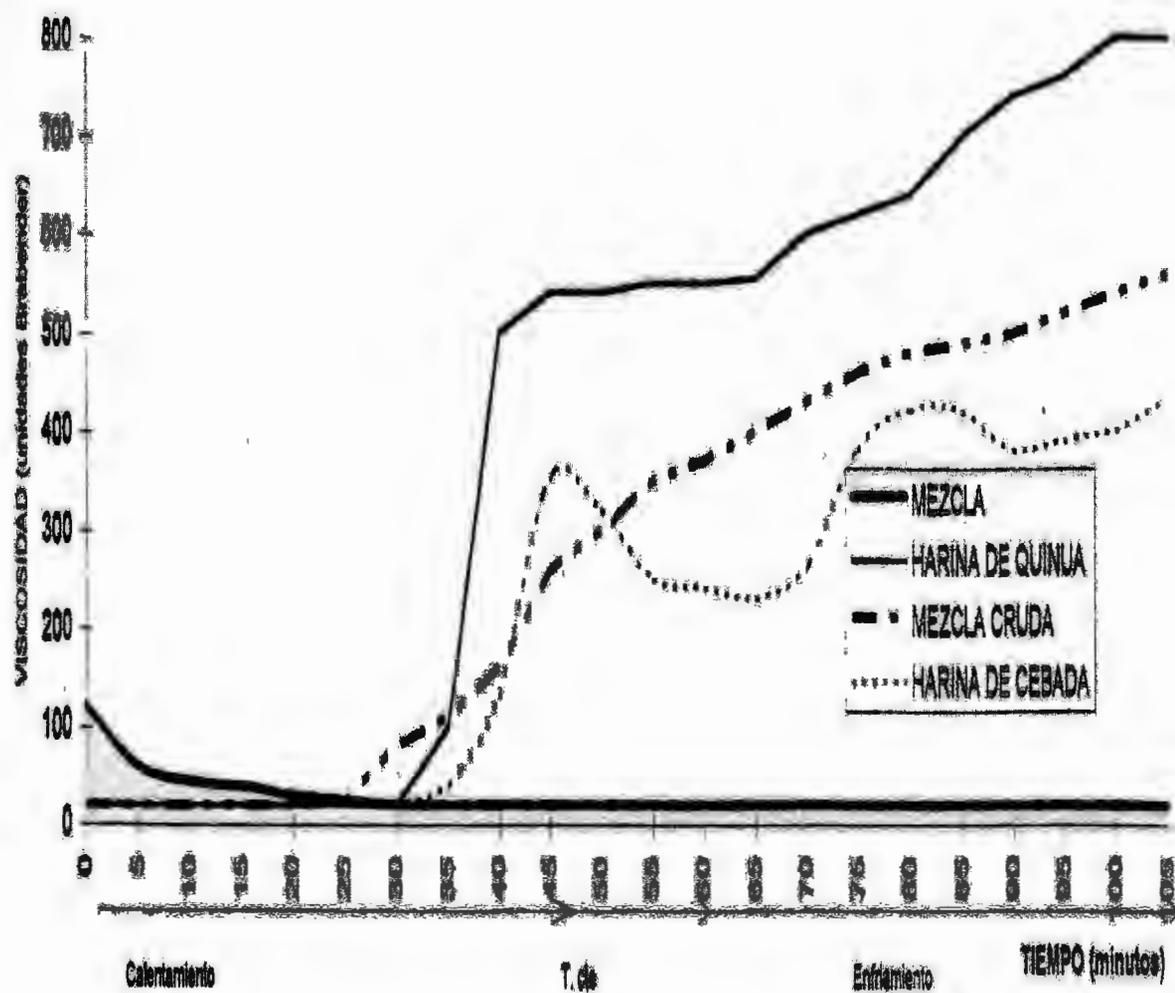
CUADRO 34 COMPORTAMIENTO VISCOAMIOLOGRAFICO DE LAS MUESTRAS

MUESTRAS	HUMEDAD	CONCENTRACION g/100ml	CALENTAMIENTO					TEMPERATURA CONSTANTE		ENFRIAMIENTO (DE 93°C A 25°C)	
			INICIAL	T. DE INICIO DE GELATI NIZACION	MAXIMA		FINAL	MAXIMA	FINAL	MAXIMA	
			VISCOS. (UB)		TEMP. (°C)	VISCOS. (UB)	VISCOS. (UB)	VISCOS. (UB)	VISCOS. (UB)	TEMP. (°C)	VISCOS. (UB)
HARINA DE CEBADA	8.20	13.00	20	73	92	390	390	390	280	25	420
HARINA DE QUINUA	1.85	13.00	20	78	93	560	560	570	570	25	790
MEZCLA: HARINA DE MALTA DE CEBADA CON HARINA DE MALTA DE QUINUA (ANTES DEL SECADO)	5.10	17.40	20	60	93	280	280	380	380	25	550
MEZCLA ALIMENTICIA	3.80	28.00	120	~	25	120	20	20	20	25	20

- 150 -

FIGURA 13

GRÁFICA COMPARATIVA DEL ANÁLISIS VISCOAMIOGRÁFICO PARA LA MEZCLA NUTRITIVA Y SUS COMPONENTES



cruda, pero ligeramente superior a la harina de cebada cruda (en las dos etapas finales). Es decir durante el proceso de malteo parte de los almidones contenidos en cada uno de los granos sufren una degradación enzimática hasta monosacáridos.

La proporción de cebada en la mezcla de maltas es mayor que la proporción de quinua; hecho que también influye en la baja viscosidad de la mezcla sobre todo con respecto a la quinua cruda.

La suspensión preparada con la mezcla nutritiva presentó una viscosidad inicial de 120 UB en comparación a las demás suspensiones. Como consecuencia de que fue sometida a un tratamiento térmico excesivo se ha originado una completa gelatinización durante el proceso generando un aumento de su viscosidad.

Sin embargo conforme se incrementa la temperatura la viscosidad de la mezcla nutritiva disminuye precipitadamente hasta 20 UB. Al respecto, Pardo y Salazar (1973) indican que en la fase de incremento de la temperatura prevalece el efecto de la solubilización en el cual la porción interna liberada es soluble en agua caliente y la viscosidad desciende gradualmente.

Posteriormente esta viscosidad (20 UB) se mantiene sin variar durante las etapas de temperatura constante y la etapa de enfriamiento, observandose que no existe retrogradación. Lo que no ocurre en las tres

muestras anteriores donde si se observa el fenómeno de retrogradación.

Howlin (1974), menciona que uno de los principales problemas del método de secado en tambor caliente es que origina un producto terminado que cuando se mezcla con agua fría se produce una pasta que tiene una textura áspera en el paladar, debido a la presencia de almidón que ha empezado a retrogradarse antes que se seque. Esta textura áspera puede ser anulada cocinando completamente primero el almidón en una paila u olla antes de secarse (gelificación de almidones) como se ha realizado en el presente trabajo de investigación.

Graham (1977), menciona que las suspensiones de almidón cocinadas y deshidratadas en secadores de rodillos sufren gelatinización. Los productos resultantes son solubles en agua fría y capaces de espesar y gelatinizar pero tiene menor poder espesante y menos tendencia a formar gel que el almidón.

Para evitar que los gránulos de almidón hidratados aparezcan como balones colapsados o vidrios rotos después de la reconstitución del producto final obtenido, estos almidones, antes de ser pregelatinizados, deben ser modificados de lo contrario los geles tendrán una apariencia tosca y granulosa. Estas características son indeseables en un alimento reconstituido (especialmente budines y salsas instantáneas).

4.6.3 ANALISIS BIOLÓGICOS.

PER Y DIGESTIBILIDAD

En el Cuadro 35 se muestran los valores obtenidos como resultado de los análisis de Eficiencia Proteica (Protein Efficiency Rate - PER) y de Digestibilidad de la Proteína a la que fue sometida la mezcla nutritiva obtenida. Las raciones empleadas se muestran en el Anexo VII.

CUADRO 35 PRUEBAS BIOLÓGICAS REALIZADAS CON LA MEZCLA NUTRITIVA OBTENIDA

MUESTRA	PER		DIGESTIBILIDAD	
	CORREGIDO	% (1)	%	% (1)
CASEINA	2.54 (2)	100.0	91.0 (2)	100.0
MEZCLA ALI-MENTICIA.	2.32	91.3	88.24	96.0

(1) En relación con la caseína 100%

(2) Valores tomados de FAO (1970)

En general, puede concluirse que los resultados mostrados en el Cuadro 35 son satisfactorios tanto para la eficiencia proteica (PER) como para la digestibilidad.

El valor de la eficiencia proteica (PER) de 2.32 es superior a 2.3 tal como lo especifica la FAO (1982) en el CODEX alimentario. Este valor refleja la

calidad de la proteína de la mezcla nutritiva dado que es superior al 70% de la calidad de la caseína (FAO, 1982).

Se observa que el PER de la mezcla es inferior al valor del PER de la caseína (2.54), por lo tanto esta mezcla no puede ser considerada como alimento destinado a lactantes, de acuerdo con el CODEX para alimentos destinados a este sector poblacional (FAO/OMS, 1982). Se conoce que los requerimientos de aminoácidos esenciales en las ratas en la edad de destete son mucho mayores a los requerimientos de los niños en edad preescolar (2-6 años). Por lo tanto, este sector se puede contar entre los potenciales consumidores de la mezcla nutritiva obtenida.

