

---



---

**ÍNDICE GENERAL**

<b>Índice de Cuadros</b>	1
<b>Índice de Figuras</b>	3
<b>Objetivos</b>	4
1. Introducción	6
2. Generalidades	8
2.1 Antecedentes	9
2.2 Materias primas disponibles para la elaboración de sopa tipo crema	10
2.2.1 Amaranto	10
2.2.2 Leguminosas	18
2.2.2.1 Garbanzo	19
2.2.3 Germinados	21
2.3 Suplementación	23
2.4 Calificación química	25
2.5 Tecnología en la elaboración de sopas tipo crema	26
2.5.1 Procesos para la elaboración de sopas tipo crema	27
2.5.1.1 Etapas del proceso de elaboración de la sopa tipo crema	29
2.5.1.1.1 Recepción	29
2.5.1.1.2 Escaldado	29
2.5.1.1.3 Picado	29
2.5.1.1.4 Tamizado	29
2.5.1.1.5 Molido y colado	30
2.5.1.1.6 Mezclado	30
2.5.1.1.7 Mezclado y cocción	30
2.5.1.1.8 Enlatado	30
2.5.1.1.9 Esterilización	30
2.5.1.1.10 Embalaje	30
2.5.1.1.11 Almacenamiento	30
2.5.1.2 Etapas del proceso de elaboración de la sopa tipo crema	32
2.5.1.2.1 Lavado	32
2.5.1.2.2 Secado	32
2.5.1.2.3 Molienda y mezclado	32
2.5.1.2.4 Extruído	32
2.5.1.2.5 Secado	33
2.5.1.2.6 Molienda	33
2.5.1.2.7 Formulación y envasado	33
2.5.2 Características funcionales de materias primas complementarias en la elaboración de sopas tipo crema	33
2.5.2.1 Harina de trigo	34
2.5.2.2 Leche descremada	34
2.5.2.3 Sustituto de leche	34
2.5.2.4 Sal yodatada	34

---

---

2.5.2.5 Almidón de maíz	34
2.5.2.6 Margarina	35
2.5.2.7 Glutamato monosódico	35
2.5.2.8 Especias	35
2.5.2.9 Aceite vegetal comestible	35
2.5.3 Equipos para la elaboración de sopas tipo crema	35
2.5.3.1 Lavado	36
2.5.3.2 Escaldado	37
2.5.3.3 Picado y molido	38
2.5.3.4 Secado	39
2.5.3.5 Mezclado y cocci3n	40
2.5.3.6 Envasado	41
2.5.3.7 Esterilizado	42
3. Materiales y Métodos	43
3.1 Características de la materia prima	48
3.2 Acondicionamiento de las materias primas para la sopa tipo crema	48
3.2.1 Obtenci3n de germinado de amaranto	48
3.2.2 Obtenci3n de harina de amaranto	49
3.2.3 Obtenci3n de harina de garbanzo	49
3.2.4 Obtenci3n de hoja de amaranto deshidratada en polvo	49
3.3 Pruebas preliminares para el desarrollo de la formulaci3n de la sopa tipo crema	49
3.4 Selecci3n de la formulaci3n de la sopa tipo crema	52
3.5 Evaluaci3n sensorial de la sopa tipo crema	53
3.6 Estandarizaci3n del proceso de elaboraci3n de la sopa tipo crema	53
3.7 Caracterizaci3n final de la sopa tipo crema	53
3.7.1 Análisis químicos	53
3.7.2 Análisis microbiológicos	54
3.8 Equipos y reactivos	55
4. Resultados y Análisis	54
4.1 Selecci3n del germinado a utilizar	57
4.2 Determinaci3n de las condiciones para la elaboraci3n de harina de amaranto	60
4.3 Determinaci3n de las condiciones para la elaboraci3n de harina de garbanzo	62
4.4 Determinaci3n de las condiciones para la elaboraci3n de hoja de amaranto deshidratada en polvo	65
4.5 Pruebas en el desarrollo de formulaciones de la sopa tipo crema	67
4.6 Selecci3n de la formulaci3n de la sopa tipo crema	69
4.7 Determinaci3n de la formulaci3n final mediante evaluaci3n sensorial de sopas tipo crema	72

4.8 Determinaciones químicas y microbiológicas del producto final para preparar sopa tipo crema	76
4.8.1 Análisis químicos	76
4.8.2 Análisis microbiológicos	77
4.9 Determinación de las condiciones de elaboración de la sopa tipo crema para la estandarización del proceso	79
4.9.1 Obtención de materias primas	79
4.9.1.1 Pesado	79
4.9.1.2 Mezclado	79
4.9.1.3 Medición de los ingredientes para preparar la sopa tipo crema	79
4.9.1.4 Mezclado	80
4.9.1.5 Calentamiento	80
4.9.1.5 Ebullición	80
<b>Conclusiones</b>	81
<b>5. Anexos</b>	82
<b>Bibliografía</b>	98

---



---

**ÍNDICE DE CUADROS.**

<b>Cuadro 2.1</b>	Composición química proximal del amaranto en comparación con algunos cereales.	12
<b>Cuadro 2.2</b>	Composición de aminoácidos esenciales de varias especies de semilla de amaranto.	13
<b>Cuadro 2.3</b>	Contenido de minerales en la semilla de amaranto.	15
<b>Cuadro 2.4</b>	Contenido de nutrimentos de la harina de amaranto.	16
<b>Cuadro 2.5</b>	Contenido de nutrimentos por 100 gramos de porción comestible en hojas de amaranto y espinaca.	17
<b>Cuadro 2.6</b>	Vitaminas de las hojas de amaranto en comparación con las de espinaca.	17
<b>Cuadro 2.7</b>	Producción de leguminosas en México (2000).	19
<b>Cuadro 2.8</b>	Composición química del garbanzo en relación con otras leguminosas.	20
<b>Cuadro 2.9</b>	Contenido de proteína y lisina en muestras de germinado de amaranto.	22
<b>Cuadro 2.10</b>	Patrón de requerimiento propuesto por la FAO/OMS 1973 en mg de aminoácido / g de proteína.	26
<b>Cuadro 3.1</b>	Ingredientes y cantidades utilizados en la elaboración de la sopa tipo crema.	50
<b>Cuadro 3.2</b>	Combinaciones y cantidades de ingredientes para la formulación de la sopa tipo crema.	52
<b>Cuadro 4.1</b>	Características organolépticas y tamaños resultantes de los germinados de diferentes semillas.	57
<b>Cuadro 4.2</b>	Crecimiento obtenido de la plántula de germinado de amaranto en función de tiempo, temperatura y remojo.	58
<b>Cuadro 4.3</b>	Características físicas y sensoriales obtenidas durante el tostado de semilla de amaranto a diferentes tiempos y temperaturas.	60
<b>Cuadro 4.4</b>	Resultados obtenidos ensayando diferentes procedimientos para la obtención de harina de garbanzo.	63
<b>Cuadro 4.5</b>	Características de las hojas de amaranto sometidas a diferentes tiempos de cocción a 93 °C.	65
<b>Cuadro 4.6</b>	Características sensoriales y detalles observados con las diferentes formulaciones desarrolladas de sopa tipo crema líquidas.	67
<b>Cuadro 4.7</b>	Características sensoriales y detalles observados con las diferentes formulaciones desarrolladas de sopa tipo crema en polvo.	69
<b>Cuadro 4.8</b>	Combinaciones de los ingredientes principales de la sopa tipo crema.	70

<b>Cuadro 4.9</b>	Calificación química para los aminoácidos esenciales, porcentaje de proteína en base seca y costo por 100 gramos de producto	70
<b>Cuadro 4.10</b>	Combinaciones de los ingredientes principales en las sopas tipo crema finales.	71
<b>Cuadro 4.11</b>	Formulaciones finales de las sopas tipo crema que se llevaron a pruebas sensoriales	71
<b>Cuadro 4.12</b>	Resultados obtenidos del análisis de varianza aplicado a los resultados de la evaluación sensorial	73
<b>Cuadro 4.13</b>	Contenido de proteína, score químico y costos de las sopas tipo crema finales calculados con el programa Mixteco	73
<b>Cuadro 4.14</b>	Resultados obtenidos de al aplicar la prueba de medición del grado de satisfacción en la comunidad de Santiago Huajolotitlan con 150 jueces no entrenados	74
<b>Cuadro 4.15</b>	Composición del polvo para preparar sopa tipo crema (g/100g de producto).	76
<b>Cuadro 4.16</b>	Cuenta de microorganismos presentes en polvo para preparar sopa tipo crema.	77
<b>Cuadro 5.1</b>	Aporte nutrimental y costo de la harina de amaranto por gramo de producto.	89
<b>Cuadro 5.2</b>	Aporte nutrimental y costo de la harina de trigo por gramo de producto.	89
<b>Cuadro 5.3</b>	Aporte nutrimental y costo de la harina de garbanzo por gramo de producto.	90
<b>Cuadro 5.4</b>	Aporte nutrimental y costo de la hoja de amaranto deshidratada en polvo por gramo de producto	90
<b>Cuadro 5.5</b>	Aporte nutrimental y costo del germinado de amaranto deshidratado en polvo por gramo de producto	90
<b>Cuadro 5.6</b>	Aporte de los aminoácidos en la harina de amaranto.	91
<b>Cuadro 5.7</b>	Aporte de los aminoácidos en la harina de garbanzo.	91
<b>Cuadro 5.8</b>	Aporte de los aminoácidos en la harina de trigo.	91
<b>Cuadro 5.9</b>	Aporte de los aminoácidos en la hoja de amaranto.	92

**ÍNDICE DE FIGURAS.**

<b>Figura 2.1</b>	Proceso de elaboración de sopa tipo crema condensada de chícharo.	28
<b>Figura 2.2</b>	Proceso de elaboración de crema de elote.	31
<b>Figura 2.3</b>	Lavadora de inmersión marca JERSA	36
<b>Figura 2.4</b>	Escaldadora rotativa marca JERSA	37
<b>Figura 2.5</b>	Procesador de alimentos, picadora horizontal marca MAPISA	38
<b>Figura 2.6</b>	Secador tipo charola marca JERSA	39
<b>Figura 2.7</b>	Marmita fija con agitación marca JERSA	40
<b>Figura 2.8</b>	Envasadora por pistones marca MAPISA	41
<b>Figura 2.9</b>	Autoclave marca JERSA	42
<b>Figura 3.1</b>	Esquema general del procedimiento empleado en la investigación preliminar para el desarrollo de la sopa tipo crema	44
<b>Figura 3.2</b>	Aspectos claves en el procedimiento empleado en la investigación para el desarrollo de la sopa tipo crema	45
<b>Figura 3.3</b>	Esquema general del procedimiento empleado en la investigación.	47
<b>Figura 4.1</b>	Diagrama final de proceso para la obtención de germinado de amaranto deshidratado.	59
<b>Figura 4.2</b>	Diagrama final de proceso para la obtención de harina de amaranto.	61
<b>Figura 4.3</b>	Diagrama final de proceso para la obtención de harina de garbanzo.	64
<b>Figura 4.4</b>	Diagrama final de proceso para la obtención de hoja de amaranto deshidratada en polvo.	66
<b>Figura 4.5</b>	Nivel de agrado para las formulaciones de sopa tipo crema.	72
<b>Figura 4.6</b>	Porcentaje y número de jueces participantes en la evaluación realizada en Santiago Huajolotitlan. Oaxaca.	75
<b>Figura 4.7</b>	Proceso estandarizado para la elaboración de la sopa tipo crema a nivel planta piloto.	78

1.

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

En México, a semejanza de otros países en vías de desarrollo, existe una grave problemática de desnutrición que afecta amplios sectores de la población (concentrándose en la de más bajo estrato económico) según se ha demostrado en los diversos estudios realizados por autores nacionales y extranjeros especializados en el tema, [1,19,20,34]. Puede decirse que el aspecto más grave del problema es, sin duda alguna, el de la desnutrición proteica. Sin embargo, en la actualidad y a consecuencia de la explosión demográfica mundial y tan notable en nuestro país, la producción de alimentos energéticos se vuelve cada vez más un problema a resolver por los países sobrepoblados.

Los factores importantes que determinan el déficit de la producción de proteína para consumo humano, tales como las características de la industria agropecuaria, las limitaciones económicas y técnicas, así como los efectos físicos e intelectuales que concurren en los individuos expuestos a la desnutrición proteica y las implicaciones sociales y económicas de éstos en el desarrollo cultural y material del país, son la base de una serie de estudios tendientes al planteamiento y resolución del problema nutricional [7,33].

Se ha demostrado que las proteínas de origen animal tienen un valor biológico superior a las de origen vegetal. Desafortunadamente las proteínas de origen animal son más escasas y tienen costos de producción superior a las de origen vegetal, lo cual no permite pensar que la solución al problema nutricional de estos grupos de la población, pueda provenir de las proteínas de origen animal, quedando como opción aceptable desde el punto de vista práctico y económico el empleo de las proteínas de origen vegetal.

Si se acepta la opción anterior como una contribución a la solución de la desnutrición proteica de México, es necesario decir cómo introducir estas proteínas vegetales y para esto se presentan dos alternativas: la elaboración de alimentos nuevos y el enriquecimiento de productos tradicionales.

Teniendo en cuenta que difícilmente habrá variación en las costumbres, los hábitos dietéticos y la economía de los productos, se ve que resulta más viable el enriquecimiento de productos de alto consumo.

En forma específica uno de los principales problemas de la región Mixteca del estado de Oaxaca, es la desnutrición, ocupando esta población el segundo lugar a nivel nacional con mayores índices de marginación y pobreza [3], predominando de esta manera una dieta pobre en proteínas de origen animal debido a su escaso poder adquisitivo; siendo su opción principal fuentes proteicas de origen vegetal.

En este sentido existen varias alternativas con respecto al mejoramiento de la calidad y disponibilidad de las proteínas, una de ellas es el aprovechamiento de fuentes no tradicionales como la planta de amaranto, chapulines, hormiga chicatana entre otros. Además es probable que las plantas y semillas como los quelites, los mezquites y la hoja y semilla de amaranto, presenten pocos problemas de aceptación, ya que en los últimos años, el amaranto ha presentado un auge en el estado de Oaxaca y principalmente la especie *Amaranthus hypochondriacus* conocida también como alegría; se ha visto que reúne las condiciones adecuadas que permiten su cultivo tanto racional como económicamente dentro de este estado, aunado a que el valor nutricional de las semillas como de las hojas es elevado [43].

Desde 1996 se conformó una organización que promueve el uso, cultivo y consumo de amaranto, CACTUS A.C. que mediante la capacitación y asesoramiento, están logrando que las comunidades de la región Mixteca incrementen la producción de amaranto y promuevan su consecuente utilización en la dieta cotidiana.

En la Universidad Tecnológica de la Mixteca ante la problemática existente de desnutrición en la Región Mixteca y mediante el proyecto SIBEJ 2000 0501028 aprobado para el desarrollo y aprovechamiento de recursos alimenticios del estado de Oaxaca, se propone como alternativa el desarrollo de una sopa tipo crema, que aporte nutrimentos para ayudar a subsanar una parte de las carencias alimenticias en los pobladores de esta región.

Por otro lado, algunos reportes indican que en México existe una gran demanda de sopas de diversa índole. Así, se sabe que cuatro de cada cinco personas consumen a diario cualquiera de los siguientes preparados alimenticios: caldos, sopas de pasta, sopas tipo crema y consomés [10,25,46,49], lo que da una pauta para el desarrollo de la sopa tipo crema de amaranto, leguminosas y germinados.

Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una sopa tipo crema con una mezcla de amaranto-trigo-garbanzo para infantes y adultos, que sea de fácil preparación y que se encuentre al alcance de la economía de la población Mixteca.

Se espera que la sopa tipo crema sea consumida por personas de escasos recursos, debido a que se pretende desarrollar un producto económico, elaborado con la finalidad de cubrir una parte de las necesidades alimenticias de la población marginal de la región Mixteca del Estado de Oaxaca. La sopa tipo crema puede tener una amplia aplicación ya que no se limita su consumo por la edad, pudiendo ser consumida por personas de 2 años en adelante.

# 2.

## **GENERALIDADES.**

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 ANTECEDENTES**

En la alimentación humana, existe una gran variedad de preparados alimenticios, dentro de los cuales se encuentran las sopas, que pueden cocinarse de diferentes formas.

Actualmente las sopas caseras se han ido reemplazando cada vez más por las sopas de preparación comercial, las cuales son presentadas al consumidor en tres formas: enlatadas (usualmente condensadas), deshidratadas y congeladas.

Las materias primas que pueden utilizarse en la elaboración de la sopa tipo crema pueden ser frescas, congeladas, deshidratadas o enlatadas. Su elección va a depender de los requerimientos del producto final, el costo, disponibilidad y la facilidad de manejo.

En este campo la empresa Campbell's de México, S.A. de C.V. representa una de las grandes industrias que abarcan el mercado de sopas tipo crema condensadas, a las cuales solo hay que agregar agua y leche para calentar y servir.

Las sopas, de acuerdo con su composición y elaboración, se clasifican en:

- Sopa crema.
- Sopa condensada o concentrada.
- Mezcla de ingredientes deshidratados para preparar sopa.

Las sopas tipo crema se diferencian de las sopas de pasta por su consistencia más cremosa y son consumidas habitualmente como entradas calientes y como parte de la preparación de rellenos, tartas, salsas, etc.

La sopa tipo crema según el Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios, Publicado en el D.O.F. 9-VIII-1999 es un alimento que entra dentro de los productos preparados o semipreparados llamándole así al producto compuesto de diversos ingredientes y condimentos, que puede o no contener aditivos para alimentos, sometido o no a tratamiento térmico, cuya identidad corresponde a una especialidad culinaria específica, y que se presenta semipreparado o totalmente preparado para su consumo. Y se define como sopa crema, al producto obtenido a partir de la mezcla de verduras o tubérculos, adicionado de agua potable, leche y otros ingredientes, especias y aditivos para alimentos.

Para la elaboración de las sopas tipo crema, se han utilizado una gran cantidad de vegetales dentro de los cuales se encuentra el chícharo, zanahoria, apio, tomate, espárragos y champiñón. Pero aún no se han explotado las grandes cualidades alimenticias que ofrece el amaranto, que se produce en la Región Mixteca y que resulta ser una opción para el desarrollo de estos productos.

## **2.2 MATERIAS PRIMAS DISPONIBLES PARA LA ELABORACIÓN DE SOPA TIPO CREMA.**

### **2.2.1 AMARANTO**

El amaranto que ha sido utilizado y se conoce desde hace 8000 años A. C., y según hallazgos arqueológicos realizados en Perú, México y Estados Unidos de Norte América, llegó a tener gran importancia en los ritos religiosos que se realizaban a lo largo del año, elaborando con su semilla figuras de ídolos y animales, las cuales posteriormente se consumían en porciones a semejanza de la comunión, así el amaranto tuvo un especial significado dentro de las ceremonias de tipo religioso [5]. En los últimos años el amaranto ha despertado el interés de diversos centros de investigación en todo el mundo por su aporte nutricional, comparable al de los cereales en cuanto a vitaminas, minerales y carbohidratos, pero superior a estos en cuanto a su contenido de proteína y grasa en adición a sus características agronómicas (crecimiento rápido, resistencia a plagas, heladas y sequías) resulta muy atractivo para su utilización en la alimentación humana.

En México el cultivo del amaranto disminuyó drásticamente durante la época de la conquista. Sin embargo en algunas regiones se sigue cultivando por lo que investigadores [5, 38] proponen su utilización para complementar la alimentación.

Actualmente en México se conocen cuatro especies de amaranto que son: *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus hybridus*, *Amaranthus cruentus* y *Amaranthus caudatus*. Estas especies se pueden encontrar dentro de los estados de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Jalisco, Sonora, Durango, Sinaloa, Chihuahua y Michoacán. En el estado de Oaxaca se ha dado a conocer principalmente la especie *Amaranthus hypochondriacus* llamada también alegría, donde las hojas de esta planta se consumen como verdura hasta antes de su floración siendo su valor alimenticio comparable al de la espinaca [5].

En México se cultivan principalmente dos variedades de la especie *Amaranthus hypochondriacus* que son la variedad roja y la blanca, con las cuales se podrían elaborar una gran cantidad de productos como: pan, galletas, atoles, polvos para bebidas instantáneas, cereales y hojuelas, pasteles, botanas, dulces o confituras, pinoles, mermeladas, y budines. En estudios realizados con anterioridad, se ha llegado a la conclusión de que es un cultivo considerado como fuente alimentaria en los países subdesarrollados, por las características ambientales que presenta: amplitud en las zonas de cultivo, disponibilidad de las especies idóneas para la producción de grano y hortalizas, alto rendimiento de las cosechas y su adaptación a los suelos y a las condiciones climatológicas [5].

En los últimos años se ha comprobado por medio de técnicas analíticas modernas [3] la calidad y considerable cantidad de nutrimentos que contiene la semilla de amaranto, lo que ha llamado la atención de los especialistas en alimentos, para ser incorporado a la alimentación cotidiana del ser humano.

La composición química-proximal de la semilla de amaranto (cuadro 2.1) presenta valores de proteína, grasa, fibra cruda y cenizas, que están por arriba de lo que comúnmente se presenta en la mayoría de los cereales (trigo, maíz, cebada, etc.).