El valor de digestibilidad de la mezcla nutritiva fue de 88.24%. Al comparar este valor con lo reportado por la FAO (1970) para la caseína que es de 91%, se puede decir que la digestibilidad del producto en estudio es buena y representa el 96.0% respecto a la caseína.

Como lo menciona la FAO/OMS/UNU (1985), las diferencias en digestibilidad pueden deberse a diferencias intrínsecas de las proteínas; naturaleza de la pared celular; presencia de otros factores dietéticos que modifiquen la digestión como la fibra, polifenoles alimentarios incluido el tanino y a

reacciones químicas que alteran la liberación de aminoácidos por procesos enzimáticos.

La buena digestibilidad se debe principalmente a lo suficiente del tratamiento térmico al que fue expuesto el producto para eliminar los diferentes antinutrientes tales como los inhibidores de enzimas proteolíticas (pepsina, tripsina, etc.) que favorece la digestión y mejora el valor nutritivo.

Además como se sabe el valor de la digestibilidad obtenido es reflejo del pretratamiento de las materias primas empleadas como lo es el Proceso de Malteo que sugiere un incremento de este valor dada la hidrólisis enzimática que se produce durante el proceso.

El tratamiento adecuado favorece la gelatinización de los almidones mejorando la digestión de los carbohidratos. Así mismo las proteínas sufren una ligera desnaturalización que las hace más susceptibles al ataque de las enzimas digestivas, propiciando de este modo la asimilación de los aminoácidos (Kamishikiriyo y Olivares, 1984).

4.7 ANALISIS SENSORIAL

La mezcla obtenida fue analizada sensorialmente con el objeto de evaluar en forma comparativa sus

atributos sensoriales siguiendo la metodología descrita en 3.9.

El objetivo fue determinar si existe una diferencia significativa entre las tres muestras para cada atributo sujeto de análisis.

Haciendo uso del formato de evaluación detallado en el Anexo IX., se obtuvieron los resultados para cada atributo en las muestras evaluadas, los cuales se reportan en el Anexo X.

Los resultados de esta prueba de preferencia fueron analizados estadísticamente utilizando para ello el análisis de varianza indicado en el punto 3.9. En los anexos XI y XII se detallan los valores producto de este análisis.

Estos resultados luego de ser analizados nos llevan a las siguientes conclusiones:

El análisis de varianza con respecto al color y olor, nos muestra que para una probabilidad menor a 0.05 no existen diferencias significativas en ambos atributos para las tres muestras evaluadas, encontrándose que la puntuación obtenida fue de 4 en promedio, correspondiente en la escala hedónica al calificativo de: Gusta moderadamente.

Para el mismo nivel de probabilidad y respecto del atributo sabor, una de las alternativas tiene mejor sabor que las dos restantes. Se trata de aquella que

contiene leche y azucar, la cual, en promedio, tiene un calificativo de 4, equivalente a Gusta moderadamente. Cabe comentar que la alternativa que contiene únicamente mezcla y agua mereció en promedio un puntaje de 2.6 que la califica entre No gusta ni disgusta (3) y Disgusta moderadamente (2).

En el caso de la textura, el análisis revela que para una probabilidad de 0.05 no existen diferencias significativas entre las tres muestras evaluadas, encontrándose que el puntaje obtenido fue de 4 en promedio, correspondiente en la escala hedónica al calificativo de: Gusta moderadamente.

El análisis estadístico revela que existe una alternativa que destaca en el atributo de aceptabilidad general distinguiéndose de las demás. Se trata de la alternativa que contiene leche y azucar, la cual recibe en promedio un calificativo de 4.62, más próximo a Gusta mucho que a Gusta moderadamente. En cuanto a las dos alternativas restantes, sus promedios de 3.2 y 3.6 indican que no resultan desagradables pero tampoco son muy agradables. En conclusión, el panel prefiere consumir la mezcla nutritiva mezclada con leche y con un complemento de azúcar. Se recomienda por lo tanto, que esta sea la forma de consumo de la mezcla nutritiva obtenida.

V. CONCLUSIONES

1. Se demuestra la factibilidad de elaborar mezclas nutritivas a base de harinas de cebada y quinua malteadas, en proporciones tales que cumplan el aminograma recomendado por la FAO/OMS (1985).
2. Se comprobó la efectividad de los métodos de malteo para cebada y quinua mediante la determinación del valor de extracto en harinas finas y los valores del rendimiento de la operación de malteo.
3. Se comprobó que la composición química proximal de la mezcla nutritiva puede ser calculada con una mínima variación al ser comparada con resultados experimentales. Para el cálculo se utilizó un algoritmo basado en programación lineal.
4. El proceso de gelatinización previo a la deshidratación en el secador de rodillos (calentamiento controlado de la suspensión hasta 60°C) contribuyó notablemente a mejorar las características reológicas de la mezcla, además de favorecer la modificación de los almidones.

5. Las condiciones de secado óptimo se consiguieron para un porcentaje de sólidos totales de 36.70% luego del tratamiento térmico. Esto corresponde a un porcentaje de sólidos solubles iniciales de 35% que por evaporación durante el tratamiento térmico de gelatinización perdió agua hasta alcanzar 36.70%.

6. La mezcla nutritiva obtenida presentó un aceptable composición química. El aminograma teórico cumple con las especificaciones dadas por la FAO/OMS (1985). La proporción de proteína fue de 17.43 g/100g de materia seca, y la energía total de 392.82 Kcal/100g de producto en base seca.

7. La calidad nutritiva de la mezcla es buena pues presentó un cómputo químico teórico de 100 %, una eficiencia proteica (PER) de 2.32 y un valor de digestibilidad de 88.24% .

8. El valor de monocapa correspondiente para la mezcla nutritiva fue de 5.4 g de agua por cada 100g de materia seca, lo que sugiere su almacenamiento en atmósferas de baja humedad relativa (menores a 16% de humedad relativa) o al vacío y empaques impermeables a la humedad, para su mejor conservación.

10. Las características organolépticas del producto evaluadas con consumidores no entrenados han sido encontradas satisfactorias, alcanzando un puntaje de 4.62 en una escala hedónica del 1 al 5, con una adición de leche y azúcar.

VI . RECOMENDACIONES

1. Obtener el aminograma experimental de la mezcla alimenticia elaborada para ser comparado con el aminograma teórico producto del algoritmo de programación lineal.
2. Realizar análisis físicos complementarios a los efectuados en esta tesis para determinar la instantaneidad de la mezcla alimenticia.
3. Realizar el estudio de almacenamiento y conservación del producto mediante el uso de antioxidantes y materiales de empaque que garanticen su adecuada protección.
4. Elaborar productos formulados utilizando como materias primas otras combinaciones de cereales malteados.
5. Realizar una evaluación económica financiera que muestre la factibilidad de la producción comercial del producto.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. A.A.C.C. 1969. American Association of Cereal Chemists Approved Methods. USA.
2. A.O.A.C. 1984. Official Methods of Analysis of the Association. Official Analytical Chemist. Fourteenth Edition. Virginia. USA.
3. A.S.B.C. 1958. American Society of Brewing Chemists, Methods of Analysis.
4. ASOCIACION DE MAESTROS CERVECEROS DE LAS AMERICAS. 1978. El cervecero en la práctica. Segunda edición. Gráficas del Sur. Venezuela.
5. ASOCIACION LATINOAMERICANA DE FABRICANTES DE CERVEZA. 1980. Traducción de "Le Petit Journal de Brasseur". Serie Materias Primas. Doc. 102. Bruselas, Bélgica.
6. ARAYA, H. L. 1984. Análisis del Significado Práctico de los requerimientos de aminoácidos en la Nutrición Humana. Arch. Lat. de Nutrición. Vol. 34-630.
7. BANASIK O. J. 1980. Cereal Technology Methods. Dept. of Cereal Chemistry and Technology North Dakota State University. U.S.A.
8. BENGOA H. Gaby. 1981. Elaboración de sopas deshidratadas a partir de arroz, quinua y frijol castilla. Tesis FIAL - UNALM.

9. **BENVENUTO R. D.** 1987. Elaboración de una mezcla a base de quinua (*Chenopodium quinoa willd*). Tesis FIAL - UNALM.
10. **BRAVERMAN J.** 1980. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. Edit. Omega S.A. Barcelona - España.
11. **BRENNAN, J. BUTTERS, J. COWELL, N., LILLY, A.** 1980. Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Edit Acribia. Zaragoza - España.
12. **BRESSANT, R.** 1976. Valor nutritivo de mezclas vegetales. Inter Science 1(1).
13. **BRICEÑO, Y. SCARPATI, E.** 1980. Evaluación de la Composición Química y Nutricional de algunas entradas de quinua del banco de germoplasma de la Universidad Técnica del Altiplano. Anales Científicos. UNA La Molina.
14. **BUENDIA, L.** 1981. Evaluación de la calidad de harinas compuestas durante el almacenamiento en envases plásticos. Tesis FIAL - UNALM.
15. **CALZADA, J. B.** 1979. Métodos Estadísticos para la Investigación. Milagros S.A. Lima.
16. **CHEFTEL, J. Y CHEFTEL H.** 1976. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
17. **COLLAZOS, CH., WHITE, P., WHITE, H., VIÑAS, E., ALVISTUR, E., URQUIETA, R., VASQUEZ, J., DIAS, C.** 1975. La composición de los Alimentos Peruanos. Ministerio de Salud.

Instituto Nacional de Salud e Instituto de Nutrición. Lima - Perú.

18. CORDERO, C. 1989. Elaboración de una mezcla instantánea a base de maíz amarillo duro, quinua, soya, zanahoria y espinaca. Tesis FIAL - UNALM.
19. COSTELL Y DURAN. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. I. Introducción. Revista agroquímica de tecnología de los alimentos. 21(1).
20. COSTELL Y DURAN. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos: II. Planeamiento y planificación: Selección de pruebas. Revista agroquímica de tecnología de los alimentos. 21(2).
21. COSTELL Y DURAN. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos: III. Selección de jueces y diseño estadístico. Revista agroquímica de tecnología de los alimentos. 21(4).
22. COSTELL Y DURAN. 1982. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. IV. Realización y análisis de datos. Revista agroquímica de tecnología de los alimentos. 22(1).
23. DE LA CRUZ FERNANDEZ, E. 1991. Determinación de la calidad sensorial de yogurth natural y/o

saborizado mediante pruebas descriptivas.
Tesis FIAL - UNALM.

24. FAO. 1970. Contenido de aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas. ONU, Roma.
25. FAO/OMS. 1972-1982. Normas del Codex para Regímenes especiales para lactantes y niños de corta edad. Programa conjunto FAO/OMS sobre Normas alimentarias. Comisión del Codex Alimentarius. Roma- Italia.
26. FAO/OMS/ONU. 1985. Necesidades de energía y proteínas. Informe de la reunión consultiva conjunta de expertos. Ginebra.
27. FENNEMA, O. 1985. Introducción a la Ciencia de los Alimentos. Editorial Reverté S.A. España.
28. FONSECA, C. 1985. Evaluación del rendimiento y del contenido de proteínas del grano de la variedad de quínoa "Blanca de Junín". Tesis FIAL - UNALM.
29. GELINEAU, G. 1980. La germinación en la alimentación. Ed. Grafson S.A. Barcelona , España.
30. GLORIO, P. 1990. Evaluación de la calidad de deshidratado a base de Papa (*Solanum tuberosum*), Lupino (*Lupinus mutabilis*) y Huevo. Tesis FIAL - UNALM.
31. GONZALES R. DEL RIO, D., ANDRICH, O., SANCHEZ, H., AEBERHAD, C. 1977. Los Subproductos

- Oleaginosos como Fuente Proteica en la Alimentación Humana. Revista de Tecnología de Alimentos 2 (1). Argentina.
32. GRAHAM, H. ERWIN, H. 1977. Food Coloids. ABI. Publicaciones Westport, Conn.
 33. GUERRERO, D. 1989. Obtención de un aislado proteico a partir de germen de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) desgrasado. Tesis FIAL - UNALM.
 34. HUAPAYA , M. 1990. Elaboración de una bebida proteica base de arroz, kiwicha, soya y frutos. Tesis FIAL - UNALM,
 35. HOWLIN D. 1974. Modified Starches for the Food Industry. Food Technology in Australia. Vol. 26 No. 10. Australia.
 36. IBAÑEZ, M. 1986. Determinación de parámetros de malteo en 10 genotipos de cebada en grano desnudo (*Hordeum vulgare*). Tesis FIAL - UNALM.
 37. INSTITUTO DE INVESTIGACION TECNOLOGICA INDUSTRIAL Y DE NORMAS TECNICAS - ITINTEC. 1980. Lima. Perú.
 38. KAMISHIKIRIYO, I. Y OLIVARES, R. 1983. Investigación científica y tecnológica en mezclas vegetales enriquecidas de alto valor nutritivo. Derivados de la Soya. Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial. Lima. Perú.

39. KENT, N. L. 1971. Tecnología de los cereales. Editorial Acribia - España.
40. KNIGHT, J. W. 1969. The Starch Industry. Primera Edition.
41. KINSELLA, J. 1976. Functional Properties of Proteins in Foods: A Survey. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 7 (3).
42. LABUZA, T. 1973. Effects of dehydration and storage Food Technology 27 (3).
43. LONCIN, M. 1965. Técnicas de la Ingeniería Alimentaria. Ed. Dossat. Madrid.
44. LOPEZ DE ROMAÑA, G., GRAHAM, G. MORALES, E. MASSA, E. MACLEAN, W. 1986. Digestibilidad y calidad proteínica de la quinua. Instituto de Investigación Nutricional.
45. MARTINEZ, F. 1967. Estudio de la Relación Humedad - Actividad de Agua en Algunos Alimentos. Análisis Científicos de la U.N.A. La Molina.
46. MINAYA, I. 1981. Sub-proyecto Industrialización del grano de quinua: eliminación de la saponina por el método seco. Fondo Simón Bolívar e Instituto de Investigaciones Agroindustriales. Lima - Perú.
47. MINAYA, I. 1986. La quinua en el departamento de Puno. Elemento Peruana. S.A.
48. MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1990. Oficina Sectorial de Estadística Agraria.

49. MUÑOZ, A. 1979. Evaluación Química, Bromatológica y Nutricional de las Combinaciones de Papa, Tarwi, Quinua y Cebada. Tesis U.N.A. La Molina. Lima. Perú.
50. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1990. Feed Industry Red Book. National Academy of Science. USA. Edition.
51. NIETO , A. 1984. Efecto del malteo sobre la composición química de la quinua (*Chenopodium quinoa willd*). Tesis FIAL - UNALM,
52. ORDOÑEZ P. A. 1985. Manual de Prácticas de Nutrición Avanzada. U.N. José Faustino Sanchez Carrión. Perú.
53. PARDO, C. Y SALAZAR, T. 1973. Estudio de seis métodos analíticos para la medida del grado de modificación del almidón en harinas precocidas. Revista del I.I.T. No. 82. Bogotá. Colombia.
54. PAREDES, E. 1982. Proyecto IV. Caso Peruvita. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de Alimentos. Lima. Perú.
55. PERALTA, A. 1979. Influencia del Lavado en la utilización de las proteínas del grano de la Quinua por la rata. Tesis U.N.A. La Molina. Lima . Perú.
56. POMERANZ, Y. 1975. From Barley to Beer. A Biochemical Study. Boletín de la Association of Operative Millers.

57. RAMIREZ, P. 1982. Relaciones entre el valor del extracto de malta y otros parámetros en 30 genotipos de cebada. Tesis FIAL - UNALM.
58. REPO-CARRASCO, R. 1992. Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil. C.C.T.A. Lima. Perú.
59. RISI, M. A. T. 1984. Estudio de la Calidad Maltera de Variedades de Cebada nacional mediante Pruebas de Micromalteo. Tesis U.N.A. La Molina. Lima. Perú.
60. ROMERO, A., BACIGALUPO, A., BRESSANI, R. 1985. Efecto de la Extrusión sobre las características funcionales y la calidad proteínica de la Quinua. Archivo Latinoamericano de Nutrición. Vol. XXXV.
61. ROMERO, M. 1976. El problema de los cereales en el Perú. Conferencia de Prensa. Lima. Perú.
62. SCARPATTI, Z. 1978. Aislamiento y caracterización del almidón de quinua y cañihua. Resúmenes CONACITA LA Molina. Lima . Perú.
63. SWASON, A. F. 1955. Producción y utilización de cebada y malta en el Perú. Programa cooperativo de experimentación agropecuaria.
64. TAPIA, M. GANDAVILLAS, N., ALANDIA, S., CARDOZO, A., SALAS, B., SANABRIA, E. 1979. Quinua y Kañiwa. Cultivos Andinos. Centro Internacional de Investigaciones par el Desarrollo e Instituto Iberoamericano de

Ciencias Agrícolas. Edit. IICA. Bogotá.
Colombia.

65. Universidad Nacional Agraria. Análisis de alimentos. Manual de prácticas. Dpto. de T.A.P.A., Lima-Perú.
66. VARGAS S. R. 1978. Elaboración de una mezcla alimenticia a base de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y soya. Tesis FTAL - UNALM.
67. VIVAS, M. 1979. Estudio Técnico para la Obtención de una mezcla precocida para consumo humano. Tesis U.N.A. La Molina. Lima. Perú.
68. ZAPATA, A.S.M. 1978. Evaluación de las amilasas y su efecto en la harina y hojuelas instantáneas de camote. Tesis U.N.A. La Molina. Lima. Perú.

VIII.