Existen datos [3] en los que se muestra que no existen cambios significativos en los valores del análisis químico-proximal de las semillas obtenidas bajo condiciones agronómicas diferentes, lo cual confirma la gran adaptabilidad de este cultivo.

De esta información se desprende que la semilla de amaranto contiene más del doble de proteína que el trigo y de tres a cuatro veces más que el maíz y el arroz [3].

**Cuadro 2.1:** Composición química proximal del amaranto en comparación con algunos cereales (g/100 g de muestra base húmeda) [3]

Cereal	Proteína %	Lípidos %	Fibra Cruda %	Cenizas %	Hidratos de Carbono %
<i>A. cruentus</i>	13.2-17.6	6.3-8.1	3.4-5.3	2.8-3.6	60.4
<i>A. hypochondriacus</i>	13.9-17.3	4.8-7.7	3.2-5.8	3.3-4.1	63.1
Maíz blanco	7.9	3.9	2.0	1.2	73.0
Maíz amarillo	8.3	4.8	2.0	1.2	69.6
Arroz	6.7	0.4	0.3	0.5	78.8
Trigo	10.2	2.0	2.3	1.7	73.4
Cebada	9.7	1.9	6.5	2.5	75.4

Los nutrimentos de la semilla de amaranto se encuentran homogéneamente distribuidos en la semilla [3], por esta razón se hace evidente la necesidad de emplear la harina integral de amaranto para la elaboración de productos destinados a la alimentación humana.

El valor nutricional de un alimento como fuente proteica refleja su aptitud para satisfacer las necesidades de nitrógeno y aminoácidos del consumidor para asegurar un crecimiento y un mantenimiento adecuados del organismo. Observándose que la proteína de la semilla de amaranto contiene niveles más altos de aminoácidos azufrados y lisina que los granos convencionales (el doble de lisina que el trigo y el triple que el maíz) los que generalmente son limitantes en la mayoría de los cereales. Y por lo que su composición de aminoácidos es una de las características que hacen que se considere a la semilla de amaranto un alimento superior respecto a los cereales.

El aminoácido esencial limitante de la proteína de amaranto es la leucina (aminoácido que se presenta en los cereales en cantidades suficientes como para cubrir los requerimientos alimenticios), seguido por valina y treonina. El cuadro 2.2 muestra el contenido de aminoácidos esenciales de esta semilla, la cual presenta valores muy similares al patrón provisional de la FAO/OMS 1973 [46].

**Cuadro 2.2:** Composición de aminoácidos esenciales de varias especies de semilla de amaranto (gramos de aminoácido/100 gramos de proteína) [44].

Especies	Triptófano	Aromáticos	Treonina	Isoleucina	Valina	Lisina	Azufrados	Leucina
<i>A cruentus</i>	0.9-1.5	4.0-4.8	2.7-3.9	2.8-4.0	3.3-4.5	4.9-6.1	6.0-8.5	4.4-6.2
<i>A hypochondriacus</i>	1.2-1.5	4.0-4.1	2.8-2.9	3.0-3.1	3.4-4.6	3.4-4.9	5.5-6.4	4.7-5.2
<i>A caudatus</i>	-	2.8	2.8-4.0	1.8-3.1	1.2-4.1	4.0-5.7	3.1-4.0	3.2-5.0
<i>A hybridus</i>	-	0.7-1.5	2.7-3.7	3.0-3.7	-	4.5-6.3	15.2-18.2	6.0-7.1
<i>A edulis</i>	1.1-4.0	4.0	3.8-4.0	4.0-4.1	4.5-4.7	5.9-6.4	8.1-8.6	6.1-6.3
FAO/OMS 1973	1.0	3.5	4.0	4.0	5.0	4.8	6.3	4.7

En cuanto al contenido total de lípidos de la semilla de amaranto varía de un 6.4 a 17 gramos/100 gramos de materia seca, encontrándose en ellos un nivel de insaturación de alrededor del 75 % y presenta cantidades apreciables de ácidos grasos esenciales, tales como linoleico (C 18:1) y palmítico (C 16:0), con trazas de linolénico [22].

Lo que también ha llamado la atención respecto a la composición del aceite de amaranto es el porcentaje de escualeno, importante en el humano porque es precursor de la biosíntesis de esteroides y que se encuentra en la semilla en cantidades de 6.7 gramos/100 gramos de aceite y que normalmente en otros aceites está presente en menor cantidad, como por ejemplo, el aceite de germen de trigo o aceite de olivo, donde el porcentaje varía entre 0.1-0.7 gramos/100 gramos de aceite [22].

El almidón es el carbohidrato más abundante en la semilla de amaranto y corresponde aproximadamente al 62 % de su peso total. El contenido de amilosa en el almidón del amaranto es considerablemente menor que en el trigo, lo cual trae como consecuencia diferencias marcadas con relación a sus propiedades fisicoquímicas. Los gránulos de almidón de *A. hypochondriacus* están constituidos casi en un 100 % por amilopectina [32].

Para el caso del almidón de trigo se observan valores altos de viscosidad cuando este se calienta a 92 °C y después se enfría a 35 °C. Este fenómeno es consecuencia del alto contenido de amilosa, lo que favorece la formación de estructuras agregadas con el consiguiente incremento de la viscosidad. Sin embargo el almidón de *A. hypochondriacus* muestra valores menores de viscosidad en relación con el almidón de trigo cuando este se calienta y se enfría bajo las mismas condiciones.

En el cuadro 2.3, se muestra el contenido de nutrimentos inorgánicos en la semilla de amaranto. Se destaca el contenido relativamente alto de calcio, zinc, hierro y magnesio [41].

**Cuadro 2.3:** Contenido de minerales en la semilla de amaranto expresados en partes por millón (ppm) [41].

Especies	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Zinc	Cobre	Manganeso	Níquel
<i>A cruentus</i>	310	2900	1700	2440	174	37.0	12.1	45.0	1.8
<i>A hypochondriacus</i>	160	3800	1700	2300	106	36.2	8.2	23.0	1.9
<i>A edulis</i>	370	5800	1750	2890	84.2	40.0	8.0	22.0	2.4
INCMNSZ [19]	-	-	1000	400	15.0	15.0	2.0	-	-

Además se ha reportado que la semilla de amaranto presenta una adecuada capacidad de germinación incrementándose de esta manera la concentración de algunos aminoácidos y particularmente la lisina, así la importancia de los germinados se debe a que aumenta su aporte nutricio [16].

Se ha producido también harina de amaranto, que se elabora a partir de las semillas de amaranto tostadas de la especie *Amaranthus hypochondriacus*. La harina de amaranto presenta un elevado aporte nutricio, resultando una gran cantidad de aminoácidos esenciales [8], como se observa en el cuadro 2.4 Estudios previos sugieren que cuando la semilla de amaranto se somete a un proceso de tostado se mejoran las características sensoriales y nutricionales de esta [40, 41, 42].

**Cuadro 2.4:** Contenido de nutrimentos de la harina de amaranto por 100 gramos de porción comestible [12].

Componente	Unidades	Harina de <i>Amaranthus hypochondriacus</i>
Energía	Cal.	384.0
Proteína	g	14.5
Grasa	g	6.7
Carbohidratos	g	68.1
Fibra cruda	g	3.2
Humedad	g	4.2
Cenizas	g	3.0
Hierro	mg	3.6
Tiamina	mg	0.03
Riboflavina	mg	0.15
Niacina	mg	0.36
Vitamina C	mg	2.8

De igual manera en algunos estudios se han propuestos diferentes usos para las hojas de amaranto como son: sopas, ensaladas, concentrados proteínicos, forrajes, productos instantáneos, etc. [12].

Las hojas de amaranto son fuente de proteínas, vitaminas, así como de minerales, lo cual favorece la buena alimentación de los individuos que las consumen. Y colocan al amaranto como un alimento de alto rango, como lo muestran el cuadro 2.5 y 2.6 en comparación con la cantidad de nutrimentos de la espinaca, que es considerado como un alimento de elevado aporte nutricio, por su aporte importante de proteína, hierro, potasio, vitamina A, tiamina y riboflavina [45].

**Cuadro 2.5:** Contenido de nutrimentos por 100 gramos de porción comestible en hojas de amaranto y espinaca [45].

Componente	Unidades	Hoja de Amaranthus hypochondriacus cruda	Hoja de espinaca cruda
Materia Seca	%	13.1	9.3
Energía	Kcal.	36.0	26.0
Proteína	g	3.5	3.2
Grasa	g	0.5	4.3
Carbohidratos	g	6.5	4.3
Fibra cruda	g	1.3	0.6
Humedad	g	86.9	90.7
Cenizas	g	2.6	1.5
Calcio	mg	267.0	93.0
Fósforo	mg	67.0	51.0
Hierro	mg	3.9	3.1
Sodio	mg	-	71.0
Potasio	mg	411.0	470.0

**Cuadro 2.6:** Vitaminas de las hojas de amaranto en comparación con las de espinaca [43, 45].

Vitaminas	Unidades	Hojas Crudas de Amarantho	Hojas Crudas de Espinaca
Vitamina A	U.I.	6100	8100
Tiamina	mg	0.08	0.10
Riboflavina	mg	0.16	0.20
Niacina	mg	1.4	0.6
Vitamina C	mg	80	51

Respecto a la vitamina A, cuya carencia es proverbial en la mayoría de los países tercermundistas, se ha demostrado que las hojas de amaranto son una fuente excelente de vitamina A para niños de edad escolar y pre-escolar, y esta vitamina durante el proceso de deshidratación de la hoja de amaranto no se ve afectada, por lo que se recomienda su ingesta en estado fresco o deshidratado [12].

### 2.2.2 LEGUMINOSAS

Las leguminosas, una familia de plantas que se caracterizan por sus grandes flores y porque sus semillas están contenidas en una vaina. Las leguminosas se encuentran integradas por más de 1.200 especies, que crecen en casi todo el mundo y se adaptan a muy diversas condiciones climáticas y de suelo, al cual enriquecen debido a su propiedad de ser fijadoras de nitrógeno, Entre las especies consumidas en Occidente, las más populares son las judías blancas y rojas, las habas, los guisantes, las lentejas, los garbanzos y la soya.

Las leguminosas conocidas desde los primeros balbuceos de la agricultura, se caracterizan por su elevado contenido proteico y por su riqueza en legumina, es decir, albúmina vegetal, un nutrimento del grupo de las sustancias proteicas que tiene numerosas aplicaciones alimentarias e industriales, siendo una fuente importante que eleva considerablemente la obtención de nutrimentos para cubrir con las recomendaciones diarias de estos.

Como grupo, las leguminosas contienen aproximadamente dos veces más proteína que los cereales, en una porción y aproximadamente la mitad de las proteínas de la carne magra. La calidad de la proteína es tan importante como la cantidad. Las leguminosas son mejores que los cereales como fuente de aminoácidos esenciales: isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina. En particular, su alto contenido de lisina, un aminoácido esencial muy escaso en los cereales, hace que las leguminosas constituyan, un buen complemento para los cereales.

Así, la importancia nutricional de las leguminosas se debe a su elevada cantidad de proteínas (más del doble que los cereales), por lo que se les ha llamado “La carne de los pobres”. Sin embargo, estas proteínas son de valor inferior a las de origen animal, deficientes en aminoácidos azufrados; metionina y cisteína, y en algunos casos en triptófano. En cambio, tienen grandes cantidades de lisina, aminoácido deficiente en los cereales, por tanto se consideran buenos suplementos de ellos [37], por consiguiente, aquellas comidas en que se combinan las leguminosas y los cereales logran un buen equilibrio nutricional, como sucede en el caso del arroz con lentejas y maíz con frijoles.

Las leguminosas contienen otros elementos nutritivos muy apreciados, como sales minerales (calcio, hierro y magnesio), vitaminas del grupo B y abundantes hidratos de carbono.

Además de su riqueza en proteínas, albúminas y aminoácidos, las leguminosas tienen un alto contenido en fibra, un elemento fundamental en la eliminación de toxinas.

### 2.2.2.1 GARBANZO

El garbanzo pertenece a una de las familias más numerosas del reino vegetal, las leguminosas. Se desarrolla como un arbusto pequeño el cual crece durante todo el año [6].

El garbanzo puede crecer en zonas con precipitación pluvial moderada o bien en zonas con clima seco, desarrollándose fuertemente en lugares fríos, de clima seco y en tierras que tengan un buen drenaje y un pH de 5.5 a 8.6. Las condiciones óptimas para su cultivo, se encuentran entre 21 y 29 °C en el día y de 18 a 26 °C en la noche, con la humedad relativa de 21 a 41 %. Existen algunas variedades que pueden tolerar temperaturas muy bajas, hasta -9.5 °C, sin embargo las heladas, el granizo, y las lluvias en exceso dañan fuertemente la siembra [6].

Entre las leguminosas, el garbanzo ocupa el tercer lugar de producción en México, después del frijol y de la soya (cuadro 2.7). Se cultiva principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California Sur, Jalisco, Michoacán, Guanajuato, San Luis Potosí y Oaxaca [6], siendo los valles centrales dentro del estado de Oaxaca los mayores productores de este grano.

**Cuadro 2.7:** Producción de Leguminosas en México (2000) [6].

CULTIVOS	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	RENDIMIENTO (ton/ha)	PRODUCCIÓN (ton)
Frijol	1996408	0.642	1281706
Soya	391437	1.754	686456
Garbanzo *	86064	1.663	143138
Garbanzo**	35614	1.444	51443
Haba	22979	1.122	25773
Lenteja	12793	0.797	10198

- \* Para consumo humano.
- \*\* Para consumo animal.

En el cuadro 2.8 se presenta la composición química del garbanzo en comparación con diferentes leguminosas; de este se observa que el garbanzo contiene un promedio de 20 % de proteína, dos veces más que la de los cereales, por lo que se considera una buena fuente proteica y de aminoácidos indispensables como la isoleucina, fenilalanina, treonina y valina. En particular el alto contenido en lisina, hace que el garbanzo constituya un buen complemento para los cereales. Por otro lado los cereales complementan al garbanzo, en sus deficiencias de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína). El garbanzo es también fuente de energía y adicionalmente proporciona vitaminas y nutrientes inorgánicos, principalmente hierro.

**Cuadro 2.8:** Composición química del garbanzo en relación con otras leguminosas (en 100 g de peso neto) [18, 21].

Leguminosas	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Tiamina (mg)	Riboflavina (mg)	Niacina (mg)
Garbanzo	373	20.4	6.2	61.0	5.0	105.0	8.9	0.7	0.2	1.5
Frijol negro	332	21.8	2.5	55.4	4.0	183.0	4.4	0.6	0.2	1.8
Frijol bayo	332	22.7	1.8	58.5	4.0	200.0	5.7	0.7	0.1	1.7
Alubia	332	20.3	2.8	58.6	4.3	132.0	6.7	0.5	0.2	2.0
Lenteja	331	22.7	1.6	58.7	5.2	74.0	5.8	0.7	0.2	2.0
Haba	354	22.6	2.2	63.1	3.0	49.0	7.3	0.9	0.3	2.3
Soya	403	34.1	17.7	33.5	12.5	226.0	8.4	1.1	0.3	2.2

### 2.2.3 GERMINADOS

El germinado es cualquier semilla cuyo metabolismo es activado al ponerse en contacto con el calor, el agua y el aire. Su gran abundancia en vitaminas, minerales, enzimas y proteínas contenidos en proporciones adecuadas, y su bajo porcentaje en hidratos de carbono, los sitúan entre los alimentos más completos.

La importancia de los germinados se debe a que aumentan su aporte nutricional en comparación con semillas sin germinar, ya que tienen un alto rendimiento y se pueden incluir en diferentes comidas: desayunos, ensaladas, sopas, pastas, productos horneados, purés, hervidos de verdura, rellenos, bocadillos y acompañando cualquier carne o pescado.

La germinación es el resultado de un proceso que experimenta la semilla para convertirse en plántula y se define como “La reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, que provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de una nueva planta” [16].

La semilla es una estructura en reposo, la cual está deshidratada y compuesta de tejido de almacenamiento, en donde los procesos metabólicos están suspendidos o toma lugar lentamente, debido principalmente a la carencia de agua y oxígeno. El proceso de germinación es la reactivación del sistema, la absorción de agua y la iniciación del crecimiento.

Durante la germinación ocurre una serie de reacciones complejas en su naturaleza, que causan el desdoblamiento de ciertos materiales que se encuentran en el endospermo y que posteriormente se transportan hasta el embrión; todo esto es consecuencia de la activación de los componentes celulares de los sistemas de síntesis de proteínas que están funcionando para producir nuevas enzimas, materiales estructurales, compuestos reguladores, ácidos nucleicos, etc.

El germinado causa un incremento en la proteína total con respecto a la semilla sin germinar, con un cambio en la composición de aminoácidos un decremento en el almidón, incremento en azúcares, un escaso incremento en grasa y fibra cruda, elevación en las cantidades de vitaminas y minerales [21]. Aparte de incrementar los sólidos, los germinados aportan sabor.

La semilla de amaranto presenta características nutritivas importantes, las cuales mejoran con el proceso de germinación, debido a que se incrementa la concentración de proteína y especialmente del aminoácido lisina, como se muestra en el cuadro 2.9.

**Cuadro 2.9:** Contenido de proteína y lisina en muestras de germinado de amaranto [18, 21].

Tiempo de Germinación (h.)	% de Proteína a 26 °C	g de lisina /100 g de proteína 26 °C	% de Proteína a 30 °C	g de lisina /100 g de proteína 30 °C	% de Proteína a 35 °C	g de lisina /100 g de proteína 35 °C	% de Proteína a 40 °C	g de lisina /100 g de proteína 40 °C
0	15.78	4.52	15.78	4.52	15.78	4.52	15.78	4.52
6	15.65	4.28	14.47	4.86	14.95	4.15	14.96	4.07
12	16.46	4.76	15.24	4.25	15.53	3.86	15.29	4.09
18	16.23	4.28	15.77	5.14	15.38	4.42	15.10	4.50
24	16.39	4.42	15.86	5.55	15.72	4.55	15.25	4.64
30	16.41	4.84	16.11	4.78	16.20	4.38	17.50	4.24
36	16.07	4.98	17.31	5.58	19.37	4.41	16.28	4.90
42	16.19	4.2	19.71	5.23	21.19	4.32	17.28	4.87
48	18.19	4.84	18.79	6.47	19.55	4.99	19.73	5.17
54	17.95	4.88	19.25	4.96	20.15	5.14	20.16	5.05
60	18.12	5.66	19.34	5.82	20.85	5.18	20.36	5.38

De lo anterior se puede visualizar que tanto la semilla de amaranto en su estado natural, así como germinada, constituyen una alternativa interesante para el aprovechamiento del amaranto.

## 2.3 SUPLEMENTACIÓN

Desde que el hombre empezó a usar semillas para su alimentación seleccionó las que le eran benéficas y descartó las que le causaban daño; además encontró la forma de eliminar o destruir algunos tóxicos y aumentar el aporte nutricional.

Es posible que el hombre primitivo, al igual que los animales no domesticados, tuviera la capacidad de seleccionar y combinar los materiales que usaba para proporcionarse todos los nutrientes en cantidades adecuadas, o que le permitían subsistir. Uno de los procedimientos más simples que usó fue combinar cereales y leguminosas y realizar desde entonces lo que ahora los científicos tratan de lograr con métodos tecnológicos y amplios conocimientos de nutrición: la suplementación.

El término suplementación o enriquecimiento de los alimentos, se aplica a las diferentes formas usadas para elevar su aporte nutricional. Aunque lo anterior es aplicable para cualquier nutriente, se usa principalmente para incrementar la cantidad y calidad de las proteínas por ser el nutriente que está relacionado con problemas de salud, en particular en los grupos vulnerables: preescolares, embarazadas y mujeres que amamantan, que son los de mayores demandas de nutrientes [11].

Las organizaciones encargadas de vigilar la alimentación, recomendaciones y procedimientos para evitar la desnutrición en los grupos mencionados, han propuesto varios métodos para incrementar la calidad proteínica de los alimentos como son:

1. Mejoramiento genético para elevar la concentración de los aminoácidos limitantes. Este es el más adecuado porque no se modifican las características básicas de los granos; sin embargo esta solución es a largo plazo.
2. Adición de los aminoácidos limitantes. Este procedimiento aún es costoso, aunque ya se obtienen algunos aminoácidos en cantidades industriales como metionina y lisina. Otros siguen estando poco disponibles, como el triptófano.
3. Adición de concentrados proteínicos a los alimentos comunes. Principalmente las tortas residuales de la extracción de aceite. Este procedimiento es más complicado porque puede alterar las características sensoriales del alimento. Su ventaja es que además de mejorar la calidad, aumenta el contenido de proteínas.
4. Elaboración de mezclas de dos o más alimentos baratos con baja calidad proteínica pero que al mezclarse dan lugar a una composición de aminoácidos más balanceados y una mayor calidad proteínica.

Este último método es la aplicación de un procedimiento ya usado en forma natural por varios pueblos desde hace siglos, como las culturas de Mesoamérica que usaban en su dieta la mezcla de maíz y frijol, que continúa en los campesinos de México y Centroamérica aunque no siempre para alimentación de lactantes y preescolares.

La condición para que se realice la suplementación es que cada uno de los alimentos contengan el o los aminoácidos deficientes en el otro alimento [11, 37].

Las leguminosas reúnen cualidades para suplementar o proporcionar los aminoácidos escasos en los cereales (lisina y triptófano) y, a su vez, los cereales aportan los aminoácidos azufrados deficientes en las leguminosas. Cuando se realiza con los alimentos adecuados puede obtenerse un producto de mayor calidad proteínica.

Como la concentración de proteínas en los cereales es alrededor de 10% y en casi todas las leguminosas es aproximadamente de 20%, la proporción en peso óptima de cereal:leguminosa es de 2:1 que corresponde a 50:50 en proteínas de cada componente.

La mayor parte de las suplementaciones se efectúan con productos de origen vegetal abundantes o disponibles en el país o la región donde se elaboren. Se han usado también algunos concentrados proteínicos no convencionales para elevar el aporte proteico de un alimento, como las levaduras, algas y otras biomasas de organismos unicelulares. Sin embargo, hoy en día su uso está limitado por la poca información y estudios de toxicidad crónica, ya que no hay antecedentes de su empleo milenario como el de los alimentos convencionales.

Cuando se elabora una mezcla se realizan estudios biológicos con animales de experimentación para evaluar la calidad proteínica. La evaluación final se lleva a cabo con seres humanos, para conocer el valor biológico de la mezcla, es decir, que tanto se aprovecha de la proteína que contiene [36].

## 2.4 CALIFICACION QUÍMICA.

Debido a lo complejo que resulta tener una idea de las características nutritivas de una fuente proteica, durante años se han planteado diferentes procedimientos para evaluar la calidad de una proteína, ellos pueden agruparse en: Métodos Biológicos y Métodos químicos [15].

Los métodos biológicos han sido los más utilizados para evaluar la calidad de las proteínas en estudio debido a que aportan información acerca de como son utilizadas las proteínas por el organismo. Estos métodos se aplican en animales de experimentación y tienen las siguientes ventajas: nos da una respuesta del animal frente a la proteína en estudio, nos da criterios sobre su aceptación por el animal y nos brinda información sobre su toxicidad [15].

Sin embargo los métodos químicos a diferencia de los métodos biológicos son mucho más rápidos y sencillos y nos brindan información acerca de las características químicas de las proteínas. Estos métodos se basan en el análisis de la composición en aminoácidos esenciales, digestibilidad y disponibilidad de las fuentes proteicas. Los métodos químicos más utilizados son: computo químico, digestibilidad y aminoácidos disponibles.

El computo químico es uno de los principales métodos químicos para evaluar la calidad de la proteína y permite la predicción del aporte nutricional de proteínas de diferentes fuentes. Este método consiste en evaluar la cantidad de cada uno de los aminoácidos esenciales de la proteína problema y compararlos con la proteína patrón de referencia. Se considera que aquel aminoácido componente de la proteína que de menor porcentaje será considerado como aminoácido limitante [15].

Anteriormente la proteína del huevo era utilizada como referencia por su elevado valor biológico suponiéndose igual a 100% y que sus aminoácidos se encontraban en las proporciones requeridas, sin embargo, actualmente se sabe que en la proteína del huevo hay aminoácidos esenciales (lisina, metionina, leucina, Isoleucina) en cantidades superiores a los requerimientos, demostrándose que cubre en un 160 % los requerimientos de aminoácidos esenciales. Por lo anterior, los patrones de referencia se modificaron y en 1973 la FAO/OMS planteó que para la determinación del computo químico debe tenerse en cuenta las necesidades de aminoácidos por el hombre, los cuales varían de acuerdo con la edad, estados fisiológicos, patología, etc. Debido a esto se crearon nuevos patrones de referencia (cuadro 2.10) los cuales son considerados como los más adecuados porque toman en cuenta los requerimientos mínimos para cada grupo según las edades.

**Cuadro 2.10:** Patrón de requerimientos propuesto por la FAO/OMS 1973 en mg de aminoácido / g de proteína. [15].

Aminoácido	Nivel de Ingesta Patrón FAO/OMS
Isoleucina	40
Leucina	70
Lisina	55
Metionina + Cisteína	35
Fenilalanina + Tirosina	60
Treonina	40
Triptófano	10
Valina	50

La calificación química (score químico) (CQ.), expresa la cantidad de cada aminoácido esencial de la proteína problema como porcentaje del aminoácido de la proteína de referencia, el más bajo de ellos se toma como CQ.

$$CQ = \frac{\text{Porcentaje del aminoácido limitante} \times 100}{\text{Porcentaje del aminoácido de la proteína de referencia}}$$

## 2.5 TECNOLOGÍA EN LA ELABORACIÓN DE SOPAS TIPO CREMA.

Las primeras sopas surgieron cuando el hombre primitivo descubrió el fuego y su capacidad para ablandar los bulbos y raíces que recolectaba, al tiempo que transmitían su sabor al agua durante la cocción, fórmula que fue evolucionando hasta llegar a las refinadas sopas actuales y a las cremas de textura suave aterciopelada en la que el sabor del ingrediente principal se ve realzado con diversos aromas. Unas y otras, con todas sus variantes, ofrecen una alternativa interesante para iniciar una comida, siendo las más populares las de verduras y las de pescados o mariscos.

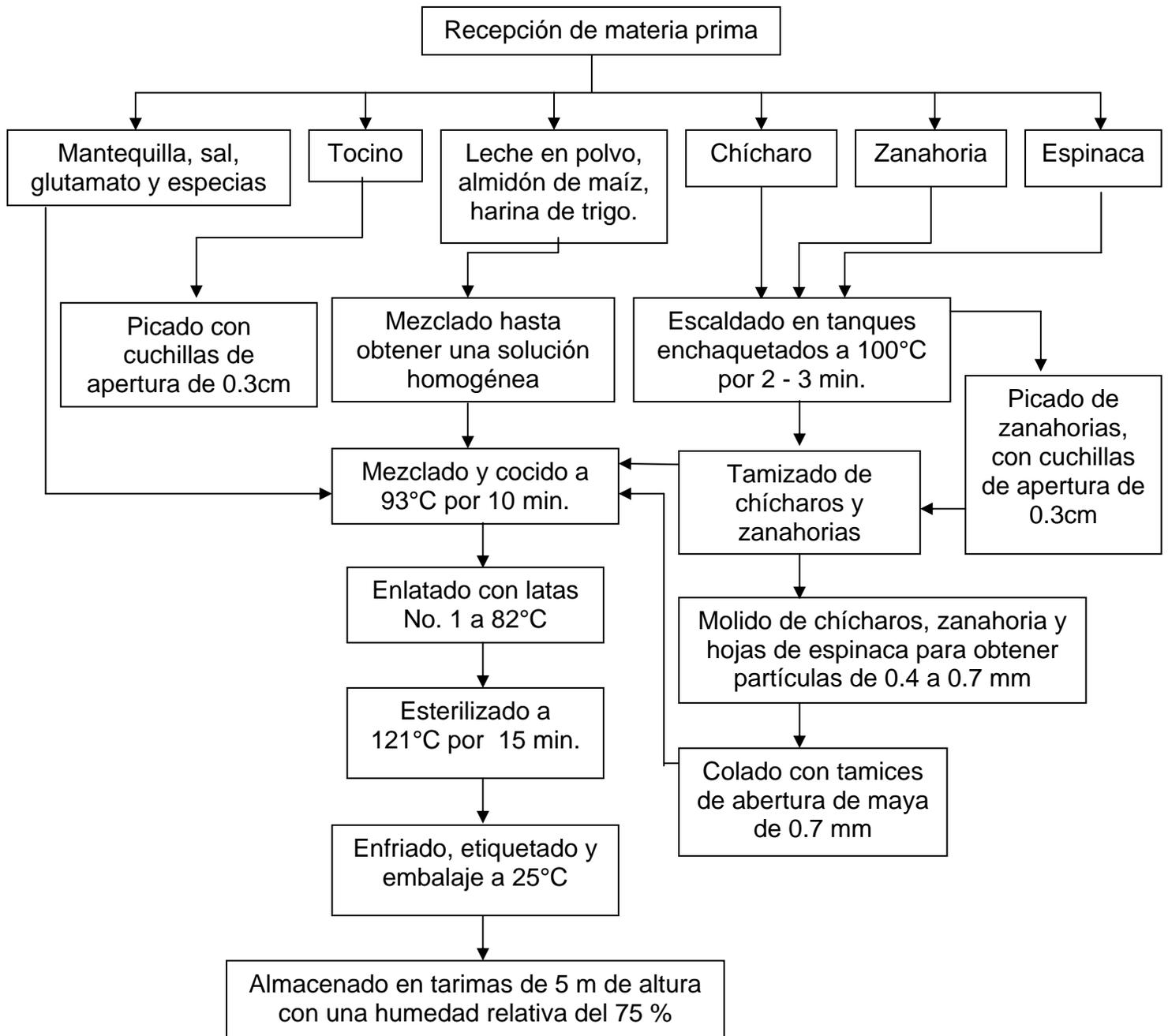
Entre los vegetales más utilizados en la elaboración de las sopas tipo crema se encuentran el chícharo, la zanahoria, apio, tomate, espárragos y champiñón. Las materias primas que entran a las fábricas elaboradoras de sopa pueden ser frescas, congeladas, deshidratadas o enlatadas. La elección depende de los requerimientos del producto final, el costo inicial, disponibilidad y facilidad de manejo. El estado fresco de la materia prima es el más utilizado, sin embargo los vegetales procesados pueden ser usados para extender el sabor de la sopa enlatada.

### **2.5.1 PROCESOS PARA LA ELABORACION DE SOPAS TIPO CREMA.**

Campbell's de México, S.A. de C.V. presenta entre su gran variedad, la sopa tipo crema condensada de chícharos, a la cual sólo hace falta adicionarle agua y leche. Esta sopa reporta como ingredientes: chícharos, leche descremada, zanahorias, harina de trigo, espinacas, tocino, almidón de maíz, aceite vegetal comestible, mantequilla, glutamato monosódico, saborizantes y espinacas.

En estudios anteriores [17] basados en información bibliográfica [11, 13, 24, 35], referente al proceso de elaboración de sopas y procesamiento de vegetales, se propusieron los diagramas de proceso de elaboración de la sopa tipo crema condensada de chícharo (figura 2.1) y el proceso de elaboración de una sopa tipo crema de elote en polvo (figura 2.2), presentándose las diferentes etapas de procesamiento.

**Figura 2.1:** Proceso de elaboración de sopa tipo crema condensada de chícharo [17]



## **2.5.1.1 ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA SOPA TIPO CREMA CONDENSADA DE CHICHARO**

### **2.5.1.1.1 RECEPCIÓN:**

Primeramente se desvainaron los chícharos y se separaron las fracciones comestibles de las zanahorias y hojas de espinaca para su posterior lavaron.

Después de aceptar los lotes de verduras frescas, según los estándares de calidad, éstas deben ser almacenadas en refrigeración con una humedad relativa de 90 a 95 % por un tiempo no mayor a 2 semanas, sin olvidar que las temperaturas de congelación son  $-1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$  para la zanahoria,  $-1.1$  para el chícharo,  $-0.94\text{ }^{\circ}\text{C}$  para la espinaca [37]. Las verduras frescas se deben someter a un proceso de limpieza para eliminar la basura, partes lastimadas e insectos. Esto puede ser realizado mediante un seleccionador de rodillos, seguido de una inspección manual. Posteriormente se hace un lavado con agua corriente para remover la suciedad de la superficie y la basura de menor tamaño. Es importante el uso de un desinfectante para las zanahorias y las espinacas por ser vegetales con alto contacto con la tierra. Por último, se realiza una preparación especial para los chícharos que consiste en la eliminación de la vaina, así como un lavado y un picado de la zanahoria [24].

### **2.5.1.1.2 ESCALDADO:**

Los vegetales por separado, se someten a este proceso para detener los procesos fisiológicos, inactivar enzimas, fijar el color y eliminar el sabor a crudo. Se puede realizar en tanques enchaquetados a una temperatura de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  de 2 a 3 minutos.

### **2.5.1.1.3 PICADO:**

El tocino es pasado a través de un cútter con aperturas de cuchillas de 0.3 cm. Las zanahorias entran a una picadora para obtener cubitos de  $0.6 \times 0.6$  cm aproximadamente.

### **2.5.1.1.4 TAMIZADO:**

Mediante una malla clasificadora, se separan los chícharos y los cubos de zanahoria, entre gruesos y finos, seleccionando el tamaño deseado de partículas para que actúen como los sólidos suspendidos en la sopa, y el resto rechazado se destina para la mezcla de molido y colado.

#### **2.5.1.1.5 MOLIDO Y COLADO:**

El molido de los desechos de zanahoria, chícharo y las hojas de espinaca, se realizan por una trituración mecánica, el colado debe proporcionar una pasta con partículas de diámetros no mayores de 0.4 a 0.7mm.

#### **2.5.1.1.6 MEZCLADO:**

En el mezclador se disuelve la leche descremada, el almidón de maíz y la harina de trigo con el agua, hasta obtener una solución homogénea (lechada).

#### **2.5.1.1.7 MEZCLADO Y COCCIÓN:**

Se mezcla el puré de verduras con la lechada, las especias, la sal, los potenciadores de sabor y el tocino. Se lleva la mezcla a 93 °C, se adiciona la materia picada y se mantiene con agitación y se cocina por 10 minutos más.

#### **2.5.1.1.8 ENLATADO:**

Se realiza en latas del número 1, a una temperatura de 82 °C.

#### **2.5.1.1.9 ESTERILIZACIÓN:**

Se procesan las latas en una autoclave durante 15 minutos a 121 °C.

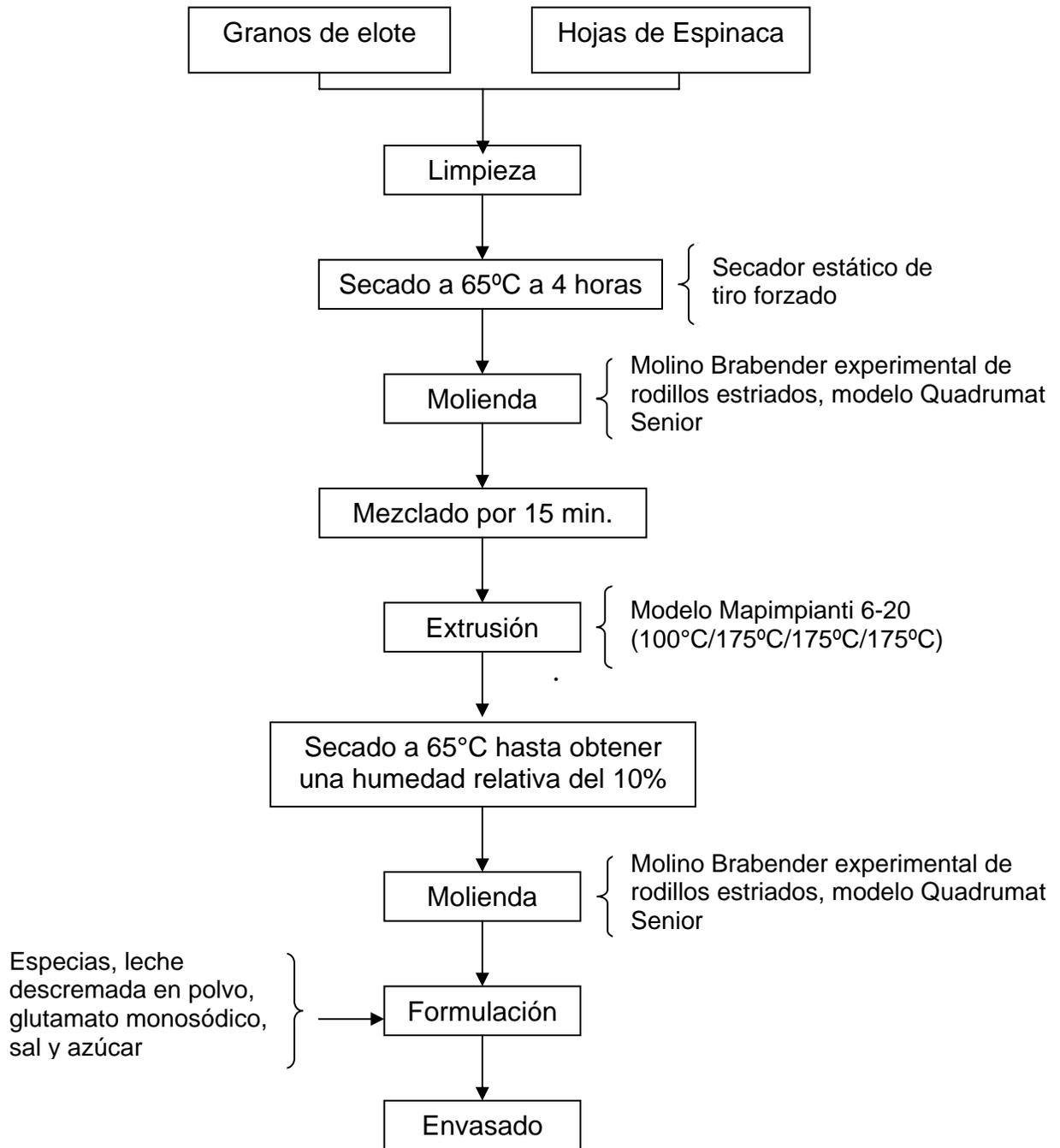
#### **2.5.1.1.10 EMBALAJE:**

Esta etapa comprende el lavado y enfriado de las latas hasta una temperatura ambiente, permitiendo el etiquetado y su posterior acomodo en cajas de cartón corrugado para el enfriado.

#### **2.5.1.1.11 ALMACENAMIENTO:**

Se realiza en bodegas de producto terminado, las tarimas son de una altura máxima de 5 metros. El almacén debe ser fresco y con un ambiente seco; la humedad relativa no debe ser mayor al 75%.

**Figura 2.2:** Proceso de elaboración de cremas de elote [17].



En la figura 2.2, se observa el procedimiento propuesto para la elaboración de una sopa tipo crema de elote, con presentación final en polvo, y cuyos granos son deshidratados para que en el proceso de mezclado se realice la formulación con los demás ingredientes.

### **2.5.1.2 ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA SOPA TIPO CREMA EN POLVO.**

#### **2.5.1.2.1 LAVADO:**

Las hojas y los granos se someten al lavado con agua corriente por separado, para eliminar material indeseable que se encuentre presente, y después se escurren en tamices.

#### **2.5.1.2.2 SECADO:**

Una vez lavadas y escurridas las hojas de espinaca y ya efectuada la limpieza y desgrane de los elotes se introducen en el secador, deshidratándose en un tiempo de cuatro horas a temperatura de 65 °C con el fin de conservar el aporte nutricional de las mismas.

#### **2.5.1.2.3 MOLIENDA Y MEZCLADO:**

Cuando ha terminado la deshidratación, se procede a la molienda, obteniéndose harina de espinaca y elote, a continuación se realiza el mezclado por 15 minutos para obtener una homogenización adecuada.

#### **2.5.1.2.4 EXTRUÍDO**

Posteriormente, la mezcla se somete a extrusión. Durante este proceso, se da la plastificación y calentamiento que se le da al almidón y a las proteínas humedecidos, dentro de un tubo por una combinación de presión, calor y rotación mecánica, debido a las altas temperaturas se promueve la gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas, reestructurándose estos componentes para obtener un extruído en forma laminar.

Para obtener un extruído óptimo se deben tener en cuenta dos parámetros importantes:

1. **Humedad:** Las mezclas al entrar al extrusor deben tener una humedad del 30 % ya que durante el proceso de extrusión parte de esta humedad se evapora, obteniéndose un extruído reseco y quebradizo y en caso extremo carbonizado si no se tiene la humedad requerida.

2. Temperatura: Las temperaturas máximas para precocidos de harinas son: para el primer compartimento de calor es 100 °C, para que las mezclas al entrar al extrusor no presenten un cambio brusco entre la temperatura del medio ambiente y la temperatura del extrusor, para los otros tres compartimentos de calor, la temperatura es de 175 °C.

#### **2.5.1.2.5 SECADO:**

Los extruídos se introducen al secador para obtener una humedad aproximadamente del 10 % a una temperatura de 65 °C, con el fin de que al molerlos se obtenga una harina porosa

#### **2.5.1.2.6 MOLIENDA:**

Teniendo la humedad adecuada (10%), se someten los extruídos a una molienda para obtener la harina de espinaca y elote.

#### **2.5.1.2.7 FORMULACIÓN Y ENVASADO:**

Con las harinas obtenidas se realizó la formulación para el producto final. En este paso se da la condimentación de la mezcla y su envasado.

### **2.5.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE MATERIAS PRIMAS COMPLEMENTARIAS EN LA ELABORACIÓN DE SOPAS TIPO CREMA.**

Dentro de los elementos adicionales para la elaboración de alimentos se encuentran los aditivos, que son aquéllos que se añaden intencionalmente a los alimentos en pequeñas cantidades, con la finalidad de mejorar su apariencia, sabor, textura o propiedades de almacenamiento.