ANEXOS

ANEXO I

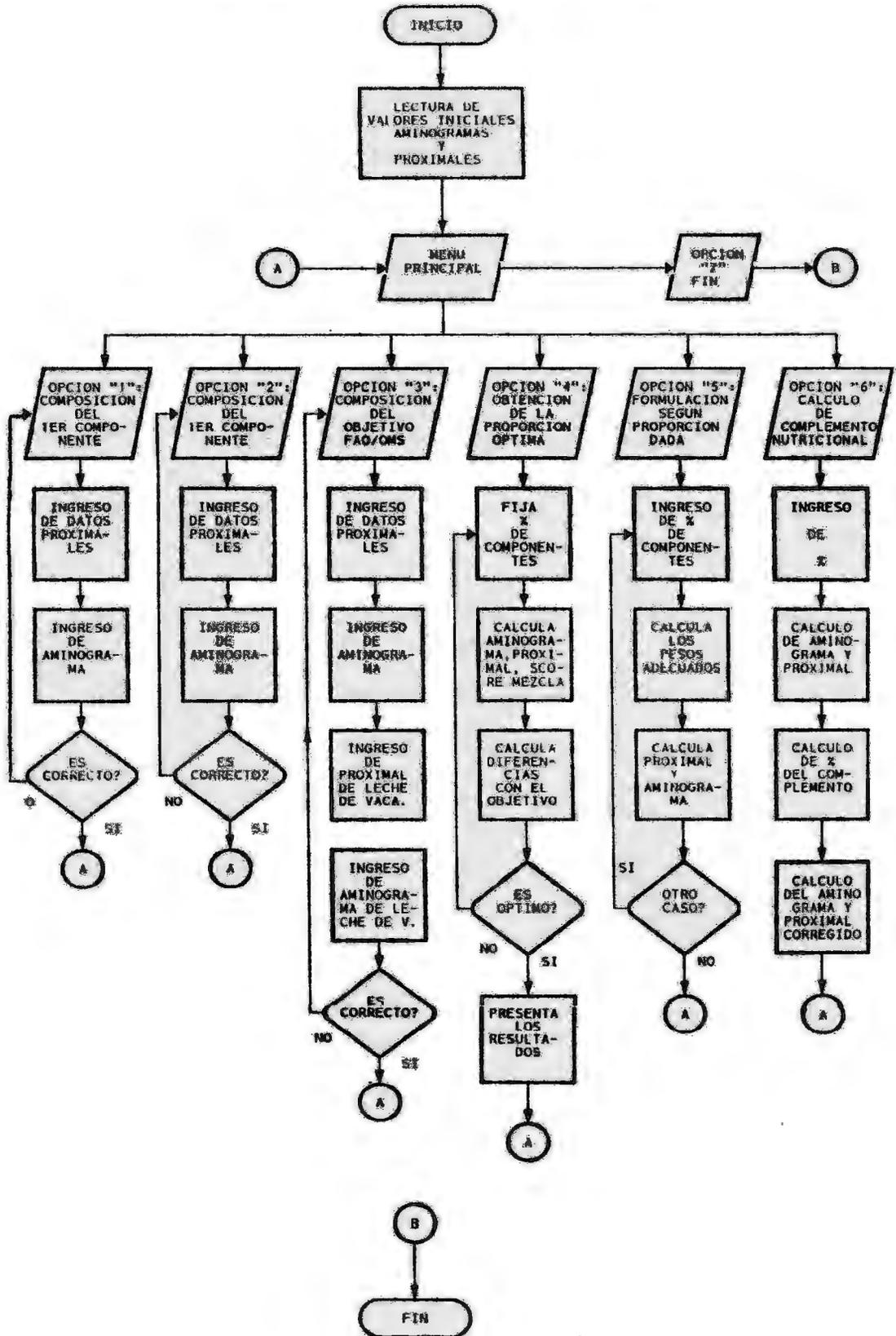
CONTENIDO

- I - 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROGRAMA MALTAMIX

- I - 3 PROGRAMA "MALTAMIX" PARA CALCULAR EL VALOR
 PROTEICO DE LA MEZCLA NUTRITIVA, EMPLEANDO EL
 PATRON DE REFERENCIA FAO/OMS (1985)

- I - 12 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OPTIMIZACION

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LA MEZCLA OPTIMA DE CEBADA Y QUINUA MALTEADAS



**PROGRAMA "MALTAMIX" PARA CALCULAR EL VALOR PROTEICO DE
LA MEZCLA NUTRITIVA, EMPLEANDO EL PATRON DE REFERENCIA
FAO/OMS (1985)**

10 REM (C) Jenny del Carmen Valdez Arana
11 REM TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
12 REM FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS - UNALM - 1994
40 REM aminoacidos
50 DATA "Fenilalanina + Tirosina", "Histidina", "Isoleucina"
52 DATA "Leucina", "Lisina", "Metionina + Cistina"
54 DATA "Treonina", "Valina"

60 REM aminoacidos cebada malteada base seca q/100g proteina
62 DATA 8.96 , 3.37 , 5.59
64 DATA 9.43 , 7.08 , 5.12
66 data 5.39 , 7.41

70 REM aminoacidos quinua malteada base seca q/100g proteina
72 DATA 6.70 , 2.50 , 3.60
74 DATA 6.10 , 5.60 , 4.40
76 data 3.60 , 5.10

80 REM aminoacidos requerimiento minimo FAO base seca q/100g proteina
82 DATA 6.80 , 2.30 , 3.70
84 DATA 8.00 , 6.20 , 3.40
86 DATA 3.90 , 4.50

88 REM aminoacidos leche entera de vaca en base seca q/100g proteina

90 DATA 10.20 , 2.20 , 4.70
92 DATA 9.50 , 7.80 , 3.35
94 DATA 4.40 , 6.40

98 DIM AMINO\$(10), CAMINO(10), QAMINO(10), LAMINO(10), DAMINO(10), ANINO(10)
99 DIM PROXI\$(6), CPROXI(6), QPROXI(6), LPROXI(6), DPROXI(6), PROXI(6), R(10), L(10)

100 FOR I = 1 TO 8 : READ AMINO\$(I) : NEXT I
110 FOR I = 1 TO 8 : READ CAMINO(I) : NEXT I
120 FOR I = 1 TO 8 : READ QAMINO(I) : NEXT I
130 FOR I = 1 TO 8 : READ LAMINO(I) : NEXT I
132 FOR I = 1 TO 8 : READ DAMINO(I) : NEXT I

140 REM ANALISIS PROXIMALES (en base seca)
142 DATA "Proteina", "Carbohidratos", "Grasa", "Fibra", "Ceniza"

150 REM CEBADA
152 DATA 14.84 , 77.13 , 1.65 , 3.85 , 2.53

160 REM QUINUA
162 DATA 16.10 , 68.86 , 7.64 , 5.22 , 2.18

170 REM requerimiento minimo segun FAO
172 DATA 15.00 , 72.00 , 3.00 , 5.00 , 5.00

180 REM LECHE ENTERA DE VACA
182 DATA 26.90 , 39.00 , 26.90 , 0.00 , 7.20

190 FOR I = 1 TO 5: READ PROXI(I): NEXT I
192 FOR I = 1 TO 5: READ CPROXI(I): NEXT I
194 FOR I = 1 TO 5: READ QPROXI(I): NEXT I
196 FOR I = 1 TO 5: READ LPROXI(I): NEXT I
198 FOR I = 1 TO 5: READ DPROXI(I): NEXT I

999 REM 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

1010 CLS

1015 PRINT *
1016 PRINT *
1019 PRINT *
1020 PRINT *
1021 PRINT *
1022 PRINT *
1023 PRINT *
1024 PRINT *
1025 PRINT *
1026 PRINT *
1027 PRINT *
1028 PRINT *
1029 PRINT *
1030 PRINT *
1031 PRINT *
1032 PRINT *
1033 PRINT *
1034 PRINT *
1035 PRINT *
1036 PRINT *
1037 PRINT *
1038 PRINT *

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LA MEZCLA OPTIMA
EN BASE A QUINUA Y CEBADA MALTEADAS

MENU PRINCIPAL

Pulse el número que corresponde a la opción deseada

- [1] Composición del 1er componente (Malta de CEBADA)
- [2] Composición del 2do componente (Malta de QUINUA)
- [3] Composición del objetivo (Patrón FAO/OMS)
- [4] Cálculo de las proporciones óptimas
- [5] Formulación segun composición dada
- [6] Cálculo de complemento nutricional

[7] FIN DEL PROGRAMA

Jenny del Carmen Valdez Arana - 1994

1039 PRINT
1099 REM
1100 MENU\$ = INPUT\$(1): MENU = VAL(MENU\$)
1120 ON MENU GOTO 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000
1180 GOTO 1100