Dentro de los aditivos, podemos encontrar condimentos y especias, los cuales son productos muy apreciados por los consumidores por su capacidad para incrementar o modificar el sabor, aroma o incluso el color de los alimentos. Los condimentos están formados principalmente por la sal y el vinagre, con su uso se incrementa el sabor propio de los alimentos, aunque algunos vinagres puedan aportar aromas diferenciadores. Las especias, en cambio, se emplean para modificar el aroma, sabor o color de los alimentos a otros más apreciados por el consumidor.

### **2.5.2.1 HARINA DE TRIGO.**

Por su elevado contenido en almidón funciona como ligante de agua, dando consistencia. Entre los 70 °C y 78 °C se presenta una primera gelatinización del almidón que da textura suave. La presencia de azúcares también liga agua además de dar sabor. Las proteínas de la harina de trigo tienen la característica de formar gluten cuando se hidratan, éstas se desnaturalizan entre los 78-80 °C contribuyendo a la consistencia y textura de la sopa.

### **2.5.2.2 LECHE DESCREMADA.**

La leche descremada en polvo es el ingrediente lácteo en base seca más popular debido a su excelente sabor, propiedades funcionales, su aporte nutricional y su fácil almacenamiento [35].

Le da a la sopa un suave pero agradable sabor. Las proteínas lácteas, constituidas principalmente por caseinatos (80 %), son buenas ligadoras de agua, además de tener propiedades coagulantes. La lactosa de la leche tiene un efecto similar al del glutamato monosódico, estabilizando también el sabor durante el procesamiento y el almacenamiento.

### **2.5.2.3 SUSTITUTO DE LECHE.**

Es un polvo fino y homogéneo de color blanco con ligera tendencia a crema que contiene sólidos de jarabe de maíz, grasa vegetal, leche descremada en polvo, fosfato dipotásico, emulsificantes, antioxidantes, colorantes y saborizantes artificiales. Proporciona a la sopa un ligero sabor que recuerda a la leche, aparte de dar “cremosidad” al producto final.

### **2.5.2.4 SAL YODATADA.**

Es un sazonador por excelencia, por lo que acentúa el sabor. Dentro de los factores que afectan a la gelatinización del almidón encontramos la presencia de la sal; la cual incrementa el pico de viscosidad cuando se calientan suspensiones de almidón. Debe utilizarse a tal grado que mejore el sabor natural del producto.

### **2.5.2.5 ALMIDÓN DE MAÍZ.**

La principal propiedad funcional del almidón en las sopas, es la de actuar como espesante, lo que a su vez le permite actuar como estabilizador coloidal, retensor de humedad y también puede actuar como formador de gel. La viscosidad del almidón de maíz es constante a bajas velocidades de cizalla, y decrece agudamente a elevadas velocidades de cizalla. El pH genera un efecto desestabilizador y adelgazador en intervalos de 4.5 o menores, pero pH igual a 6 exhibe su máxima estabilidad.

#### **2.5.2.6 MARGARINA.**

Imparte un deseable sabor y aroma, ya que durante el proceso de calentamiento se hidrolizan parcialmente los triglicéridos. La grasa actúa como lubricante y los fosfolípidos presentes actúan como emulsificantes, facilitando la mezcla de los ingredientes.

#### **2.5.2.7 GLUTAMATO MONOSÓDICO.**

Es un reforzador de sabor. La sopa puede contener 1.5%. Las proteínas hidrolizadas vegetales o de extractos tienen la misma función.

#### **2.5.2.8 ESPECIAS.**

Las especias, son las hojas, flores, brotes, frutas, semillas y cortezas de diversas plantas y son incorporadas a los alimentos sólo en cantidades pequeñas, pero contribuyen marcadamente al aroma y sabor del producto final, por la presencia de aceites volátiles (aceites esenciales) y aceites fijos. Las especias más comunes son: hojas de laurel, tomillo, pimienta, ajo y cebolla, canela, perejil, curry, cilantro, páprika, entre otras.

#### **2.5.2.9 ACEITE VEGETAL COMESTIBLE.**

Tiene como propiedad funcional aumentar la palatabilidad, además de ser suavizante y texturizante. También regula los procesos de transferencia de calor. Los más comunes son el cártamo, girasol, maíz, algodón, soya y ajonjolí [35].

### **2.5.3 EQUIPOS PARA LA ELABORACIÓN DE SOPAS TIPO CREMA.**

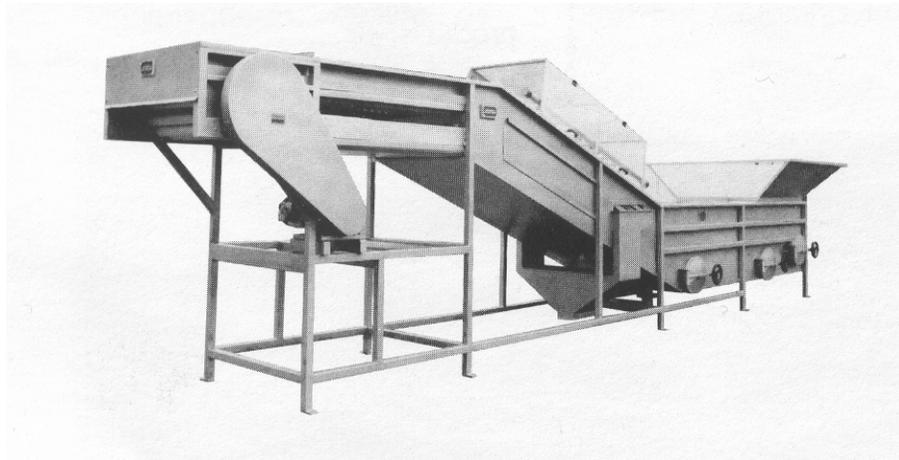
La industria alimentaria es muy grande, ésta produce, procesa, transporta y distribuye los alimentos, e incluye un número grande de operaciones, dentro de las que podemos encontrar: congelación, deshidratación, fermentación, entre otros. Para el desarrollo de los procesos, se ha creado una gran variedad de equipos, los cuales pueden ser adaptados a las necesidades de la planta procesadora, dependiendo de sus dimensiones.

En los procesos de elaboración de las sopas tipo crema se involucran operaciones como son: lavado, escaldado, picado, tamizado, molienda, mezclado, cocción, secado, extrusión, envasado y esterilizado, los equipos que podrían utilizarse en algunas etapas se presentan a continuación.

### 2.5.3.1 LAVADO

En la figura 2.3 se presenta el equipo que puede ser utilizado para el lavado de los chícharos, zanahorias y espinacas en la preparación de la sopa crema

**Figura 2.3:** Lavadora de inmersión marca JERSA

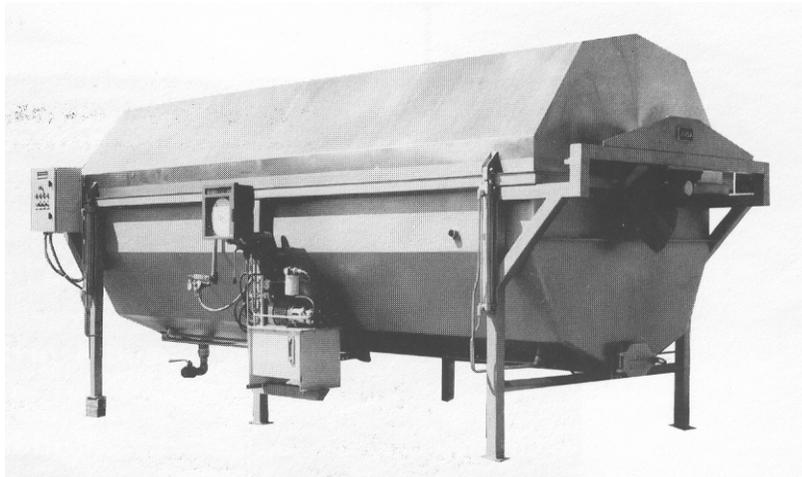


Lavadora de inmersión marca JERSA, Se puede utilizar para productos tales como coliflor, coles de bruselas, brócoli, espárrago, apio, jitomate, así como productos delicados en su manejo. Cuenta con un transportador elevador que permite sacar el producto al equipo siguiente, eliminado así la necesidad de un sistema de elevación extra. Las partes de este equipo que se encuentran en contacto con el producto están construidas en acero inoxidable o acabado galvanizado, así como plástico.

### 2.5.3.2 ESCALDADO

Con la finalidad de inactivar biológicamente las verduras, hortalizas y leguminosas que son usadas en la preparación de la sopa crema, así como para reafirmar su color y dar mejor sabor son escaldadas utilizando una escaldadora (figura 2.4)

**Figura 2.4:** Escaldadora rotativa marca JERSA

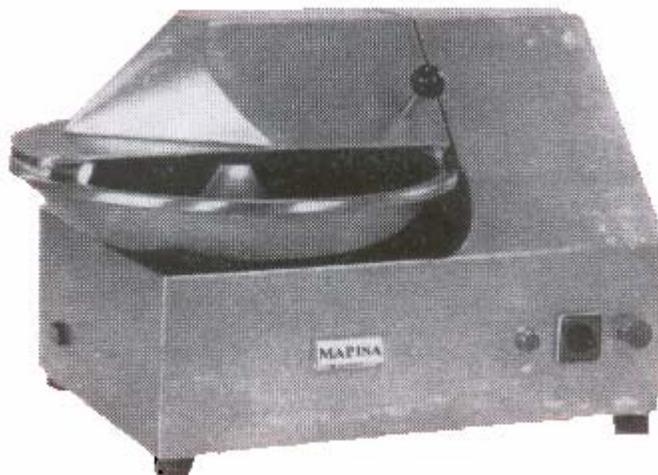


Escaldadora rotativa marca JERSA. Diseñada para el manejo de productos como guayaba, durazno, chiles, chícharos, entre otros. Este equipo consta de un tambor rotativo perforado montado en una tina, el medio de escaldado es agua o sosa calentado por medio de un serpentín. El producto se alimenta por una tolva de carga hacia el tambor donde se transporta por medio de un helicoidal hasta el punto de descarga. Durante el paso del producto a través del tambor, éste es inmerso o flota en el medio de escladado. Mediante este equipo se elimina el aire atrapado, se reafirma el color y se destruye o retarda el daño enzimático

### 2.5.3.3 PICADO Y MOLIDO:

El picado es ocupado para obtener cubos de tamaño deseado de las verduras generalmente, así como para cortar la carne que es incluida en la sopa tipo crema. Para esta etapa se propone la utilización de equipos como el que se muestra en la figura 2.5.

**Figura 2.5:** Procesador de alimentos, picadora horizontal marca MAPISA.



Procesador de alimentos, picadora horizontal (cutter) marca MAPISA. Diseñado para picar carnes, vísceras, verduras, frutas, así como para preparar hamburguesas, pasteles de carne, embutidos, salsa de tomate, ajos molidos, salsas mexicanas, purés, patés, entre otros. Fabricado en acero inoxidable y aluminio.

#### 2.5.3.4 SECADO:

Para el caso en que la sopa tipo crema es en polvo, las materias primas como las hojas de espinaca y los granos de elote son secados para después ser incorporados en la sopa tipo crema. El equipo que puede utilizarse para llevar a cabo esta etapa es el secador tipo charola que se presenta en la figura 2.6.

**Figura 2.6:** Secador tipo charola marca JERSA



Secador tipo charola, marca JERSA. Este equipo se utiliza para el secado artificial de frutas y hortalizas . Controlando la humedad y la temperatura para un mejor deshidratado. Este equipo funciona con aire caliente.

### 2.5.3.5 MEZCLADO Y COCCIÓN:

Una vez que los ingredientes para preparar la sopa están listos, se procede al mezclado y su posterior cocción, siendo una alternativa para el desarrollo de esta operación la marmita con agitación (figura 2.7).

**Figura 2.7:** Marmita fija con agitación marca JERSA

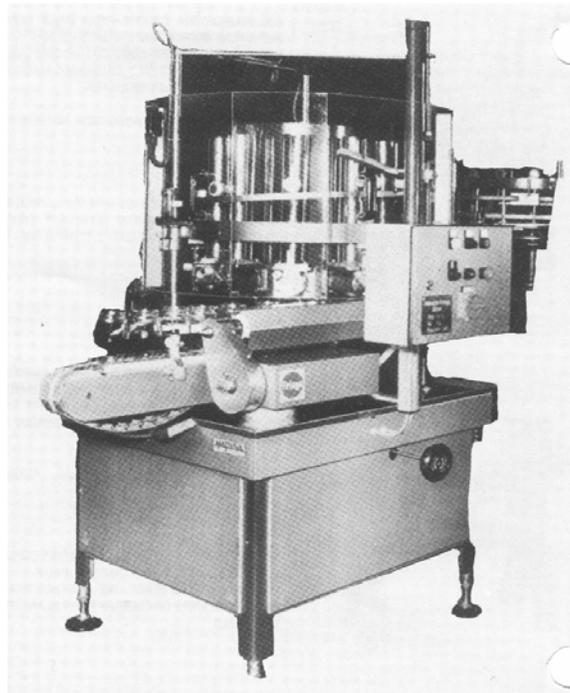


Marmita Fija con agitación marca JERSA. Olla de doble fondo para vapor, construida en acero inoxidable. Se utiliza para iniciar la preparación del líquido de agregado para una línea de empaque o para efectuarse el pelado de frutas en soluciones calientes de sosa, el escalde o blanqueo de frutas y hortalizas, la elaboración de jaleas, ates, mermeladas, confituras, elaboración de sopas, salsas, entre otros. La máquina consta de entrada para vapor, válvula de alimentación de vapor, manómetro, válvula de seguridad, agitador eléctrico y conexión de descarga y trabaja con una presión de  $2.1 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.5.3.6 ENVASADO:

El envasado de la sopa tipo crema puede ser realizado por medio de una envasadora de pistón como se muestra en la figura 2.8.

**Figura 2.8:** Envasadora por pistones marca MAPISA



Envasadora por pistones marca MAPISA. Diseñada para el envasado exacto de productos como mermeladas, salsas, sopas viscosas, catsup, mostazas, alimentos para bebés, aditivos y aceites comestibles. Está construida de acero inoxidable.

### 2.5.3.7 ESTERILIZADO:

Cuando la sopa crema ha sido envasada es pasada al proceso de esterilización con la ayuda de una autoclave (figura 2.9), para asegurar la calidad microbiológica del producto.

**Figura 2.9:** Autoclave marca JERSA



Autoclave marca JERSA. Este equipo se utiliza para la esterilización del envase. La autoclave es un recipiente cilíndrico cerrado que opera generalmente bajo presión del vapor de agua. Este equipo cuenta con una válvula de venteo, válvula de purga y válvula de seguridad, así como de descarga. También, cuenta con un manómetro, termómetro de mercurio y termómetro registrador.

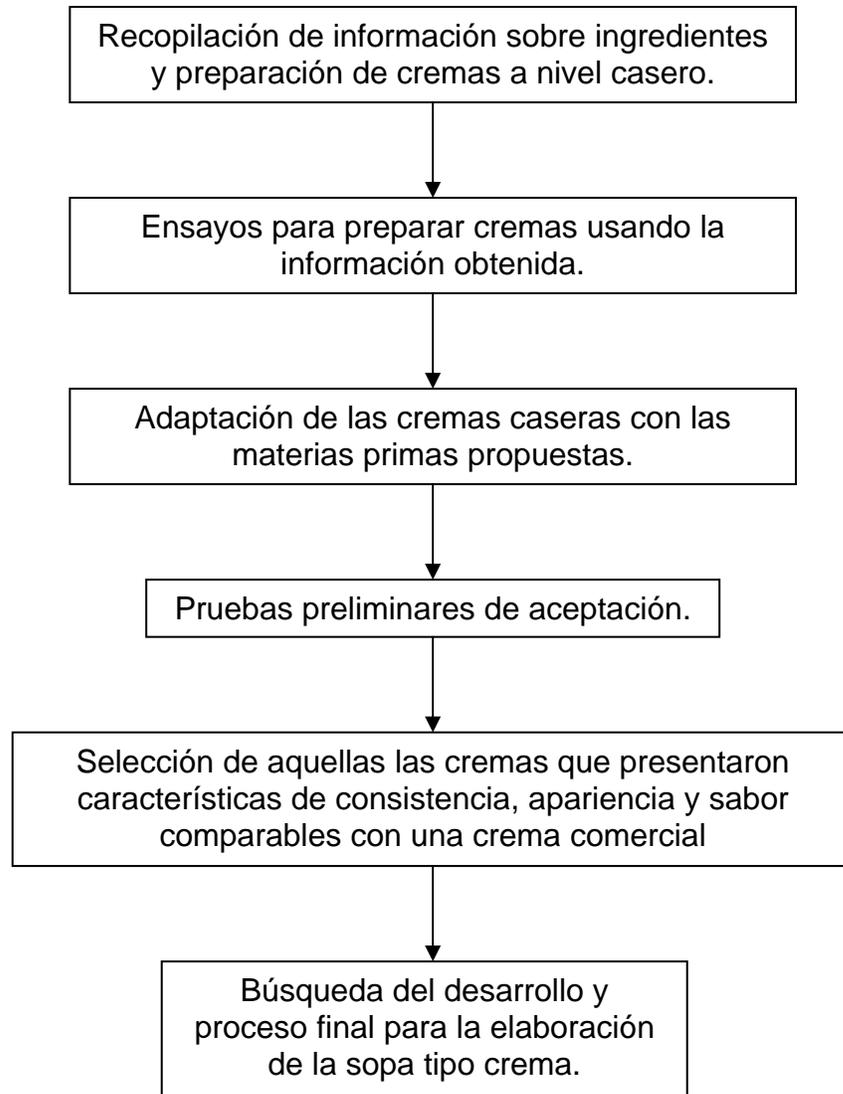
# 3.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

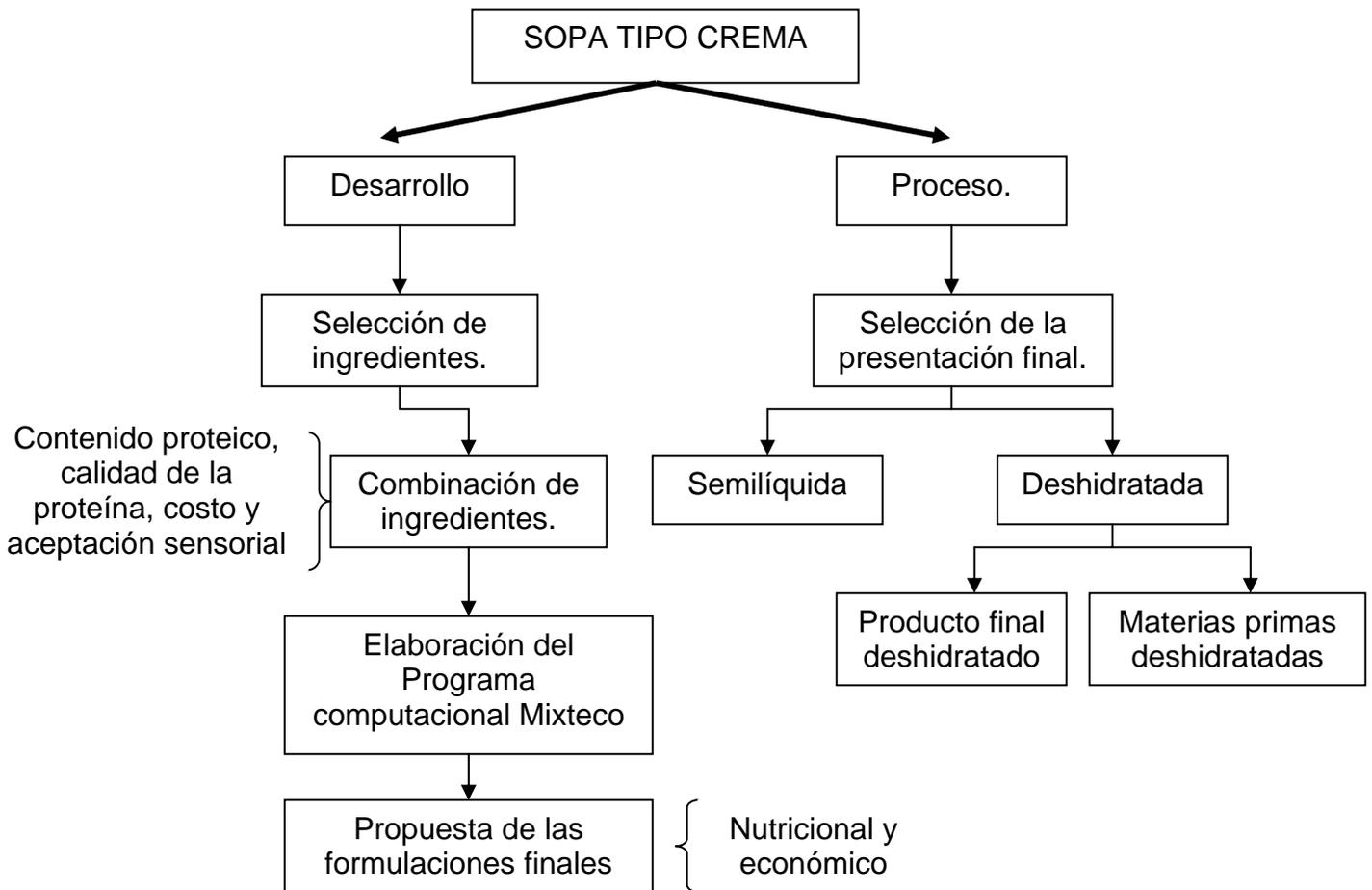
Primeramente se efectuaron pruebas preliminares en las cuales se prepararon algunas sopas caseras tomando como base la información recopilada previamente (figura 3.1).

**Figura 3.1:** Esquema general del procedimiento empleado en la Investigación preliminar para el desarrollo de la sopa tipo crema.



Con este conocimiento se planteó el esquema de la figura 3.2, que señala las dos vertientes claves de la investigación que fueron: el desarrollo y la búsqueda del proceso para la elaboración de la sopa tipo crema.

**Figura 3.2:** Aspectos claves en el procedimiento empleado en la Investigación para el desarrollo de la sopa tipo crema.



El esquema de la figura 3.2, muestra los dos aspectos más importantes en el desarrollo de la sopa tipo crema. El primero de ellos fue el desarrollo del producto que involucró: la selección y combinación de las materias primas, elaboración del programa computacional Mixteco y la selección de las posibles formulaciones finales. Los criterios que se consideraron para la selección de las formulaciones finales fueron: contenido proteico, calidad proteica, costo y aceptación sensorial. Para facilitar los cálculos teóricos se desarrolló el programa computacional Mixteco [23] con el cual se evaluaron las mejores combinaciones de las materias primas desde el punto de vista nutricional y económico.

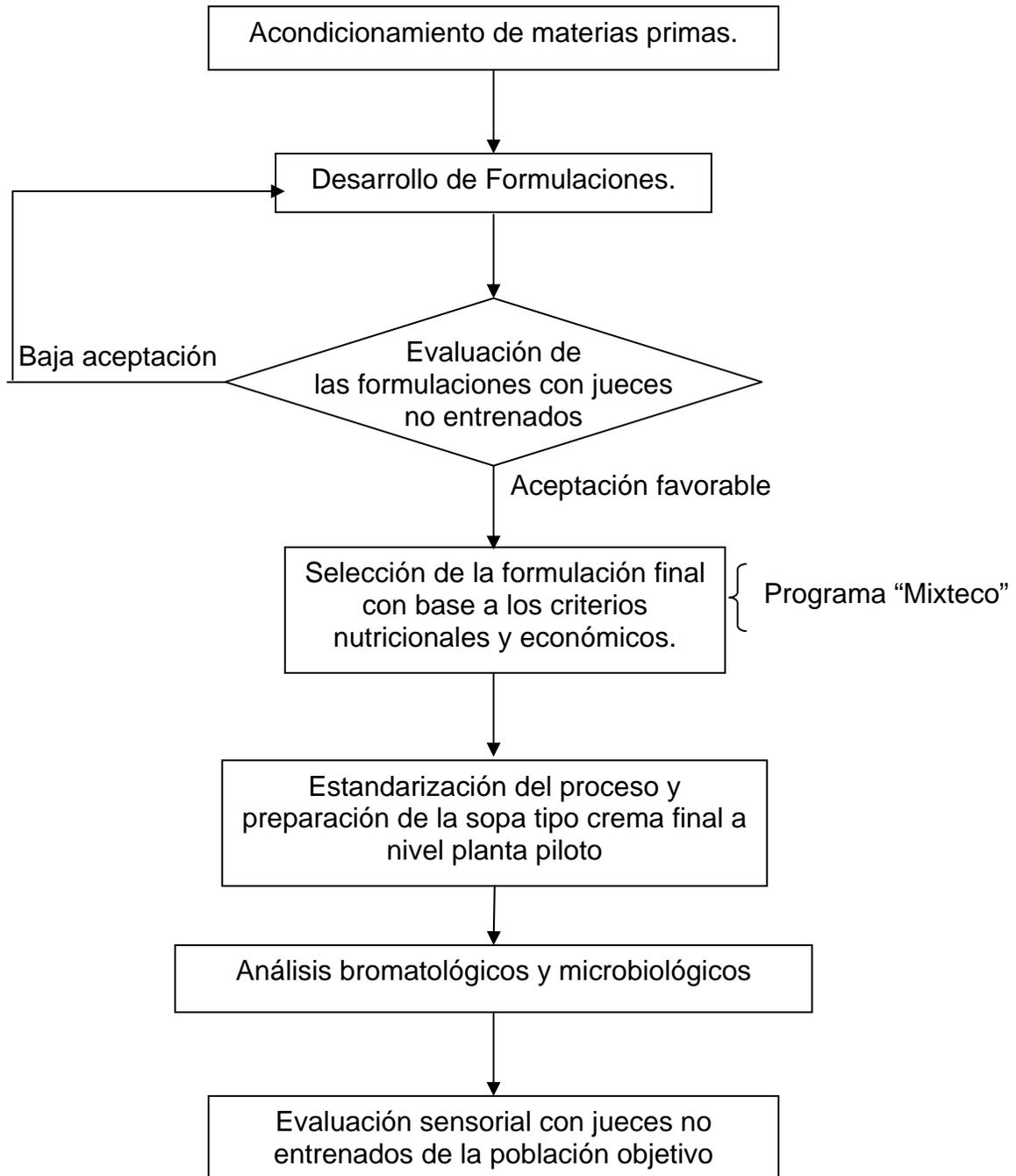
El segundo aspecto que se consideró fue el tipo de proceso, el cual consistió en probar dos tipos de presentaciones finales: una semilíquida y otra deshidratada. En el caso de la presentación semilíquida se propuso la opción del envasado metálico y en Tetra-Pack, siendo ambos poco factibles desde el punto de vista técnico y económico, por lo que se recurrió a la presentación deshidratada en polvo. Para obtener la presentación en polvo, se planteó su obtención a partir de: 1) el deshidratado de la sopa tipo crema preparada y 2) materias primas deshidratadas. La primera opción resultó poco factible, debido a la falta del equipo especializado para el deshidratado de productos semilíquidos. Por lo tanto, se determinó que la segunda opción era el proceso más factible, ya que se contaba con el equipo necesario para llevarlo a cabo.

Una vez que se seleccionó el tipo de proceso que fue la sopa tipo crema con materias primas deshidratadas, se inició con el acondicionamiento de cada uno de los ingredientes principales para el desarrollo de la serie de formulaciones (figura 3.3).

Estas nuevas formulaciones se evaluaron sensorialmente con un grupo de jueces no entrenados, aquéllas que fueron rechazadas se reformularon. Una vez aceptadas, se pasó a la selección de la formulación final con base a los criterios evaluados por el programa Mixteco (calidad nutricia y costo). Posteriormente, se pasó a la etapa de estandarización del proceso y preparación de la sopa tipo crema final a nivel planta piloto. Con la finalidad de conocer las características del producto desarrollado, se llevaron a cabo los análisis bromatológicos (proteínas, cenizas, humedad y extracto etéreo) y microbiológicas (hongos y levaduras, coliformes totales y mesófilos aerobios) correspondientes.

Finalmente para conocer el grado de aceptación de la sopa tipo crema final se llevó a cabo una prueba de aceptación sensorial con 150 jueces no entrenados de la población rural de Santiago Huajolotitlan.

**Figura 3.3:** Esquema general del procedimiento final empleado en la Investigación.



### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA.

La sopa tipo crema obtenida como resultado de esta investigación se elaboró a base de las siguientes materias primas:

- Semilla Integral de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) proveniente de la comunidad de San José Tenerías y de la cosecha de Invierno de 2002.
- Hoja de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) proveniente de diferentes plantíos de la comunidad de San José Tenerías correspondiente a la siembra de mayo de 2001 y cosechada en los meses de Junio y Julio de 2001, utilizándola de forma indistinta a su tamaño.
- Grano de Garbanzo seco, adquirido en comunidad de Santiago Huajolotitlan, desconociéndose la variedad específica y la fecha de su cosecha.
- Harina de Trigo, adquirida en la localidad de Huajuapán de León Oaxaca.

### 3.2 ACONDICIONAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS PARA LA SOPA TIPO CREMA.

En el caso general de las harinas de amaranto, garbanzo, germinado de amaranto y polvo de hoja de amaranto, el proceso de transformación resulta de gran importancia y cuidado, porque de esto depende el que las características de la sopa tipo crema sean constantes, haciéndose necesaria su estandarización y control de las variables que intervienen como son: temperatura y tiempo.

El hecho de que la materia prima a usar mantenga una calidad adecuada, se ve reflejado en el producto final, por lo que se tuvo cuidado con la adquisición de los granos con los que se elaboraron las harinas y polvos a utilizar. Se estableció un mismo lugar de procedencia para su compra, previniéndose variabilidades grandes entre grano y grano a procesar. También se tomaron en cuenta los costos y la facilidad para obtener los granos, buscando que de preferencia se tuviera un abastecimiento suficiente según las necesidades que se presentan durante la transformación de la materia prima para el desarrollo y elaboración de la sopa tipo crema. En los apartados siguientes se mencionan los procesos de acondicionamiento requeridos para cada materia prima.

#### 3.2.1 OBTENCIÓN DE GERMINADO DE AMARANTO

Se realizaron determinaciones preliminares con diferentes semillas de amaranto, garbanzo, alubia, lenteja y frijol negro con la finalidad de encontrar el germinado a utilizar en la formulación de la sopa tipo crema. Para la obtención de un proceso de elaboración de germinados, se tomó como guía lo reportado en la página electrónica de la Profeco de Tecnologías domésticas [48]. Una vez germinadas las semillas se eligió el amaranto para elaborar germinado sometiendo a diferentes temperaturas y tiempos de remojo para encontrar el mayor rendimiento.

### **3.2.2 OBTENCIÓN DE HARINA DE AMARANTO**

Para obtener la harina de amaranto fue necesario someter a la semilla de amaranto a un tostado. Para ello se experimentaron diferentes temperaturas en un intervalo de 100 a 150 °C y distintos tiempos de exposición que fueron de 1 a 2 min. 20 seg. Una vez encontradas las condiciones de tiempo y temperatura que permitieron obtener el mejor sabor, color y apariencia de la semilla, ésta fue sometida a molienda en un molino de discos dentados.

### **3.2.3 OBTENCIÓN DE HARINA DE GARBANZO.**

Para la elaboración de la harina de garbanzo se utilizó garbanzo que previamente fue seleccionado con la finalidad de eliminar aquellos granos que presentaran colores oscuros como índice de putrefacción, presencia de hongos y alteración por insectos o roedores, para después ser sometidos a un proceso de remojo, cocción, secado y molienda

### **3.2.4 OBTENCIÓN DE HOJA DE AMARANTO DESHIDRATADA EN POLVO.**

Para llegar a establecer un método de obtención de hoja de amaranto deshidratada en polvo, se revisó el método casero para elaboración de quelites, aportado por un ama de casa de la Ciudad de Huajuapán de León Oaxaca, que consiste en 1) Lavar los quelites, eliminando todas las hojas que se encuentren en mal estado físico. 2) Cocción de los quelites, junto con algunos condimentos como cebolla, ajo y chile durante 20 minutos, después de este tiempo, los quelites pueden ser consumidos o bien, sometidos a deshidratación para su posterior molienda. En el caso de la hoja de amaranto, esta se sometió a cocimiento sin utilizar condimentos.

## **3.3 PRUEBAS PRELIMINARES PARA EL DESARROLLO DE LA FORMULACIÓN DE LA SOPA TIPO CREMA.**

La utilización de la hoja y semilla de amaranto como harina y germinado, en combinación con la harina de garbanzo para el desarrollo de una sopa tipo crema, le confiere la propiedad de aportar una mejor calidad proteínica a los consumidores potenciales, en comparación con las sopas tipo crema comerciales. En esta etapa se probaron diferentes combinaciones de amaranto y garbanzo basándose en métodos de elaboración de cremas caseras y obteniéndose primeramente cremas en estado líquido que fueron sometidas a secado; posteriormente se probaron formulaciones a partir de polvos.

Las formulaciones preliminares de la sopa tipo crema desarrolladas se muestran en los cuadros 3.1 y 3.2, así mismo se describen en forma concisa los procedimientos utilizados en su elaboración.

**Cuadro 3.1:** Ingredientes y cantidades utilizados en la elaboración de sopas tipo crema líquidas. (g/100g de formulación)

INGREDIENTES	FORMULACIONES					
	1*	2*	3**	4***	5***	6***
Hoja deshidratada de amaranto	-	-	-	10	8.2	8.2
Hoja fresca de amaranto	35.0	22.0	46.2	-	-	-
Harina de amaranto	4.8	3.2	6.7	16	8.2	8.2
Harina de garbanzo	-	-	9.3	16	16.4	16.4
Harina de trigo	12.0	-	-	-	-	8.2
Harina de maíz	-	-	4.6	26	8.2	-
Germinado fresco de amaranto	4.2	3.7	-	-	-	-
Leche en polvo	11.0	-	4.6	10	8.2	8.2
Consomé de pollo en polvo	7.0	4.0	2.8	6	4.9	4.9
Cebolla fresca	7.0	4.0	9.3	-	-	-
Cebolla en polvo	-	-	-	2	1.6	1.6
Ajo entero	1.0	0.2	0.5	-	-	-
Ajo en polvo	-	-	-	1	0.9	0.9
Sal	7.0	1.8	6.7	3.0	5.8	5.8
Aceite	11.0	-	-	10	-	-
Mantequilla	-	4.0	9.3	-	38	38
Hierbabuena	-	0.1	-	-	-	-
Sémola de maíz	-	-	-	-	6.3	6.3
Crema de vaca	-	55.0	-	-	-	-

\* Se usaron 840 ml de agua purificada como base para la integración de los ingredientes.

\*\* Se usaron 940 ml de agua purificada como base para la integración de los ingredientes

\*\*\* Se usaron 1000 ml de agua purificada como base para la integración de los ingredientes

Los procedimientos seguidos para la elaboración de las sopas tipo crema cuyas formulaciones aparecen en el cuadro 3.1 se explican brevemente a continuación:

Respecto a las formulaciones 1 y 2, las hojas de amaranto se calentaron en agua durante 15 minutos en ebullición, una vez listas se escurrió el agua de cocción y las hojas se licuaron con 240 ml de agua purificada junto con los demás ingredientes, excepto el aceite y la mantequilla. Se calentó el aceite o la mantequilla según fue el caso y posteriormente se agregó la mezcla licuada, se frió por 5 minutos, se agregaron 600 ml de agua purificada dejando en ebullición por 3 minutos.

En el caso de las formulaciones 4, 5, y 6 del cuadro 3.1, la hoja entera de amaranto deshidratada, se hirvió en 500 ml de agua purificada, durante 5 minutos para lograr su rehidratación, posteriormente se escurrió el agua de cocción y se licuó con 150 ml de agua de garrafón, también se licuaron en 400 ml de agua purificada el resto de los ingredientes excepto el aceite y la mantequilla, los ingredientes licuados se frieron en el agente graso por 2 minutos y se adicionó la hoja molida, se agregaron 450 ml de agua de garrafón y se dejó en ebullición por 2 minutos.

Para la preparación de la formulación 3 del cuadro 3.1 Las hojas de amaranto se hirvieron en agua durante 15 minutos, una vez listas se escurrió el agua de cocción y las hojas se licuaron con 240 ml de agua purificada junto con los demás ingredientes, excepto la mantequilla, la cebolla y la hierbabuena. La mantequilla se calentó y acitronó la cebolla junto con la hierbabuena, posteriormente se adicionó la mezcla licuada y se frió por 2 minutos, se agregaron 700 ml de agua purificada y se dejó ebullición por 2 minutos.

Ya preparadas las sopas tipo crema, se extendieron sobre charolas de lámina galvanizada. Durante el secado a 60 °C, las pastas no alcanzaron a secarse en un lapso de 3 horas, siendo la superficie la única que perdió humedad, a 100 y 150 °C la deshidratación se hizo menos homogénea y en algunas partes resultaron quemadas, por lo que se descartó este método.

Se planteó otra forma de obtención de la sopa tipo crema, a partir de combinaciones de ingredientes en polvo, cuyas cantidades se adaptaron hasta obtener un sabor agradable, las formulaciones propuestas se pueden ver en el cuadro 3.2

**Cuadro 3.2:** Combinaciones y cantidades de ingredientes para la formulación de la sopa tipo crema en polvo. (g/100g de mezcla)

INGREDIENTES	FORMULACIONES					
	7	8	9	10	11	12
Hoja de amaranto deshidratada en polvo	-	-	10.9	7.3	7.7	7.9
Harina de amaranto	21.2	60	35.8	11.7	11.5	7.9
Harina de garbanzo	9.2	-	21.8	11.7	11.5	15.9
Harina de trigo	30.2	-	-	19	11.5	7.9
Harina de maíz	-	13.0	7.7	-	-	-
Sustituto de leche en polvo	-	-	-	7.3	7.7	7.9
Leche en polvo	30.2	-	-	-	-	-
Consomé de pollo en polvo	0.6	10.0	6.0	4.4	4.6	4.8
Cebolla en polvo	-	1.0		1.5	1.5	1.6
Ajo en polvo	0.7	1.0	0.6	0.7	0.7	0.8
Azúcar	0.7	-	0.6	-	-	-
Sal	2.4	4.0	2.4	4.4	4.6	4.8
Sémola de maíz	4.7	10.0	13.7	6.2	7.7	7.1
Apio	-	1.0	0.5	25.8	31.0	33.4

Para preparar las formulaciones 7, 8 y 9 del cuadro 3.2, únicamente se mezclaron los ingredientes en polvo hasta que quedaran completamente integrados. Para preparar las formulaciones 10, 11 y 12 del cuadro 3.2, los ingredientes en polvo se mezclaron, posteriormente se derritió la margarina y se agregó a la mezcla de ingredientes en polvo, agitando hasta homogeneizar perfectamente.

### 3.4 SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA SOPA TIPO CREMA

Como parte del objetivo de esta tesis, se planteó el desarrollo de una sopa tipo crema con buen aporte proteico, por lo que se desarrolló el programa computacional "Mixteco" utilizando la programación lineal y el paquete Maple V Release 5.

El programa Mixteco [23] tiene como fundamento la base de datos que se obtuvo del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán (Anexo 2, Sección 5.5), y que proporciona el aporte de nutrimentos de cada uno de los ingredientes empleados en el desarrollo de la sopa tipo crema. Este programa calcula la cantidad en gramos de proteína, calificación química de los aminoácidos esenciales y el costo en pesos por 100 gramos de producto al introducir en él los datos en gramos de la materia prima que se utiliza en cada formulación, realizándose de esta manera cálculos de diferentes combinaciones de amaranto, leguminosa, cereal y germinado de amaranto para conocer aquellas con mayor aporte proteico, así como sus costos. y computo químico.

Al trabajar con este programa computacional fueron seleccionadas tres formulaciones finales.

### **3.5 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA SOPA TIPO CREMA.**

Las sopas tipo crema obtenidas con la ayuda del programa computacional Mixteco, se sometieron a evaluación sensorial mediante una prueba afectiva, que consiste en la medición del grado de satisfacción con la participación de 42 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica de cinco puntos. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza, con un nivel de significancia de 5%, para determinar la formulación final. Posteriormente, la crema seleccionada fue llevada a una segunda evaluación sensorial con una prueba afectiva, para medir el grado de satisfacción con 150 jueces no entrenados, utilizando una escala hedónica de cinco puntos, este estudio se realizó en la comunidad de Santiago Huajolotitlan.

### **3.6 ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA SOPA TIPO CREMA.**

Con la selección de la formulación final para la sopa tipo crema, se realizaron pruebas para la determinación de tiempos, temperaturas y cantidades exactas durante el proceso, con la finalidad de obtener un producto estable y estandarizado; de tal forma que la calidad se mantuviese constante.

### **3.7 CARACTERIZACIÓN FINAL DE LA SOPA TIPO CREMA.**

#### **3.7.1 ANÁLISIS QUÍMICOS.**

La determinación de los análisis químicos se realizó por triplicado para obtener una mayor confiabilidad de los resultados, a los que se les determinó media y una desviación estándar. Las determinaciones hechas fueron las siguientes:

- Determinación de humedad en estufa de secado de aire caliente. Técnica AOAC método 925.09 B [31].
- Determinación de cenizas por calcinación en mufla. Técnica AOAC, método 923.03 [31].
- Determinación de Proteína por el método Micro-Kjeldahl. [2].
- Determinación del Extracto Etéreo por el método Goldfish. Técnica AOAC método 920.39 [31]

### **3.7.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.**

De igual manera que en las determinaciones químicas, los análisis microbiológicos se realizaron por triplicado para el caso de organismos coliformes totales y por duplicado para bacterias mesófilas aerobias así como para hongos y levaduras. Con los datos obtenidos se encontró la media y la desviación estándar.

- Cuenta de Bacterias Mesófilas Aerobias. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994 [26].
- Cuenta de Hongos y Levaduras. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994 [28].
- Cuenta de Organismos Coliformes Totales. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994 [29].