2000 REM
2001 CLS

2002 REM 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

2010 PRINT *

MENU # 1*

2015 PRINT

2020 PRINT * COMPOSICION DEL PRIMER COMPONENTE (Malta de CEBADA)*

2030 PRINT "Cada 100 gramos de cebada malteada contienen en base seca:"

2040 S = 0: FOR I = 1 TO 5

2050 PRINT USING "\ \"; PROXI(I); "=";

2052 PRINT USING "###.##"; CPROXI(I);

2054 PRINT "% "; : INPUT X

```
2060 IF X <= 0 THEN CPROXI(I) = X
2065 S = S + CPROXI(I)
2068 NEXT I
2070 PRINT "OTROS COMPONENTES = ";
2075 PRINT USING "###.##"; 100 - S; : PRINT " % "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
2080 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 2030
```

```
2090 PRINT "AMINOGRAMA: para 100g de proteina en base seca"
```

```
2100 FOR I = 1 TO 8
2105 PRINT USING "\          \"; AMINO$(I);
2106 print "=";
2107 PRINT USING "###.##"; CAMINO(I);
2109 PRINT "g:"; : INPUT X
2110 IF X > 0 THEN CAMINO(I) = X
2120 NEXT I
2165 PRINT "¿Es correcto lo anterior "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
2170 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 2090
```

```
2999 GOTO 1010
```

```
3000 REM
```

```
3001 CLS
```

```
3002 REM Donde se encuentran los datos de los componentes de la muestra de
```

```
3010 PRINT "          MENU # 2"
```

```
3015 PRINT
```

```
3020 PRINT "          COMPOSICION DEL SEGUNDO COMPONENTE (Malta de QUINDA)"
```

```
3030 PRINT "Cada 100 granos de QUINDA MALTEADA contienen en base seca:"
```

```
3040 S = 0: FOR I = 1 TO 5
```

```
3050 PRINT USING "\          \"; PROXI$(I); "=";
```

```
3052 PRINT USING "###.##"; QPROXI(I);
```

```
3054 PRINT " % "; : INPUT X
```

```
3060 IF X <= 0 THEN QPROXI(I) = X
```

```
3065 S = S + QPROXI(I)
```

```
3068 NEXT I
```

```
3070 PRINT "OTROS COMPONENTES = ";
```

```
3075 print using"###.##"; 100 - S;:print " % "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
```

```
3080 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 3030
```

```
3090 PRINT "AMINOGRAMA: para 100g de proteina en base seca"
```

```
3100 FOR I = 1 TO 8
```

```
3105 PRINT USING "\          \"; AMINO$(I);
```

```
3106 print "=";
```

```
3107 PRINT USING "###.##"; QAMINO(I);
```

```
3109 PRINT "g:"; : INPUT X
```

```
3110 IF X > 0 THEN QAMINO(I) = X
```

```
3120 NEXT I
```

```
3165 PRINT "¿Es correcto lo anterior "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
```

```
3170 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 3090
```

```
3999 GOTO 1010
```

```
4000 REM
```

```
4001 CLS
4002 REM Composicion de leche entera de vaca para 100g de proteina en base seca
4010 PRINT "
4015 PRINT
4020 PRINT " COMPOSICION DE OBJETIVO (Requerimientos minimos segun FAO/CMS)"
4030 PRINT "Cada 100 granos del OBJETIVO contienen en base seca:"

4040 S = 0: FOR I = 1 TO 5
4050 PRINT USING "\ \"; PROXI$(I); "=";
4052 PRINT USING "###.##"; LPROXI(I);
4054 PRINT "% "; : INPUT X
4060 IF X <> 0 THEN LPROXI(I) = X
4065 S = S + LPROXI(I)
4068 NEXT I
4070 PRINT "OTROS COMPONENTES = ";
4075 print using "###.##";100 - S;:print " % "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
4080 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 4030

4090 PRINT "AMINOGRAMA: para 100g de proteina en base seca"

4100 FOR I = 1 TO 8
4105 PRINT USING "\ \"; AMINO$(I);
4106 print "=";
4107 PRINT USING "###.##"; LAMINO(I);
4109 PRINT "g "; : INPUT X
4110 IF X > 0 THEN LAMINO(I) = X
4120 NEXT I
4165 PRINT "¿Es correcto lo anterior "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
4170 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 4090

4401 CLS
4420 PRINT " COMPOSICION DEL COMPLEMENTO (LECHE ENTERA DE VACA)"
4430 PRINT "Cada 100 granos de LECHE ENTERA contienen en base seca:"

4440 S = 0: FOR I = 1 TO 5
4450 PRINT USING "\ \"; PROXI$(I); "=";
4452 PRINT USING "###.##"; DPROXI(I);
4454 PRINT "% "; : INPUT X
4460 IF X <> 0 THEN DPROXI(I) = X
4465 S = S + DPROXI(I)
4468 NEXT I
4470 PRINT "OTROS COMPONENTES = ";
4475 print using "###.##";100 - S;:print " % "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
4480 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 4430

4490 PRINT "AMINOGRAMA: para 100g de proteina en base seca"

4500 FOR I = 1 TO 8
4505 PRINT USING "\ \"; AMINO$(I);
4506 print "=";
4507 PRINT USING "###.##"; DAMINO(I);
4509 PRINT "g "; : INPUT X
4510 IF X > 0 THEN DAMINO(I) = X
4520 NEXT I
4565 PRINT "¿Es correcto lo anterior "; : INPUT "[Si/No]? ", SINO$
4570 IF SINO$ = "N" OR SINO$ = "n" OR SINO$ = "NO" OR SINO$ = "no" THEN 4490
```

4999 GOTO 1010

5000 REM

5001 CLS

5002 REM 0.....1.....2.....3.....4.....5.....6.....7.....8

5010 PRINT " MENU # 4"

5015 PRINT

5100 PRINT " OBTENCION DE LAS PROPORCIONES OPTIMAS"

5200 SUM = 2000: XOPT = 2000: YOPT = 2000 :BP=0

5205 REM

5210 FOR I = 0 TO 100

5212 IF I - 5 * INT(I / 5) <> 0 THEN 5220

5213 INPUT "

Presione [ENTER]"

SING\$

5214 PRINT " |%CEB|%QUI";

5215 FOR K = 1 TO 8: PRINT USING " | \ " %? AMINO\$(K); : NEXT K: PRINT " %? "

5217 PRINT " %? "

5219 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING " | \ " %? PROXI\$(K); : NEXT K: PRINT

5220 X = I / 100: Y = (100 - I) / 100

5226 PRINT USING " |###" %? 100 * %? 100 * Y;

5230 REM analisis proximal

5240 FOR K = 1 TO 5: PROXI(K) = CPROXI(K) * X + QPROXI(K) * Y: NEXT K

5242 REM energia

5244 ENER = 4*PROXI(1)+4*PROXI(2)+9*PROXI(3)

5250 REM aminoacidos

5260 FOR K = 1 TO 8

5270 AMINO(K) = CAMINO(K) * X + QAMINO(K) * Y

5280 NEXT K: SUNDIF = 0

5290 FOR K = 1 TO 8

5375 rem SUNDIF = ABS(LAMINO(K) - AMINO(K)) + SUNDIF

5376 SUNDIF = (ABS(LAMINO(K)-AMINO(K))+LAMINO(K)-AMINO(K))/2 + SUNDIF

5378 NEXT K

5379 IF SUNDIF < SUM THEN SUM = SUNDIF: XOPT = X: YOPT = Y

5380 REM halla Score o Compute quimico

5381 SCORE=AMINO(1)/LAMINO(1)*100:LX=0

5382 FOR L=1 TO 9

5384 YX=AMINO(L)/LAMINO(L)*100

5386 IF SCORE>YX THEN SCORE=YX:LX=L

5388 NEXT L

5389 IF BP=0 AND ABS((SCORE-100))<=0.2 THEN BEEP:BEEP:BEEP:BP=1

5390 REM halla NDCals

5395 NDCALS=SCORE^2*400*PROXI(1)*(54*ENER-400*PROXI(1))/(ENER^2)/(54*SCORE-400)/100

5399 REM ***** PRESENTACION DE RESULTADOS *****

5400 FOR K = 1 TO 8: PRINT USING " |###.##" AMINO(K); : NEXT K: PRINT " %? "

5410 PRINT " %? "

5430 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING " |###.##" PROXI(K); : NEXT K: PRINT

5440 PRINT " Dif=";:print using "###.##[" SUNDIF;:PRINT AMINO\$(LX);"]";

```
5442 PRINT " Score=";:PRINT USING "###.##"; SCORE;
5450 PRINT " Energía=";:PRINT USING "###.###";ENER;
5452 PRINT " NDCals$=";
5454 PRINT USING "###.###";NDPCALS
```

```
5510 NEXT I
```

```
5600 PRINT "          ***** PRESIONE [S] PARA CONTINUAR *****"
5601 Z$=INPUT$(1):IF Z$="s" OR Z$="S" THEN 5603
5602 GOTO 5601
5603 CLS
5604 FOR IJ=1 TO 6:PRINT:NEXT IJ
5607 PRINT "
5608 PRINT "
5609 PRINT "          EL OPTIMO ES ;CEBADA";
5610 print using "###.##"; 100 * XOPT;
5620 print "% QUINUA ";
5630 print using "###.##"; 100 * YOPT;:print "% |"
5635 PRINT "
5640 PRINT "
```

```
5700 FOR IJ=1 TO 6:PRINT:NEXT
```

```
5702 INPUT "          Presione [enter]", SINO$
```

```
5999 GOTO 1010
```

```
6000 REM
```

```
6001 CLS
```

```
6002 REM 0....+....1....+....2....+....3....+....4....+....5....+....6....+....7....+....8
```

```
6010 PRINT "          MENU # 5"
```

```
6015 PRINT
```

```
6100 PRINT "          FORMULACION EN PROPORCIONES DADAS"
```

```
6200 PRINT
```

```
6205 INPUT "% DE CEBADA ?",PC: INPUT "% DE KG ?",KGC :INPUT "HUMEDAD %?",HC
```

```
6207 INPUT "HUMEDAD DE LA QUINUA %?",HQ
```

```
6208 IF PC=100 THEN 6001
```

```
6209 HC=HC/100:HQ=HQ/100
```

```
6210 PQ=100-PC: KGCB=KGC*(1-HC):KGQB=KGCB/PC:PQ:KGQ=KGQB/(1-HQ)
```

```
6213 PRINT"kg DE CEBADA EN BASE SECA";:PRINT USING "###.###";KGCB
```

```
6214 PRINT"kg DE QUINUA EN BASE SECA";:PRINT USING "###.###";KGQB
```

```
6215 PRINT "FORMULA: mezclar";KGC;"Kg de CEBADA con";:
```

```
6216 PRINT USING "###.###"; KGQ;:PRINT "Kg de QUINUA"
```

```
6218 X=PC/100:Y=PQ/100
```

```
6220 PRINT "|%CEB|%QUI|"
```

```
6300 REM aminoácidos
```

```
6310 FOR K = 1 TO 8
```

```
6320 AMINO(K) = CAMINO(K) * X + QAMINO(K) * Y
```

```
6330 NEXT K
```

```
6335 FOR K = 1 TO 5: PROXI(K) = CPROXI(K) * X + QPROXI(K) * Y: NEXT K
```

```
6338 SCORE=AMINO(1)/LAMINO(1)*100:LX=0
```

```
6340 FOR L=1 TO 9
```

```
6342 XX=AMINO(L)/LAMINO(L)*100
```

```
6344 IF SCORE>XX THEN SCORE=XX:LX=L
```

```
6346 NEXT L
```

```

6348 EWER=(4*PROXI(1)+4*PROXI(2)+9*PROXI(3))
6350 NDPCALS=SCORE^2*400*PROXI(1)*(54+EWER-400*PROXI(1))/(EWER^2)/(54*SCORE-400)/100