### 3.8 LISTADO GENERAL DE EQUIPOS Y REACTIVOS UTILIZADOS.

Los materiales y equipos utilizados en la realización del trabajo se detallan a continuación.

- Balanza analítica Ohaus.
- Aparato de digestión y destilación micro Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total
- Extractor Goldfish Pirex, para la determinación de extracto etéreo.
- Mufla, para determinación de cenizas.
- Estufas de incubación para la determinación del número de microorganismos
- Material de vidrio Pirex
- Marmita Jersa para la elaboración de harina de garbanzo y polvo de hoja de amaranto
- Licuadora Industrial Jersa, para la elaboración de harina de garbanzo
- Molino de discos para obtener harina de garbanzo y amaranto
- Horno con flujo de aire para el secado de las hojas y germinados de amaranto, así como el grano de garbanzo.
- Láminas galvanizadas para el secado de granos de garbanzo, hojas y germinado de amaranto.
- Agar triptona-extracto de levadura (agar cuenta estándar).
- Agar papa dextrosa.
- Caldo E. C.
- Caldo verde brillante bilis.

# 4.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS.

## 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 SELECCIÓN DEL GERMINADO A UTILIZAR.

Como puede apreciarse en el cuadro 4.1, al ensayar la germinación de leguminosas se obtuvieron características poco aceptables, principalmente en lo que se refiere a procesos de putrefacción caracterizado por un desarrollo de aromas desagradables, así como, un crecimiento escaso de la plántula. Sin embargo, se eligió el germinado de amaranto debido a que fue el que presentó mejor aspecto a la vista, un crecimiento más rápido en comparación con las demás semillas (2.5 a 3.0 cm) y un olor más agradable y dulce.

**Cuadro 4.1:** Características sensoriales y tamaños resultantes de los germinados de diferentes semillas a las de 36 horas de germinación.

Germinados (32.5 ± 2.5 °C)	Longitud alcanzada (cm)	Características
Amaranto	2.5-3.0	Olor y aspecto agradable.
Garbanzo	0.5	Olor putrefacto
Alubia	-	No se observó germinación pero tampoco se detectaron olores desagradables
Lenteja	2.0-2.5	Aspecto desagradable a la vista, y olor no desagradable
Frijol Negro	1.0-2.0	Olor desagradable

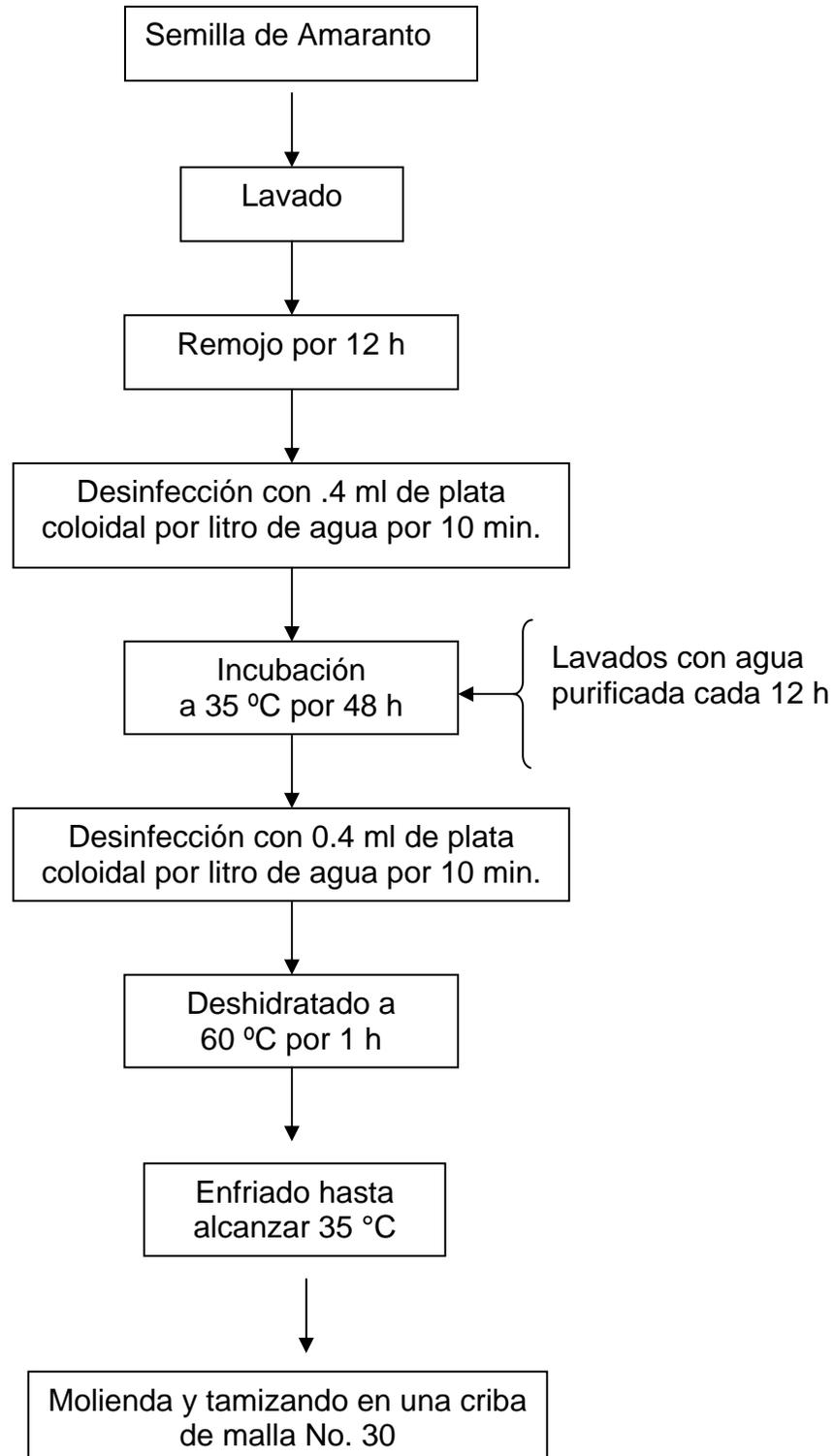
Para llegar a establecer el tiempo óptimo de germinación de la semilla de amaranto, se probaron diferentes procesos modificando lo reportado en la página electrónica de la PROFECO [48]. Los parámetros que se controlaron fueron: el tiempo de remojo, el tiempo de incubación y la temperatura de incubación, obteniéndose como respuesta la longitud alcanzada, como se muestra en el cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2:** Crecimiento obtenido de la plántula de germinado de amaranto en función de los tiempos y temperaturas de remojo.

No. de lote de germinado	Tiempo de remojo de la semilla de amaranto	Tiempo de germinación de la semilla de amaranto	Temperatura de germinación de la semilla de amaranto	Longitud alcanzada (cm)
1	4 horas	24 horas	30 °C	Semillas hinchadas
2	4 horas	36 horas	30 °C	0.5-1.0
3	4 horas	48 horas	30 °C	1.5
4	6 horas	24 horas	30 °C	Semillas hinchadas
5	6 horas	36 horas	30 °C	0.5-1.0
6	6 horas	48 horas	30 °C	1.5
7	8 horas	36 horas	30 °C	2.5
8	8 horas	36 horas	32 °C	2.5
9	8 horas	48 horas	32 °C	3.0-3.5
10	12 horas	36 horas	32 °C	3.5
11	12 horas	36 horas	35 °C	5.5
12	12 horas	48 horas	35 °C	6.5

Con base a los resultados obtenidos, el proceso que se seleccionó para la obtención de germinado de amaranto fue el de un tiempo de remojo de 12 horas y una incubación de 48 horas a 35 °C, con la finalidad de obtener un crecimiento promedio de la plántula de 6.5 cm (figura 4.1, anexo 1 sección 5.1). Además, se encontró que después de 8 horas más de incubación el tamaño de la plántula no se vio afectada. Es importante mencionar que otra ventaja es que seguramente el contenido de lisina y proteína alcanzado en el germinado final fue superior en comparación con los otros tiempos de incubación [18, 21].

**Figura 4.1:** Diagrama final de proceso para la obtención de germinado de amaranto deshidratado



#### 4.2 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA ELABORACION DE HARINA DE AMARANTO.

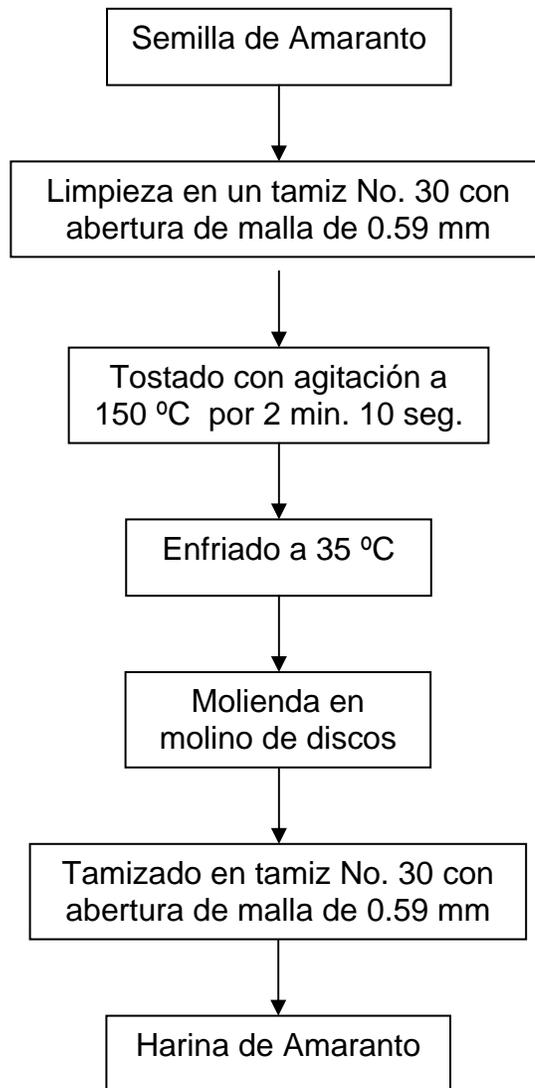
Para obtener el proceso de elaboración de la harina de amaranto, se requirió el tostado de la semilla de amaranto, por lo que se hicieron diferentes pruebas de tostado variando el tiempo y la temperatura como se observa en el cuadro 4.3.

**Cuadro 4.3:** Características físicas y sensoriales obtenidas durante el tostado de semilla de amaranto a diferentes tiempos y temperaturas.

Tiempo (min.)	Temperatura (°C)	Color	Sabor
1.0	100	No se observa variación significativa con la semilla sin tostar	Crudo
1.0	150	El color es muy similar a las semillas sin tostar	Crudo
1.5	100	El color de la semilla varió ligeramente al color original de las semillas de amaranto	Crudo
1.5	150	El color se tornó de crema a café pero muy poco	Semicrudo
2.0	100	Color ligeramente café	Semicrudo
2.0	150	Color ligeramente café en algunas semillas	Semicrudo
2 min. 10seg.	100	Color café claro y en algunas el color es crema	Sabor agradable
2 min. 10 seg.	150	Color café claro y el color es homogéneo	Sabor agradable
2 min. 20 seg.	100	Color café claro y en otras color café oscuro	Algunas semillas tienen buen sabor y otras saben quemadas
2 min. 20 seg.	150	Color café oscuro, por excesivo tostado	Quemado

Para el tostado de la semilla, la condición más adecuada fue: un tiempo de tostado de 2 minutos 10 segundos a una temperatura de 150 °C, obteniéndose un producto con un tostado homogéneo de buen sabor y color. Posteriormente, se desarrolló el proceso de obtención de harina de amaranto como se ilustra en la figura 4.2 y se explica en el anexo 1, sección 5.2.

**Figura 4.2:** Diagrama final de proceso para la obtención de harina de amaranto.



#### 4.3 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE GARBANZO.

Para llegar a establecer este proceso primero se ensayaron diferentes procedimientos de obtención de harina de garbanzo. El procedimiento 1, consistió en seleccionar la semilla de garbanzo, eliminando toda aquella que presentara colores oscuros (como índice de putrefacción), presencia de hongos y presencia de afectación por insectos o roedores. El siguiente paso fue lavar la semilla para ser remojada durante un lapso de 8 horas en una solución de bicarbonato de sodio al 0.5 %, luego se le dio un lavado con agua purificada y se llevó a cocción por 1 hora. Posteriormente, se escurrió y licó con ayuda de una licuadora industrial; adicionando por cada 100 g de garbanzo cocido 20 ml de agua. El resultado fue una pasta semilíquida que se colocó sobre charolas de lámina galvanizada que se introdujeron al horno con aire forzado a una temperatura de 150 °C durante 30 minutos. Pasado este lapso de tiempo las charolas se sacaron del horno y la pasta se removió para después extenderla nuevamente e introducirse al horno. Después la pasta se volvió a remover cada 20 minutos 5 veces, consiguiendo un tiempo total de secado de 1 hora y 50 minutos. El garbanzo seco, se enfrió hasta 35 °C y se molió en un molino de discos dentados, hasta obtener un polvo fino pasado a través de un tamiz No. 30 y con una abertura de malla de 0.59 mm marca MONT-INOX.

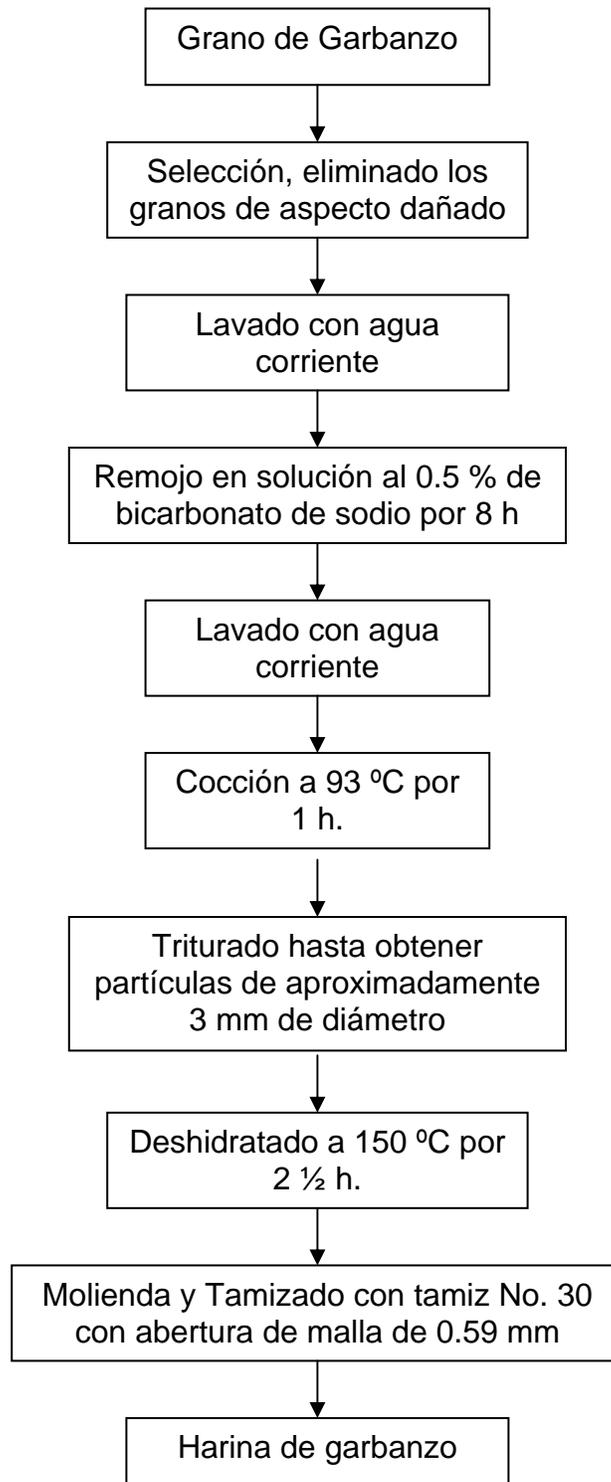
El procedimiento 2 consistió en seleccionar, lavar, remojar y cocer el garbanzo como se explicó en la primera ruta para obtener la harina de garbanzo. Una vez que se obtuvo el garbanzo cocido, éste se escurrió y se colocó sobre charolas de lámina galvanizada perforadas, las que se introdujeron al horno a 150 °C y con flujo de aire, durante 2 horas, el garbanzo se sacó del horno y se molió en la licuadora industrial, obteniéndose una pasta semiseca que costó trabajo secar porque se aglomeró, provocando que la transferencia de calor y la pérdida de humedad se dificultaran. Por lo tanto, este procedimiento resultó poco factible.

Finalmente, se experimentó el procedimiento 3, que es muy similar al procedimiento 2, pero con la variación de que la semilla ya cocida y escurrida es triturada sin agua antes de introducirse al secado.

En el cuadro 4.4 se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los sistemas probados. Se seleccionó al procedimiento 3, ya que fue el que presentó más ventajas, al obtenerse un tamaño de partícula previo al secado de 3 mm lo que facilitó el proceso de secado, obteniéndose así una harina de garbanzo adecuada para la sopa (figura 4.3).

**Cuadro 4.4:** Resultados obtenidos ensayando diferentes procedimientos para la obtención de harina de garbanzo.

Procedimiento	Observaciones
1	Implica mucho cuidado para que no se queme la superficie de la pasta que se forma al ir secando y por lo tanto poco factible
2	El grano de garbanzo cocido no se secó uniformemente, por lo que al molerlo se formó una pasta aglomerada que difícilmente se extiende y no permite un fácil secado
3	Una vez cocido el grano, se escurrió y trituyó, de manera que se obtuvieron partículas de tamaño de 3 mm de diámetro aproximadamente, las cuales permitieron un mejor secado.

**Figura 4.3:** Diagrama final de proceso para la obtención de harina de garbanzo.

#### 4.4 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES PARA LA ELABORACIÓN DE HOJA DE AMARANTO DESHIDRATADA EN POLVO.

Para obtener el polvo de hoja de amaranto, las hojas fueron sometidas primeramente a un tratamiento de cocción, con la finalidad de eliminar algunos factores antinutricios como son los nitratos y oxalatos, así como, mejorar el sabor y color. Para esto, se realizaron pruebas modificando los tiempos de cocción a 93 °C.

En el cuadro 4.5 se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los tiempos de cocción probados, en las cuales se puede apreciar que la cocción sirvió para darle a las hojas de amaranto mejores características sensoriales de textura y sabor.

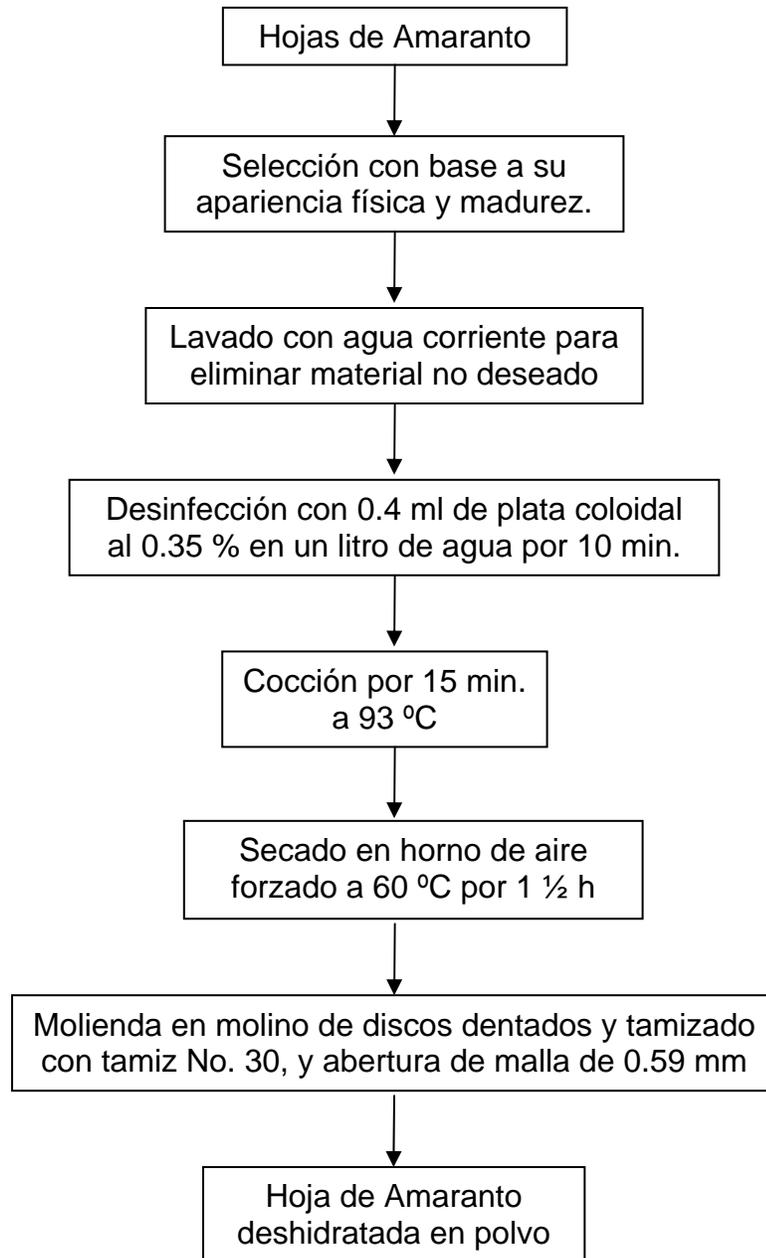
**Cuadro 4.5:** Características de las hojas de amaranto sometidas a diferentes tiempos de cocción a 93 °C

Lote 1	Tiempo de Cocción (min.)	Observaciones
1	5	La hoja se siente fibrosa y cruda
2	10	La hoja se siente poco fibrosa y poco cruda
3	15	La hoja se siente suave al paladar y su sabor es agradable
4	20	La hoja es similar en cuanto a sabor al lote 4 pero demasiado suave

El tratamiento que se seleccionó para ser aplicado a la hoja para su cocción fue de 15 minutos a 93 °C. Posteriormente, se escurrió y se sometió al secado, molienda y tamizado, obteniéndose como producto un polvo de hoja de amaranto deshidratada (figura 4.4, anexo 1 sección 5.4).