```

```

6360 PRINT USING "|###"; 100 * X; 100 * Y; ; PRINT "|"
6363 PRINT " "
6365 PRINT "AMINOACIDOS"
6370 FOR K = 1 TO 3: PRINT USING "|\ " AMINO$(K); : NEXT K: PRINT "|"
6380 FOR K = 1 TO 3: PRINT USING "###.## " AMINO(K); : NEXT K
6390 PRINT "OBJETIVO FAO"
6392 FOR K= 1 TO 3 :PRINT USING "|\ " LAMINO(K);:NEXT K
6394 PRINT " "

```

```

6400 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING "|\ " AMINO$(K); : NEXT K: PRINT "|"
6410 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING "###.## " AMINO(K); : NEXT K
6420 PRINT "OBJETIVO FAO"
6430 FOR K= 4 TO 9: PRINT USING "|\ " LAMINO(K);: NEXT K
6440 PRINT " "

```

```

6460 PRINT
6470 PRINT "ANALISIS PROXIMAL"
6480 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "|\ " PROXI$(K); : NEXT K: PRINT "|"
6490 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "###.## " PROXI(K); : NEXT K: PRINT " "
6500 PRINT "OBJETIVO FAO "
6510 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "|\ " LPROXI(K); : NEXT K: PRINT "|"

```

```

6515 INPUT "presione (enter) para continuar",z$
6520 PRINT " Energia=";:PRINT USING "###.###";EWER;:PRINT " A.LMTE=";AMINO$(LX);
6532 PRINT " Score=";
6540 PRINT USING "###.###";SCORE;
6542 PRINT " NDPCals=";: PRINT USING "###.###";NDPCALS

```

```

6610 PRINT " Presione [s] para ir al menu principal"; : z$ = INPUT$(1)
6620 IF z$ = "s" OR z$ = "S" THEN 1010
6630 CLS
6640 GOTO 6200

```

```

7000 REM
7001 CLS
7002 REM
7010 PRINT " MENU # 6"
7015 PRINT

```

```

7100 PRINT " OBTENCION DEL COMPLEMENTO EN AMINOACIDOS"
7110 PRINT " POR ADICION DE LECHE ENTERA DE VACA"

```

```

7200 PRINT
7210 Input "Ingrese la proporción de la mezcla óptima, CEBADA : = " ,Z:Y=Z/100
7220 Y=1-X
7240 PRINT "AMINOGRAMA:"

```

```
7300 REM aminoacidos
7310 FOR K = 1 TO 8
7320 AMINO(K) = CAMINO(K) * X + QAMINO(K) * Y
7330 NEXT K
7335 FOR K = 1 TO 5: PROXI(K) = CPROXI(K) * X + QPROXI(K) * Y: NEXT K

7340 PRINT USING "####"; 100 * X; 100 * Y; ; PRINT "||"
7345 PRINT " "
7350 PRINT "AMINOACIDOS"
7370 FOR K = 1 TO 3: PRINT USING "|\ \ \ \ \ AMINO$(K); : NEXT K: PRINT "||"
7380 FOR K = 1 TO 3: PRINT USING " | \ \ \ \ \ AMINO(K); : NEXT K
7390 PRINT "||"; PRINT "OBJETIVO FAO"
7392 FOR K = 1 TO 3 :PRINT USING " | \ \ \ \ \ LAMINO(K);:NEXT K
7394 PRINT "||"; PRINT " "

7400 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING "|\ \ \ \ \ AMINO$(K); : NEXT K: PRINT "||"
7410 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING " | \ \ \ \ \ AMINO(K); : NEXT K
7420 PRINT "||"; PRINT "OBJETIVO FAO"
7430 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING " | \ \ \ \ \ LAMINO(K);: NEXT K
7440 PRINT "||"

7460 PRINT
7470 PRINT "ANALISIS PROXIMAL"
7480 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "|\ \ \ \ \ PROXI$(K); : NEXT K: PRINT "||"
7490 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING " | \ \ \ \ \ PROXI(K); : NEXT K: PRINT "||"
7500 PRINT "OBJETIVO FAO"
7510 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING " | \ \ \ \ \ LPROXI(K); : NEXT K: PRINT "||"

7600 INPUT "presione [ENTER] para seguir",Z$

7603 cls
7605 C=0:N=0:M=0:FOR K=1 TO 9
7610 IF (LAMINO(K) - AMINO(K))<0.01 THEN 7690
7615 C=C+1:PRINT "DEFICIENTE EN:";AMINO$(K)

7620 N=(LAMINO(K)-AMINO(K))/(CAMINO(K)-AMINO(K))
7625 IF N>N THEN N=N
7630 print "requeriría ";
7632 print using"###.###";100*N;
7634 print "% de leche entera de vaca"
7640 print
7690 NEXT K
7694 print
7695 PRINT "WAY ";C;" AMINOACIDOS DEFICIENTES"

7698 print
7700 PRINT "PARA CORREGIR MEZCLAR";
7702 print using "###.###";100*(1-N);:
7703 print "% DE MEZCLA CON";
7704 print using "###.###";100*N;
7705 print "% DE LECHE"
7706 print
```

```
7708 INPUT "presione [ENTER] para seguir",Z$
7710 Y=N
7720 X=1-Y
7722 PRINT "AMINOGRAMA:"
```

```
7724 REM aminoacidos
7726 FOR K = 1 TO 8
7728 K(K) = AMINO(K) * X + DAMINO(K) * Y
7730 NEXT K
7732 FOR K = 1 TO 5: L(K) = PROXI(K) * X + DPROXI(K) * Y: NEXT K
```

```
7734 PRINT USING "###"; 100 * X; 100 * Y; : PRINT " "
7735 PRINT " "
```

```
7738 PRINT "AMINOACIDOS"
```

```
7740 FOR K = 1 TO 3: PRINT USING "###.##" AMINO$(K); : NEXT K: PRINT " "
7742 FOR K = 1 TO 3: PRINT USING "###.##" K(K); : NEXT K
7744 PRINT " " : PRINT "OBJETIVO EAO "
7746 FOR K= 1 TO 3 :PRINT USING "###.##" LAMINO(K);:NEXT K
7748 PRINT " " : PRINT " "
```

```
7800 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING "###.##" AMINO$(K); : NEXT K: PRINT " "
7802 FOR K = 4 TO 9: PRINT USING "###.##" K(K); : NEXT K
7804 PRINT " " : PRINT "OBJETIVO EAO "
7806 FOR K= 4 TO 9: PRINT USING "###.##" LAMINO(K);: NEXT K
7808 PRINT " " : PRINT " "
```

```
7810 PRINT
```

```
7812 PRINT "ANALISIS PROXIMAL"
```

```
7814 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "###.##" PROXI$(K); : NEXT K: PRINT " "
```

```
7816 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "###.##" L(K); : NEXT K: PRINT " "
```

```
7818 PRINT "OBJETIVO EAO "
```

```
7820 FOR K = 1 TO 5: PRINT USING "###.##" LPROXI(K); : NEXT K: PRINT " "
```