Es importante aclarar que con este tratamiento térmico, las hojas de amaranto seguramente sufren una pérdida del contenido de vitaminas; sin embargo resulta conveniente esta etapa para: reducir factores antinutricios y facilitar su incorporación en un producto instantáneo. Además, una ventaja importante es que el aporte proteínico no se ve afectado con este tratamiento [43].

**Figura 4.4:** Diagrama final de proceso para la elaboración de hoja de amaranto deshidratada en polvo



#### 4.5 PRUEBAS EN EL DESARROLLO DE FORMULACIONES DE LA SOPA TIPO CREMA

Para el desarrollo de la sopa tipo crema, se propusieron diferentes formulaciones tanto en estado líquido (cuadro 3.1) como en estado sólido (cuadro 3.2). En los cuadros 4.6 y 4.7 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las diferentes formulaciones preliminares.

**Cuadro 4.6:** Características sensoriales y detalles observados con las diferentes formulaciones desarrolladas de sopa tipo crema líquidas.

FORMULACIÓN	OBSERVACIONES
1	<b>Sabor agradable</b> al paladar, obtención de un <b>color verde desagradable</b> , poco apetitosa a la vista
2	<b>Sabor agradable</b> al paladar, obtención de un <b>color verde desagradable</b> , poco apetitosa a la vista
3	Sabor agradable, <b>textura grumosa</b> y presencia de un <b>color verde intenso</b> que no es muy aceptable a la vista. Durante el secado a 100 °C, únicamente la superficie fue la que alcanzó a perder mayor humedad, obteniéndose una pasta verdosa y de aspecto desagradable. En el caso del secado a 150 °C, la superficie se deshidrató mejor, pero resultaron quemadas algunas partes de la pasta
4	<b>Coloración verde poco intensa</b> , favoreciendo su apariencia a la vista, <b>sabor agradable</b> y <b>textura suave</b> al paladar. Durante el secado a 100 °C, únicamente la superficie fue la que alcanzó a perder mayor humedad, obteniéndose una pasta verdosa y de aspecto desagradable. En el caso del secado a 150 °C, la superficie se deshidrató mejor, pero resultaron quemadas algunas partes de la pasta
5	<b>Coloración verde poco intensa</b> , favoreciendo su apariencia a la vista, <b>sabor agradable</b> y <b>textura grumosa</b> al paladar. Durante el secado a 100 °C, únicamente la superficie fue la que alcanzó a perder mayor humedad, obteniéndose una pasta verdosa y de aspecto desagradable. En el caso del secado a 150 °C, la superficie se deshidrató mejor, pero resultaron quemadas algunas partes de la pasta
6	<b>Coloración verde poco intensa</b> , favoreciendo su apariencia a la vista, <b>sabor agradable</b> y <b>textura grumosa</b> al paladar. Durante el secado a 100 °C, únicamente la superficie fue la que alcanzó a perder mayor humedad, obteniéndose una pasta verdosa y de aspecto desagradable. En el caso del secado a 150 °C, la superficie se deshidrató mejor, pero resultaron quemadas algunas partes de la pasta

Con base a los tipos de sopas desarrolladas tanto líquidas como en polvo, lo primero que se notó fue la problemática de definir la presentación final del producto, de tal manera que fuese de fácil manipulación, transporte, preparación, con una larga vida de anaquel y que el proceso desarrollado involucrara una tecnología que se pudiese adaptar a las condiciones de un medio rural.

Revisando las opciones de presentación del producto final, se encontró que ésta podría ser en forma condensada, utilizando envasado aséptico en empaques compuestos y por otro lado una presentación del producto final en polvo cuyo material de empaque pudiera ser también en empaques compuestos.

Al considerar la posibilidad de implementar esta tecnología en el medio rural, se descartó la opción de usar el proceso de envasado aséptico debido al costo que involucraría esta tecnología para el producto semilíquido. Por lo tanto, se decidió buscar una formulación para una sopa tipo crema en polvo.

Con la finalidad de obtener un producto cuya presentación final fuera en polvo y que al ser adicionado con agua o leche nos diera como resultado una sopa tipo crema, se pensaron en dos alternativas: 1) Elaborar la sopa tipo crema líquida para después ser sometida a deshidratación; o 2) Desarrollar un proceso partiendo de materias primas deshidratadas.

Con base a los resultados del cuadro 4.6, se puede apreciar que el deshidratado de la crema semilíquida ya elaborada, a parte de ser un proceso complicado, no permite obtener un producto deshidratado con características aceptables física y sensorialmente. Por lo anterior, se tomó la decisión de elaborar el producto a partir de materias primas deshidratadas, ya que al final se encontró de forma generalizada que las características de las sopas tipo crema en polvo presentaron la ventaja de ser de fácil preparación, además, de tener características sensoriales agradables (cuadro 4.7).

**Cuadro 4.7:** Características sensoriales y detalles observados con las diferentes formulaciones desarrolladas de sopa tipo crema en polvo.

FORMULACION	OBSERVACIONES
7	<b>Sabor agradable y textura semisuave</b> al paladar, coloración verde <b>apetecible y atractiva a la vista.</b>
8	<b>Sabor agradable y textura grumosa</b> , presencia de <b>una coloración verde aceptable y atractiva a la vista</b>
9	<b>Sabor agradable y textura grumosa</b> , presencia de <b>una coloración verde aceptable y atractiva a la vista</b>
10	<b>Sabor simple y consistencia líquida</b> , así como la presencia de un resabio grasoso. La <b>coloración verde atractiva a la vista</b>
11	<b>Sabor simple y consistencia muy líquida</b> , persistencia de un <b>resabio graso y color poco agradable.</b>
12	<b>Sabor insípido, consistencia líquida</b> y presencia de <b>un resabio graso, color verde agradable.</b>

#### **4.6 SELECCIÓN DE LAS MEJORES FORMULACIONES DE LA SOPA TIPO CREMA EN POLVO CON BASE AL VALOR NUTRICIO Y ECONÓMICO**

Con la finalidad de facilitar el cálculo del aporte proteico, balance de aminoácidos y costos de un gran número de posibilidades de combinación para la elaboración de la sopa tipo crema en polvo a base de harina de amaranto, harina de garbanzo, germinado de amaranto deshidratado en polvo y hoja de amaranto deshidratada en polvo, surgió la idea de desarrollar un programa llamado Mixteco, que se describe a detalle en el Anexo 2. Este programa presenta en forma sencilla los resultados de contenido de proteína, costos y score químico, de cada una de las mezclas. En el cuadro 4.8 se presentan diferentes combinaciones de harina de amaranto, garbanzo trigo, hoja y germinado de amaranto deshidratados que fueron evaluadas con el programa Mixteco para la selección de las tres mejores formulaciones. En el cuadro 4.9, se presentan los resultados de su análisis mediante el programa Mixteco.

**Cuadro 4.8:** Combinaciones de los ingredientes principales para la formulación de la sopa tipo crema en polvo.

FORMULACION	Harina de Amaranoto %	Harina de Garbanzo %	Polvo de Germinado de Amaranoto %	Polvo de hoja de amaranoto Deshidratada %	Harina de Trigo %
13	49.7	27.9	5.6	6.2	10.6
14	49.5	22.5	4.5	5.4	18.0
15	31.0	31.0	4.4	7.0	26.5
16	75.0	8.8	5.6	6.2	4.4
17	4.4	44.1	5.6	6.2	39.7
18	8.8	75.0	5.6	6.2	4.4
19	100	0	0	0	0
20	0	100	0	0	0
21	0	0	0	0	100

**Cuadro 4.9:** Calificación química de los aminoácidos esenciales, porcentaje de proteína en base seca y costo por 100 gramos de las formulaciones para la sopa tipo crema en polvo.

SCORE QUÍMICO	FORMULACIONES								
	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Leucina	99.1	92.9	98.3	101.7	106.3	108.0	83.4	107.6	95.7
Lisina	104.5	99.1	99.9	100.4	101.1	119.3	99.6	126.7	48.7
Metionina-cisteína (azufrados)	121.1	121.5	122.7	123.4	124.4	117.7	132.3	122.9	160.3
Isoleucina	106.5	103.0	105.3	106.6	108.6	112.8	98.0	113.3	92.0
Fenilalanina-tirosina (aromáticos)	134.9	126.6	133.9	138.6	144.5	146.8	124.8	102.8	144.5
Treonina	89.4	87.6	88.5	89.0	89.8	93.0	82.0	91.5	7.7
Triptofano	101.7	130.9	106.6	91.6	71.1	56.9	146.0	40.0	103.0
valina	87.4	83.8	86.9	88.8	91.4	93.0	79.8	93.8	85.4
% Proteína base seca	15.4	14.7	15.3	15.3	15.8	19.5	15.62	26.03	11.7
Costo por 100 g de producto	4.37	5.26	4.24	3.56	2.54	3.14	6.0	2.0	0.35

De acuerdo con los resultados obtenidos en las formulaciones anteriores (sopas en polvo) y para propósito de este estudio las mezclas finales que se seleccionaron fueron aquéllas que se aproximaban a mantener una relación 2:1 (cereal : leguminosa), las cuales se muestran en el cuadro 4.10.

**Cuadro 4.10:** Combinaciones de los ingredientes principales en las sopas tipo crema finales en polvo.

FORMULACION	Harina de Amaranto %	Harina de Garbanzo %	Polvo de Germinado de Amaranto %	Polvo de hoja de amaranto Deshidratada %	Harina de Trigo %
13	49.7	27.9	5.6	6.2	10.6
14	49.5	22.5	4.5	5.4	18.0
15	31.0	31.0	4.4	7.0	26.5

Cada una de las mezclas seleccionadas anteriormente, fueron ajustadas e integradas con los ingredientes necesarios para impartir características físicas y sensoriales requeridas en una sopa tipo crema. Para esto, a cada mezcla se le hicieron pruebas de adición de: cebolla en polvo, ajo en polvo, consomé de pollo en polvo, sustituto de leche en polvo, fécula de maíz, apio en polvo y sal. La incorporación de estos ingredientes a las formulaciones del cuadro 4.10 se realizó mediante pruebas de sabor con un grupo de jueces no entrenados, hasta encontrar la mejor combinación para cada formulación como se muestra en el cuadro 4.11.

**Cuadro 4.11:** Formulaciones finales de las sopas tipo crema que se llevaron a pruebas sensoriales (g/ 100 g de mezcla en polvo)

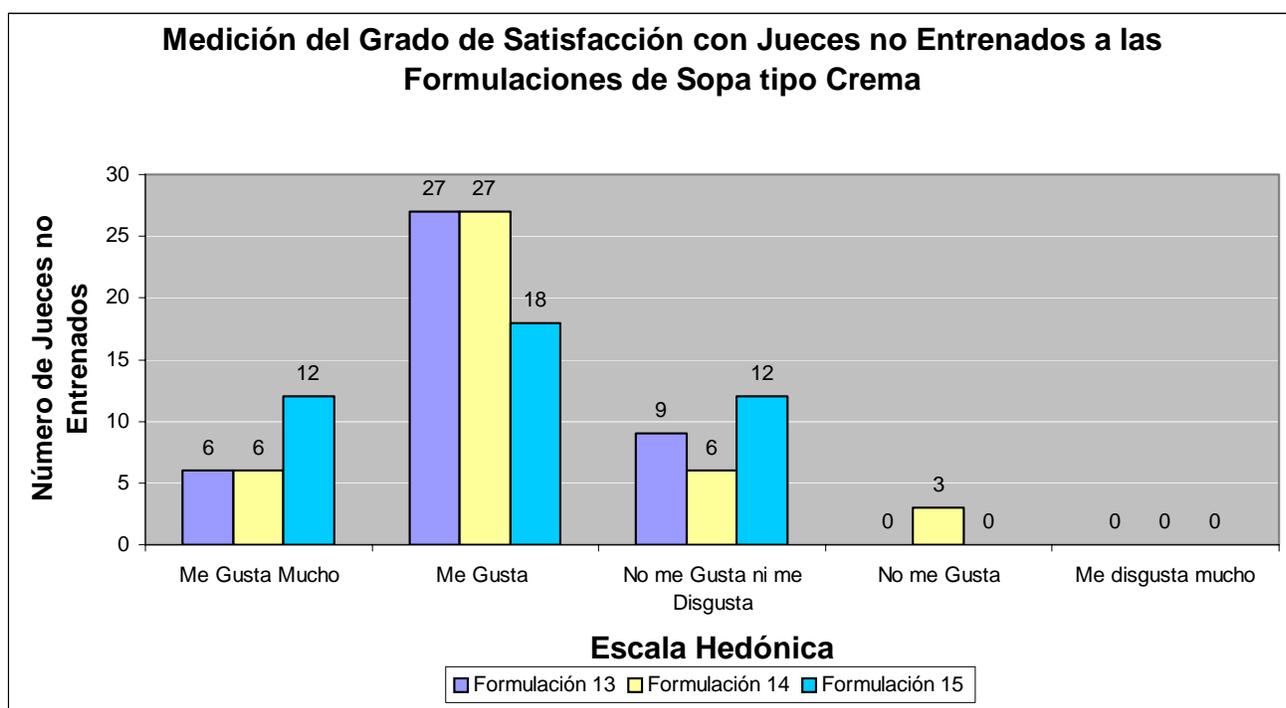
INGREDIENTES	FORMULACIONES		
	13	14	15
Harina de amaranto	39.8	34.5	22.7
Harina de garbanzo	22.3	15.7	22.7
Harina de trigo	8.5	12.5	19.4
Hoja de amaranto deshidratada en polvo	5.0	3.1	5.2
Germinado de amaranto deshidratado en polvo	4.5	2.8	3.2
Cebolla en polvo	6.0	1.9	1.2
Ajo en polvo	0.3	0.3	0.5
Consomé de pollo en polvo	5.2	2.9	3.2
Sustituto de leche en polvo	9.7	19.9	16.4
Sal	3.8	4.0	5.4
Apio	0.3	1.6	0

Se encontró que la sopa tipo crema con las mejores características se obtiene al prepararla de la siguiente manera: 1) Los ingredientes que son en polvo se mezclan hasta incorporarlos bien; 2) Se pesan 100 g de ésta y se mezclan con 750 ml de agua purificada y 750 ml de leche a temperatura ambiente; 3) Se homogeniza lo mejor posible y 4) Se lleva a calentamiento dejando ebulir a fuego lento por 2 minutos.

#### 4.7 DETERMINACIÓN DE LA FORMULACIÓN FINAL MEDIANTE EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS SOPAS TIPO CREMA EN POLVO PREVIAMENTE SELECCIONADAS

A las formulaciones del cuadro 4.11 se les aplicó una prueba de aceptación para medir el grado de satisfacción, con el uso de una escala hedónica de cinco puntos. Esta prueba se realizó con la ayuda de 42 jueces no entrenados, y los resultados obtenidos se ilustran en la figura 4.5.

**Figura 4.5:** Nivel de agrado para las formulaciones de sopa tipo crema finales.



Los resultados se analizaron por medio de un análisis de varianza, encontrándose que entre las tres formulaciones para sopa tipo crema en polvo no existe diferencia significativa y que por lo tanto son de igual aceptación (cuadro 4.12).

**Cuadro 4.12:** Resultados obtenidos del análisis de varianza aplicado a los resultados de la evaluación sensorial.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MEDIA DE CUADRADOS	F	
				Calculada	5 %
Total	125	62.36			
Producto	2	0.43	0.215	0.427	3.07
Error	123	61.93	0.503		

$$H_0: X_1 = X_2 = X_3$$

$$H_0: X_1 \neq X_2 \neq X_3$$

**F calculada > F tablas = Rechazo  $H_0$**

**F calculada < F tablas = Acepto  $H_0$**

La F calculada resultó ser menor que la F de tablas del 5 %, por lo que no existe diferencia significativa entre las tres muestras que se evaluaron, por lo tanto existe una aceptación similar para las tres cremas.

Debido a que el análisis de varianza arroja datos de aceptación similar para las tres muestras del cuadro 4.11, se procedió a seleccionar la formulación con base al contenido de proteína y costos de cada una de las sopas tipo crema con la ayuda del programa computacional Mixteco y los datos que se obtuvieron se muestran en el cuadro 4.13.

**Cuadro 4.13:** Contenido de proteína, score químico y costos de las sopas tipo crema deshidratadas finales calculados con el programa Mixteco (100 g de producto en polvo de sopa tipo crema).

	FORMULACIÓN		
	13	14	15
Contenido de Proteína (base seca)	15.34	12.5	14.0
Score químico de metionina-cisteína	121.1	125.3	122.1
Score químico de lisina	104.5	100.7	100.3
Score químico de leucina	99.1	97.2	102.2
Costo (pesos)	4.37	4.0	3.5

Como se observa en el cuadro 4.13, la formulación con mayor aporte proteico es la formulación 13, pero el balance de aminoácidos limitantes se presenta en mejores condiciones para la formulación 15 ya que cumple con los requerimientos establecidos por la FAO, en cuanto al costo las formulaciones 13 y 14 son más caras que la formulación 15 siendo la diferencia de 0.87 pesos y 0.5 pesos respectivamente; por lo que se determinó que la formulación 15 es la mejor aún cuando su contenido de proteína es menor que el de la formulación 13.

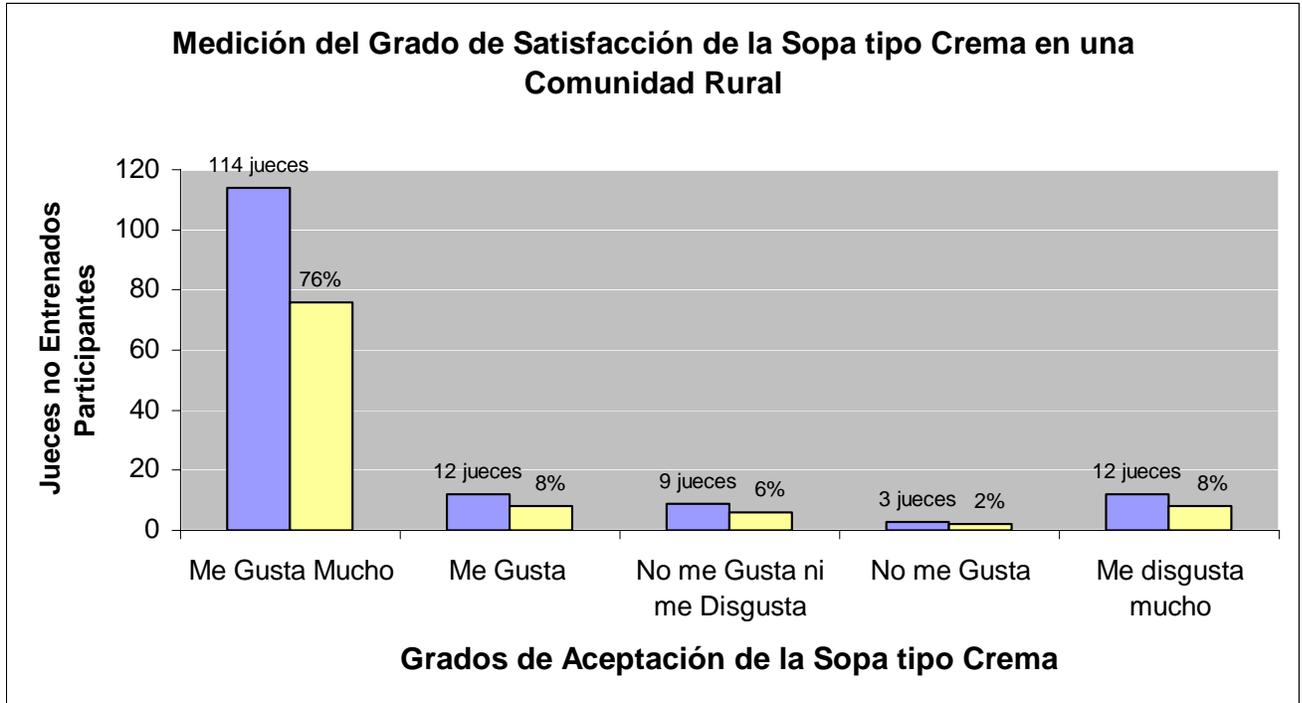
La formulación 15 se llevó a evaluación mediante una prueba de medición del grado de satisfacción en la comunidad de Santiago Huajolotitlan, con el apoyo de 150 jueces no entrenados y miembros de la comunidad.