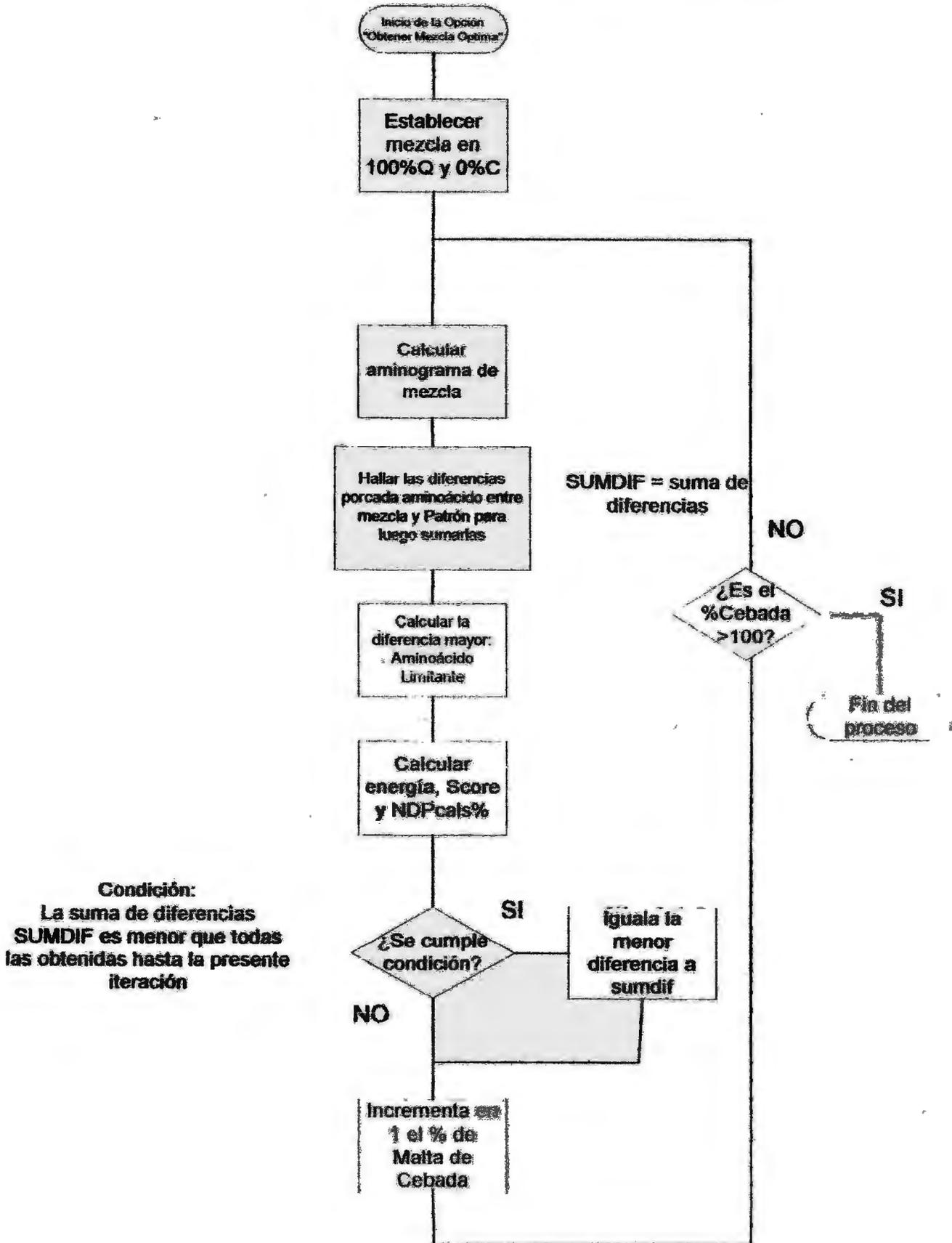
```
7822 INPUT "presione [ENTER] para seguir",Z$
```

```
7999 GOTO 1010
```

```
8000 END
```

```
8010 REM ELABORADO POR : JENNY DEL CARMEN VALDEZ ARANA -UNA FIAL- 1994
```

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE OPTIMIZACION



ANEXO II

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AGUA NECESARIA DE ADICIONAR A LA MEZCLA ALIMENTICIA (BASE HUMEDA) PARA CONSEGUIR EL NIVEL DE SOLIDOS TOTALES DESEADOS

```
10 PRINT " HUMEDAD DE MEZCLA "  
20 PRINT "{1} CEBADA {2} QUINUA {3} CALCULOS";  
30 INPUT "", Z$: Z = VAL(Z$)  
40 ON Z GOTO 100,200,300  
  
100 PRINT "DATOS DE LA MALTA DE CEBADA:"  
105 INPUT "% HUMEDAD?", HC  
110 INPUT "PESO?", PC  
  
200 PRINT "DATOS DE LA MALTA DE QUINUA:"  
205 INPUT "% HUMEDAD?", HQ  
210 INPUT "PESO?", PQ  
  
300 PRINT " CALCULO DE HUMEDAD"  
310 HM = (PC*HC + PQ*HQ)/(PC + PQ)  
320 PRINT "H MEZCLA = ", HM; "%"  
330 INPUT "H DESEADA ?", HD  
340 PRINT "% DE SOLIDOS" ; 100 - HM  
350 SM = (100 - HM)*(PC + PQ)/100  
360 PRINT SM; "KG"
```

```
370 PRINT "SE DESEA" ;100 - HD;"%SOLIDOS"  
380 SD=100 - HD  
390 S = SM/SD*100  
400 PRINT "PESO TOTAL";S;"KG"  
410 PRINT "AGREGAR"; S*HD/100;"L. H2O"  
420 GOTO 10
```

ANEXO III

GRADOS DE CALIDAD PARA LA QUINUA

GRADO	PORCENTAJE MAXIMO EN MASA			
	VARIETADES CONTRASTAN TES	GRANOS DAÑADOS		MATERIAS EXTRAÑAS
		TOTAL	DAÑADOS POR CALOR	
1	3%	2.0%	0.20%	1.50%
2	5%	4.0%	0.40%	3.00%
3	8%	6.0%	0.80%	4.50%

Fuente: Norma ITINTEC 205.036 (Febrero, 1982).

ANEXO IV

DETERMINACION DEL VALOR DEL EXTRACTO EN HARINA FINA

El proceso consiste en lo siguiente:

Se pesan muestras de 20g de harina fina de malta y con 135 ml de agua destilada a temperatura de 45°C, se hace una papilla. Al realizar esto se toma el olor, calificándolo de: aromático, ligeramente aromático o desagradable.

Se coloca luego el vaso con la papilla en el macerador (baño con agitador) que ya está a 45°C, manteniéndose así y en constante agitación con varillas especiales durante 30 minutos al término de los cuales se eleva la temperatura un grado centígrado por minuto, hasta que alcance 70°C. A los 3 minutos se comienza a tomar una gota del cocimiento, se lleva a una placa de porcelana, adicionándole una gota de solución de Iodo 0.02N. Esto se repite, hasta que el Iodo nos dé coloración azul. El tiempo que demora esto indica el tiempo de sacarificación.

Esta temperatura de 70°C se mantiene por 1 hora, al cabo de la cual, en el mismo macerador, se enfría en no menos de 10 minutos ni más de 15 minutos, por flujos de agua fría dentro del macerador. Una vez frío se saca el vaso y se seca exteriormente, completándose con

agua destilada 180 g más el peso del vaso. Se filtra anotándose el tiempo de filtrado. Si el filtrado se realiza en media hora es rápido; entre media hora y una hora el filtrado es normal, más de una hora es lento.

La determinación del peso específico del mosto debe hacerse a 20°C, usando un picnómetro, el cual contiene un volumen constante pero cuyo peso varía de acuerdo a la densidad y concentración de las sustancias solubilizadas en el mosto, por medio de tablas se determina el porcentaje de extracto.

$$\text{Gravedad específica a } 20^{\circ}\text{C} = \frac{(\text{ppm} - \text{ppv})}{(\text{ppa} - \text{ppv})}$$

Donde: ppm: peso del picnómetro con muestra

ppv: peso del picnómetro vacío

ppa: peso del picnómetro con agua a 20°C

Esta fórmula permite obtener la gravedad específica, que junto con el porcentaje de humedad de la malta permiten obtener el porcentaje de extracto en base húmeda y seca. Estos valores derivan de la intersección de las curvas respectivas en las tablas de extracto de la A.S.B.C. (1958).

ANEXO V

METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE LA RELACION DE EFICIENCIA PROTEICA (PER)

MATERIALES

1. Equipo:

- Balanza
- Bioterio (jaulas individuales)
- Refrigeradora
- Comedores con capacidad de 30 gramos.
- Bebederos.

2. Animales

- 10 ratas blancas raza Holtzman, machos de 21 a 23 días de edad.

3. Alimento

- Un kilo de la ración o dieta preparada con el alimento que se le evaluará.

PROCEDIMIENTO

1. Coger las 10 ratas para ser alimentadas con el alimento en estudio.
2. Pesar cada rata, colocarla en una jaula independiente y anotar inmediatamente en la hoja de registro. El peso promedio del grupo de ratas, debe ser de menos 5 gramos de diferencia.

3. Adiministrar a cada rata del grupo problema, 10 gramos de dieta con el alimento en estudio, en los primeros días, sucesivamente 15 gramos, 20 gramos.
4. Administrar Ad-libitum agua en unos bebedores preparados de frascos con tubos de vidrios y tapón de jebes.
5. Alimentar a las ratas por un periodo de 28 días,
6. Registrar el peso de cada rata semanalmente, el consumo y desperdicio de alimentos diariamente y anotar en la ficha de control correspondiente.

CALCULO

El PER se calcula por la siguiente ecuación:

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Proteína consumida}}$$

Esto se hace para cada animal y se calcula un promedio para cada grupo de proteína.

Fuente: Ordoñez (1985)

ANEXO VI

DETERMINACION DE LA DIGESTIBILIDAD

Se utilizarán 6 ratas machos de 28 a 33 días de edad que se marcarán con muescas y se distribuirán en 6 jaulas matabólicas, las cuales, tienen una parte destinada a la alimentación un comedero con la capacidad de 15 g con una guillotina graduable para que nos se desperdicie los alimentos. Para la colección de heces se cuenta con una bandeja separadora donde se depositan las heces y para la colección de orina un embudo que termina en un tubo de ensayo.

Los animales en ensayo son alimentados durante 4 días con el alimento en estudio con el objeto de acostumbramiento. Luego se registran el peso y el consumo de alimentos a a diario y en forma individual durante 7 días, las heces y la orina se colectan en frascos de vidrio y se guardan bajo refrigeración hasta terminar con el ensayo para luego determinar en ellos el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl.

CALCULOS

La digestibilidad es la fracción del nitrógeno ingerido que el animal absorbe y se expresa porcentualmente:

$$D = \frac{\text{Nitrógeno absorbido}}{\text{Nitrógeno ingerido}} \times 100$$

El numerador se determina midiendo la diferencia entre la ingesta nitrogenada y el nitrógeno que aparece en las heces.

ANEXO VII

COMPOSICION PORCENTUAL DE LA RACION FORMULADA PARA LA DETERMINACION DE LOS ENSAYOS BIOLOGICOS PER Y DIGESTIBILIDAD DE LA MEZCLA NUTRITIVA

INGREDIENTES	MEZCLA NUTRITIVA	TESTIGO SIN PROTEINAS
	%	%
Alimento de ensayo	59.00	0.00
Sales minerales	4.00	4.00
Vitaminas	5.00	5.00
Maicena	19.14	70.00
Manteca vegetal	5.50	49.50
Azúcar	5.00	20.00
Coronta molida	2.36	5.47
Total	100.00	100.00

CONCEPTO	CANTIDAD
Energía proveniente de proteínas (P%)	10.20
Porcentaje de proteína en la ración (g)	9.70
Energía fisiológica digestible de la ración (Kcal)	380.24

COMPOSICION DE LAS SALES MINERALES	(g/Kg)
Sulfato de aluminio	9.17
Carbonato de calcio	545.00
Sulfato de cobre	0.90
Fosfato férrico	20.50
Carbonato de magnesio	25.00
Sulfato de magnesio	12.00
Cloruro de potasio	112.00
Ioduro de potasio	0.11
Fosfato de Na mono.	2.20
Fluoruro de sodio	1.00
Sulfato de manganeso	0.39
Cloruro de sodio	69.00

COMPOSICION DE LAS VITAMINAS	(g/Kg)
Riboflavina	0.300
Tiamina	0.250
Pantotenato de Ca	2.000
Niacina	2.000
Cloruro de colina	12.000
Inositol	12.500
Vitamina E	16.800
Cianocobalamina	0.001
Biotina	0.010
Acido Fólico	0.100
Piridoxina	0.200
Menadiona	0.250
Robomix A B2 D3 E	10.000
Azúcar	943.589

ANEXO VIII

AJUSTE DE LOS DATOS EXPERIMENTALES DE LA ISOTERMA DE ADSORCION MEDIANTE LA ECUACION DE B.E.T.

A. DATOS CALCULADOS A PARTIR DE VALORES EXPERIMENTALES

Aw	M = $\frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g m.s.}}$	Valor de "M" calculado según la ecuación de B.E.T. (M*)	Error Absoluto $ M^* - M $
0.00	0.0087	0.0042	0.0045
0.11	0.0357	0.0241	0.0116
0.23	0.0543	0.0458	0.0085
0.33	0.0645	0.0639	0.0006
0.50	0.0794	0.0947	0.0153
0.64	0.0924	0.1200	0.0276
0.87	0.1315	0.1617	0.0302
1.00	0.2336	0.1852	0.0484

B. ECUACION DE B.E.T.

$$\frac{Aw}{M(1-Aw)} = \frac{1}{M^*C} + \frac{Aw(C-1)}{M^*C} \quad \dots (I)$$

Aw : Humedad relativa de cada desecador.

M* : Valor de la cobertura monomolecular cuando los sitios hidrofílicos están cubiertos por una molécula de agua.

C : Constante energética relacionada con el calor de adsorción de la primera capa de agua.

M : Humedad en base seca al equilibrio.

Los valores de $\frac{A_w}{M(1-A_w)}$ calculados a partir de datos

experimentales fueron ajustados mediante un análisis de regresión lineal simple. Obteniéndose la siguiente expresión para la ecuación de B.E.T. :

$$\frac{A_w}{M(1-A_w)} = 0.0042 + 0.1810 A_w \quad \dots \quad (II)$$

Igualando las expresiones (I) y (II) e identificando términos comunes se obtuvo:

$$M^* = 0.054 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{g m.s.}} = 5.40 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{100 \text{ g m.s.}}$$

Respecto de la exactitud con que la ecuación de B.E.T. aproxima el comportamiento de la isoterma de adsorción se ha determinado que el error promedio para todo el rango es de 23.76% . Sin embargo, para actividades de agua al rededor de 0.33 el error se reduce hasta alcanzar el 1% .

ANEXO IX

**FORMATO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS DE EVALUACION
SENSORIAL**

PRUEBA DE ACEPTACION

NOMBRE : _____

FECHA : _____

Por favor pruebe las muestras en el orden de izquierda a derecha y ubique en la escala, con una X, la intensidad de agrado o desagrado para cada atributo

ATRIBUTO DE CALIDAD	ESCALA	Nº DE MUESTRA		
1. SABOR	Gustó mucho Gustó moderadamente No gustó ni disgustó Disgustó moderadamente Disgustó mucho			
2. OLOR	Gustó mucho Gustó moderadamente No gustó ni disgustó Disgustó moderadamente Disgustó mucho			
3. COLOR	Gustó mucho Gustó moderadamente No gustó ni disgustó Disgustó moderadamente Disgustó mucho			
4. TEXTURA	Gustó mucho Gustó moderadamente No gustó ni disgustó Disgustó moderadamente Disgustó mucho			
5. ACEPTABILIDAD TOTAL	Gustó mucho Gustó moderadamente No gustó ni disgustó Disgustó moderadamente Disgustó mucho			

ANEXO X

DATOS SUMINISTRADOS POR LOS PANELISTAS
EN EL ANALISIS SENSORIAL

ATRIBUTO SENSORIAL Y PUNTAJE HEDONICO	TIPO DE MUESTRA		
	A	B	C
SABOR			
5			XXX
4	X X X	X X X	XXX XXXXX X
3	X X X X X X	XX X X X XXXX	X X X
2	X X X	X X X	
1	X X X		
COLOR			
5			X XX
4	XXXX X XXX XXXX	XXXX XXXXXXXX	XXX XXXXX XXXX
3	X X X	X XX	
2			
1			
OLOR			
5	XX XXXX	X X XX XXX	XX XXXX
4	X XX	X	XX XXXX
3	XX XXXX	X X XX XXX	X XX
2			
1			
TEXTURA			
5			X XX
4	XXXX X XXX XXXX	XXXX XXXXXXXX	XXX XXXXX XXXX
3	X X X	X XX	
2			
1			
ACEPTABI- LIDAD GENERAL			
5			XX X XX
4	XX XXXX	XXX XXXXXX	XXX X XXXXXX
3	XX XXXX	XX XXXX	
2	X XX		
1			

ANEXO XI

RESULTADOS ESTADISTICOS DE LA EVALUACION SENSORIAL

ATRIBUTO SENSORIAL	TIPO DE MUESTRA		
	A	B	C
SABOR	PROM = 2.6 SDEV = 1.055 VAR = 1.114	PROM = 3.0 SDEV = 0.654 VAR = 0.428	PROM = 4.0 SDEV = 0.654 VAR = 0.428
COLOR	PROM = 3.8 SDEV = 0.414 VAR = 0.171	PROM = 3.8 SDEV = 0.414 VAR = 0.171	PROM = 3.8 SDEV = 0.414 VAR = 0.171
OLOR	PROM = 4.0 SDEV = 0.925 VAR2 = 0.57	PROM = 4.0 SDEV = 1.0 VAR = 1.0	PROM = 4.20 SDEV = 0.77 VAR = 0.00
TEXTURA	PROM = 4.0 SDEV = 0.427 VAR = 0.653	PROM = 4.0 SDEV = 0.414 VAR = 0.653	PROM = 4.0 SDEV = 0.427 VAR = 0.653
ACEPTABI LIDAD GENERAL	SDEV = 0.775 VAR = 0.6	SDEV = 0.507 VAR = 0.257	SDEV = 0.458 VAR = 0.209

PROM: Promedio

SDEV: Desviación standar

VAR : Varianza

ANEXO XII**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE FRIEDMAN PARA BLOQUES
COMPLETOS AL AZAR**

ATRIBUTO SENSORIAL Y	χ^2 Calculado	χ^2 Teorico	Hipótesis que se valida
SABOR	8.960	6.251	Existe diferencia sig- nificativa (P<0.05)
COLOR	4.770	6.251	No existe diferencia significativa (P<0.05)
OLOR	4.920	6.251	No existe diferencia significativa (P<0.05)
TEXTURA	4.645	6.251	No existe diferencia significativa (P<0.05)
ACEPTABI LIDAD GENERAL	9.133	6.251	Existe diferencia sig- nificativa (P<0.05)