Para llevar a cabo la evaluación de la formulación final de la sopa tipo crema, se desarrolló un formato que empleó una escala hedónica de cinco puntos (Anexo 3): Me gusta Mucho, Me gusta poco, No me gusta ni me disgusta, No me gusta, Me disgusta mucho. En el cuadro 4.14 y en la figura 4.6. se muestran los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, encontrándose que para la mayoría de los jueces (76%) catalogaron a la sopa tipo crema en el nivel de satisfacción de "Me gusta Mucho".

**Cuadro 4.14:** Resultados obtenidos de al aplicar la prueba de medición del grado de satisfacción en la comunidad de Santiago Huajolotitlan con 150 jueces no entrenados.

	Me Gusta Mucho	Me Gusta	No me Gusta ni me Disgusta	No me Gusta	Me disgusta mucho
No de Jueces Participantes	114	12	9	3	12
%	76	8	6	2	8

**Figura 4.6:** Porcentaje y número de jueces participantes en la evaluación realizada en Santiago Huajolotitlan Oaxaca.



#### 4.8 DETERMINACIONES QUÍMICAS Y MICROBIOLÓGICAS DEL PRODUCTO FINAL PARA PREPARAR SOPA TIPO CREMA.

##### 4.8.1 ANÁLISIS QUÍMICOS.

El análisis químico a la sopa tipo crema comercial se realizó por triplicado y arrojó los datos que se muestran en el cuadro 4.16. Para la presentación de los datos se determinó la media y la desviación estándar.

**Cuadro 4.15:** Composición del polvo para preparar sopa tipo crema (g/100g de producto).

DETERMINACIÓN	POLVO PARA PREPARAR SOPA TIPO CREMA (valores promedio)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Humedad	7.2	0.1
Proteína (Nx6.25)	14.4*	0.1
Extracto Etéreo	6.9	0.2
Cenizas	9.1	0.17
Carbohidratos	62.4	1.15

\* Nx6.25

#### 4.8.2 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.

Al producto final para preparar sopa tipo crema se le realizó un análisis microbiológico por duplicad. Los resultados que se presentan en el cuadro 4.17 como UFC/g, son los valores promedios de los análisis.

**Cuadro 4.16:** Cuenta de microorganismos presentes en polvo para preparar sopa tipo crema.

DETERMINACIONES	PRODUCTO PARA PREPARAR SOPA TIPO CREMA (valores promedio)	ESPECIFICACION DE LA NORMA OFICIAL (NOM-147-SSA1 1996)
Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias *	8 000 UFC/g	10 000 UFC/g
Cuenta de hongos y levaduras**	200 UFC/g	300 UFC/g
NMP coliformes totales***	20 UFC/g	<30 UFC/g
NMP coliformes fecales****	cero	-

\* En placa de agar para métodos estándar, incubadas a 40 h. a 35 - 37°C

\*\* En placa de agar papa dextrosa, incubadas 5 días a 25 – 26°C

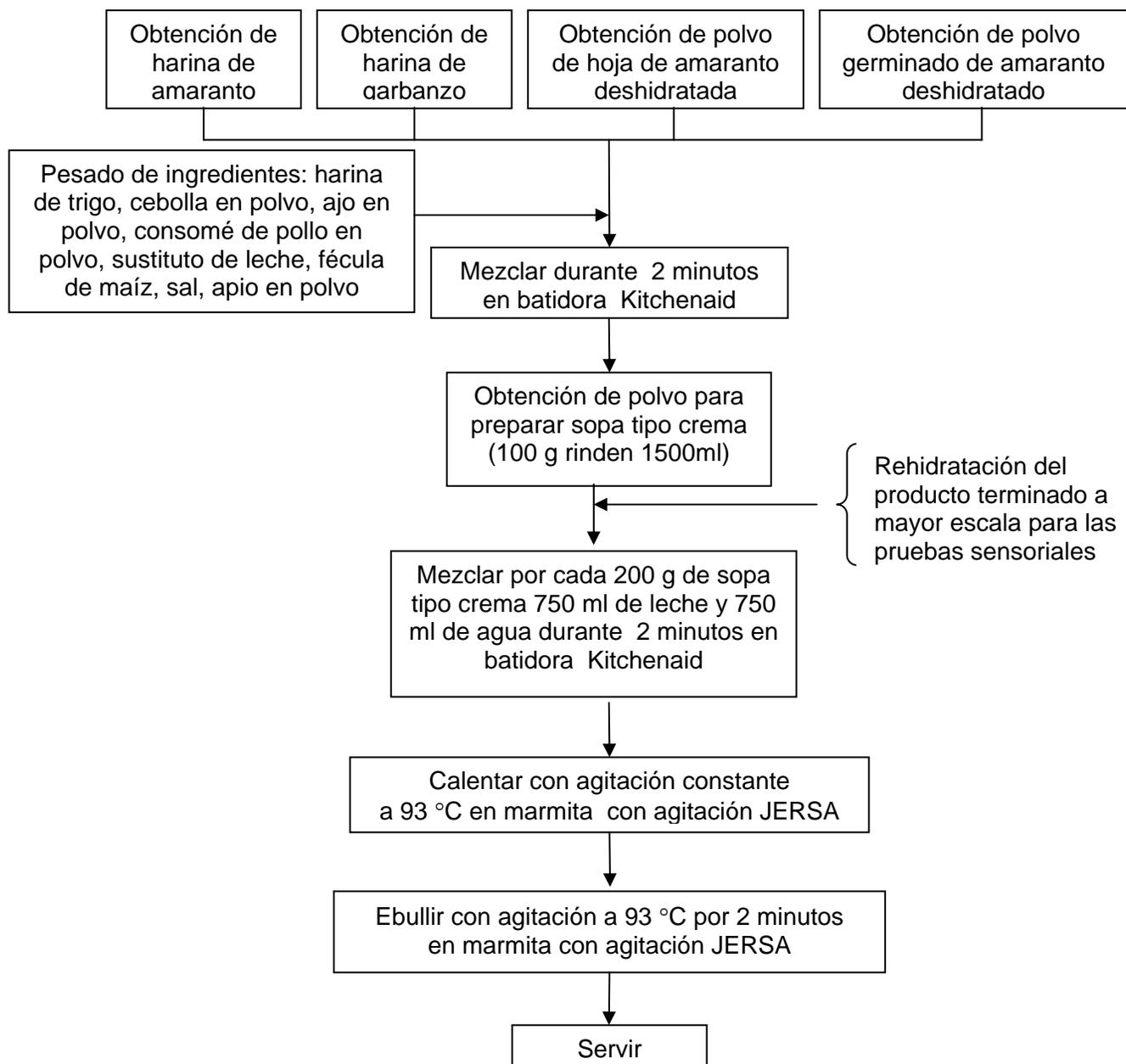
\*\*\* Siembra en caldo lactosado, incubados 48 h. a 35 - 37°C

\*\*\*\* Siembra en caldo verde brillante, incubados 48 h. a 35 - 37°C

Los resultados del cuadro 4.17 muestran que el producto en polvo desarrollado en este trabajo de investigación para preparar sopa tipo crema entra dentro de la especificaciones de la norma [30], por lo que éste resulta confiable para su consumo.

#### 4.9 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE ELABORACIÓN DE LA SOPA TIPO CREMA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO.

**Figura 4.7:** Proceso Estandarizado para la elaboración de la Sopa Tipo Crema a Nivel Planta Piloto.



En la estandarización de la sopa tipo crema, se realizaron pruebas experimentales a nivel planta piloto para su acondicionamiento. En esta etapa se midieron tiempos de ebullición y temperaturas durante la obtención de las materias primas deshidratadas y en la operación de reconstitución del polvo para preparar la sopa tipo crema. El diagrama de proceso estandarizado para la elaboración de la sopa tipo se muestra en la figura 4.7.

El proceso estandarizado que se muestra en la figura 4.7 involucra las siguientes operaciones:

#### **4.9.1 OBTENCIÓN DE MATERIAS PRIMAS:**

Este paso implica el obtener de acuerdo a cada proceso la harina de amaranto (figura 4.2), harina de garbanzo (figura 4.3), hoja de amaranto deshidratada en polvo (figura 4.4) y germinado de amaranto deshidratado en polvo (figura 4.1). Verificando que las materias primas se encuentren en buen estado.

##### **4.9.1.1 PESADO:**

Tanto las harinas como los polvos y demás ingredientes, son pesados de acuerdo con las cantidades que son indicadas en el cuadro 4.9. Se debe considerar que 200g del producto en polvo para preparar la sopa tipo crema rinden un volumen de 1500 ml (aproximadamente 6 porciones)

##### **4.9.1.2 MEZCLADO:**

Todos los ingredientes se colocan sobre una batidora marca Kitchenaid, se mezclan durante 2 minutos, al finalizar este tiempo, el polvo para preparar sopa tipo crema, se observa homogéneo.

##### **4.9.1.3 MEDICIÓN DE LA LECHE, AGUA Y POLVO PARA SOPA TIPO CREMA:**

Para la preparación de la sopa tipo crema se necesita leche previamente pasteurizada y agua que debe ser purificada, ambas deben estar a una temperatura de 20 °C para facilitar la disolución del polvo para preparar sopa tipo crema. La cantidad a utilizar de cada uno para elaborar 1500 ml de sopa tipo crema es de 200 g de producto en polvo para sopa tipo crema, 750 ml de agua y 750 ml de leche.

#### **4.9.1.4 MEZCLADO:**

Para obtener la sopa tipo crema, la leche, el agua y el producto en polvo para preparar la sopa tipo crema se colocan juntos en la batidora marca Kitchenaid y son mezclados durante dos minutos, al cabo de este tiempo, la mezcla en frío queda completamente incorporada

#### **4.9.1.5 CALENTAMIENTO:**

La mezcla previamente homogenizada se coloca sobre una marmita con agitación marca JERSA para ser calentada hasta alcanzar los 93 °C. El proceso de calentamiento debe realizarse a 135 rev/min.

#### **4.9.1.6 EBULLICIÓN:**

Ebullir la sopa tipo crema durante 2 minutos, manteniendo la agitación a 135 rev/min para evitar que la crema se adhiera a la superficie de la marmita con agitación JERSA y evitar que ésta se queme.

## **CONCLUSIONES:**

- Se desarrollaron diferentes formulaciones de sopa tipo crema tanto líquidas como en polvo, empleando como materias primas principales hojas, harina y germinado de amaranto; harina de garbanzo y harina de trigo.
- El proceso final diseñado y seleccionado para la elaboración de la sopa tipo crema permite obtener un producto en forma deshidratada (en polvo), lo que facilita su manejo y preparación a nivel casero.
- Se desarrolló el programa Mixteco que facilitó los cálculos teóricos para la evaluación de: calificación química, contenido de proteína, extracto etéreo, hidratos de carbono, fibra bruta, cenizas, energía y costo.
- La formulación final se eligió con base a la calificación química y costo siendo la más adecuada la formulación 15.
- La sopa tipo crema resultante contiene 14.4% de proteína, una calificación química de 100 para el aminoácido lisina y presenta un costo de 1 peso con 12 centavos por ración individual de 32 g, para preparar 240 ml
- La sopa tipo crema desarrollada tuvo un buen nivel de agrado , ya que el 76% de los jueces no entrenados de la población objetivo la calificaron como “Me gusta Mucho”.

# 5.

## ANEXOS.

## **5. ANEXOS**

### **ANEXO 1: PROCEDIMIENTOS DETALLADOS DEL ACONDICIONAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS.**

#### **5.1 GERMINADO DE AMARANTO DESHIDRATADO EN POLVO.**

El proceso de obtención de germinado de amaranto se describe a continuación:

##### **5.1.1 LAVADO:**

La semilla de amaranto, se coloca sobre un recipiente hondo con suficiente agua corriente, y se lavan las semillas manualmente, cambiando el agua tres veces, durante este proceso, también se realiza la eliminación de materia extraña, y de las semillas que flotan en la superficie.

##### **5.1.2 REMOJO:**

Una vez que las semillas se lavan adecuadamente, éstas se remojan con agua de tal manera que las semillas queden totalmente cubiertas y tengan suficiente agua para absorber durante este proceso. El remojo se lleva a cabo durante 12 horas y el agua que se utiliza es purificada.

##### **5.1.3 DESINFECCIÓN:**

Las semillas remojadas se desinfectan con 0.4 ml/litro de agua de una solución de plata coloidal al 0.35 % (microdín) durante 10 minutos [26] con la finalidad de eliminar bacterias y hongos adheridos a las superficies de las semillas. Transcurridos los 10 minutos, la solución de desinfección es separada de las semillas de amaranto por medio de filtración con la ayuda de un tamiz No. 30 de una abertura de malla de 0.59 milímetros.

#### **5.1.4 INCUBACIÓN:**

Las semillas de amaranto desinfectadas y escurridas se colocan sobre la superficie de una esponja de grosor de 1.5 cm previamente desinfectada de igual manera que las semillas de amaranto con 0.4 ml/litro de agua de una solución de plata coloidal al 0.35 % (microdín) por 10 minutos. Las esponjas a utilizar son colocadas en charolas de lámina galvanizada y deben cubrirse  $\frac{3}{4}$  partes de la esponja con agua purificada. Posteriormente las semillas de amaranto se esparcen en la charola lo más homogéneamente posible y son puestas a incubación a 35 °C en una estufa durante 48 horas. En el lapso de este tiempo el germinado se lava a chorro de agua purificada cada 12 horas y se verifica el nivel de agua, con la finalidad de que ésta sea la suficiente para una germinación adecuada. Pasadas las 48 horas, el germinado de amaranto se retira de la esponja.

#### **5.1.5 DESINFECCIÓN:**

El germinado obtenido se desinfecta con 0.4 ml/litro de agua de una solución de plata coloidal al 0.35 % por un lapso de tiempo de 10 minutos, para eliminar microorganismos que pudieron desarrollarse durante este paso. Una vez desinfectado el germinado es escurrido.

#### **5.1.6 DESHIDRATACIÓN:**

El germinado previamente escurrido, se coloca sobre charolas de lámina galvanizada lo mejor extendido posible y se introduce en un horno con corriente de aire, para ser deshidratado a una temperatura de 60 °C durante 45 minutos.

#### **5.1.7 MOLIENDA:**

El germinado deshidratado se enfría hasta una temperatura de 35 °C y es retirado de las charolas, para someterse al proceso de molienda utilizando un molino de discos dentados. El polvo obtenido debe pasar a través de un tamiz de No. 10 con abertura de malla de 1.68 milímetros, obteniéndose de esta manera el germinado de amaranto deshidratado en polvo.

## **5.2 HARINA DE AMARANTO.**

### **5.2.1 LIMPIEZA:**

La semilla de amaranto para su limpieza, se criba en un tamiz No. 30, con una abertura de malla de 0.59 milímetros marca MONT-INOX, con la finalidad de eliminar los residuos presentes en las semillas, como tierra y algunos restos de su cascarilla.

### **5.2.2 TOSTADO:**

El tostado de las semillas de amaranto se realiza por lotes de 100 g en recipientes con tapa, anchos de barro con agarraderas de un diámetro de 40 cm, y una altura de 20 cm. Para el tostado de las semillas el recipiente debe agitarse constante y fuertemente con la finalidad de proporcionar a las semillas un tostado más homogéneo y evitar que se quemen. El tostado debe realizarse a una temperatura de 150 °C, aplicando movimientos circulares fuertes y constantes, durante 2 minutos 10 segundos.

### **5.2.3 ENFRIADO:**

Después del tratamiento térmico que se le aplica a la semilla de amaranto, ésta es enfriada hasta una temperatura de 35 °C exponiéndose a temperatura ambiente.

### **5.2.4 MOLIENDA:**

Para la molienda de la semilla de amaranto tostada, se utiliza un molino de discos dentados. por el cual se pasa la semilla tostada de amaranto, hasta obtener un polvo fino.

### **5.2.5 TAMIZADO:**

Finalmente, el polvo obtenido de la molienda de la semilla de amaranto tostada, se pasa a través de un tamiz No. 30, con una abertura de malla de 0.59 mm marca MONT-INOX, obteniéndose la harina de amaranto.

### **5.3 HARINA DE GARBANZO.**

#### **5.3.1 SELECCIÓN:**

La semilla de garbanzo, una vez pesada, se pasa a una mesa de selección de acero inoxidable, donde se eliminan las semillas que presentan daños por aves, roedores e insectos, así como todas aquéllas que tengan colores oscuros; índice de putrefacción y contaminación por microorganismos como hongos.

#### **5.3.2 LAVADO:**

Las semillas seleccionadas, se lavan con agua corriente tres veces, para eliminar la presencia de material orgánico e inorgánico.

#### **5.3.3 REMOJO:**

El garbanzo lavado, se remoja en una solución de bicarbonato de sodio al 0.5 % para evitar el crecimiento excesivo de microorganismos y descomposición del garbanzo durante este etapa. El remojo de la semilla de garbanzo se realiza por un lapso de tiempo de 8 horas con la finalidad de ablandar la semilla y facilitar su cocción. La cantidad de solución de bicarbonato de sodio para el remojo de la semilla de garbanzo debe ser excesiva para que el grano tenga suficiente agua para absorber durante las 8 horas de remojo.

#### **5.3.4 LAVADO:**

La semilla de garbanzo remojada se lava nuevamente tres veces con agua corriente, para eliminar restos de la solución de remojo y microorganismos que pudiesen haber crecido durante la etapa anterior.

#### **5.3.5 COCCIÓN:**

La semilla de garbanzo se escurre y se vacía sobre agua hirviendo a 93 °C, de tal manera que se lleve a cocción durante 1 hora, quedando el grano de garbanzo suave. Después del cocimiento el garbanzo cocido se escurre para pasar a la siguiente etapa.

#### **5.3.6 TRITURADO:**

El garbanzo cocido se coloca y tritura con la ayuda de una licuadora industrial, hasta obtener partículas de aproximadamente 3 ml de diámetro para que al ser deshidratadas se tenga mayor superficie de contacto, mayor pérdida de agua y un mejor secado.

**5.3.7 DESHIDRATADO:**

El grano de garbanzo triturado, se extiende sobre charolas de lámina galvanizada las cuales se introducen al horno con aire forzado a una temperatura de 150 °C durante 2 ½ horas.

**5.3.8 MOLIENDA:**

El garbanzo triturado, se pasa a molienda en un molino de discos dentados hasta obtener un polvo fino, que se criba con un tamiz No. 30, con una abertura de malla de 0.59 mm marca MONT-INOX, obteniéndose de esta manera la harina de garbanzo.

## **5.4 HOJA DE AMARANTO DESHIDRATADA EN POLVO.**

### **5.4.1 SELECCIÓN:**

Las hojas de amaranto se seleccionan con base a su apariencia física (aquellas que se encuentren muy maltratadas, presenten ataque por plagas y estén muy maduras son desechadas) con la finalidad de ocupar las hojas en mejor estado para su procesamiento.

### **5.4.2 LAVADO:**

El lavado de las hojas de amaranto consiste en introducir las hojas en un tanque de lavado para eliminar la mayor cantidad de material orgánico e inorgánico lavando manualmente y cambiando el agua tres veces, una vez limpias las hojas se escurren.

### **5.4.3 DESINFECCIÓN:**

Después del lavado, las hojas escurridas se someten a desinfección con 0.4 ml/litro de agua de una solución de plata coloidal al 0.35 % por 10 minutos. Al pasar los 10 minutos, las hojas de amaranto se escurren para eliminar el agua de desinfección.

### **5.4.4 COCCIÓN:**

Las hojas de amaranto desinfectadas y escurridas se introducen en agua hirviendo a 93 °C durante 15 minutos. A los 15 minutos de cocción, las hojas se retiran y se escurren con la ayuda de coladores.

### **5.4.5 SECADO:**

Las hojas de amaranto se colocan sobre la superficie de charolas de lámina galvanizada, y se introducen al horno de aire forzado a una temperatura de 60 °C durante 1 ½ horas. Una vez secas las hojas de amaranto, se retiran del horno y se enfrían expuestas a temperatura ambiente hasta alcanzar 30 °C.

### **5.4.6 MOLIENDA Y TAMIZADO:**

La molienda de las hojas de amaranto se realiza también en el molino de discos dentados, para obtener un polvo que es pasado a través de un tamiz No. 30, con una abertura de malla de 0.59 milímetros marca MONT-INOX.

## ANEXO 2: PROGRAMA COMPUTACIONAL “MIXTECO” PARA EL CÁLCULO DEL CONTENIDO PROTEICO, CUENTA QUÍMICA Y COSTO DE MEZCLAS CEREAL- LEGUMINOSAS.

Este programa fue desarrollado en el paquete Maple V Release 5, aplicando programación lineal. El sustento de este programa se basa en:

- Base de datos establecida por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y de Nutrición Salvador Zubirán [20].
- El costo asignado a las materias primas se obtuvo a partir de la información resultante de una encuesta aplicada a comerciantes de la localidad de Huajuapán de León Oaxaca.

### 5.5 BASE DE DATOS

**Cuadro 5.1:** Aporte nutrimental y costo de la harina de amaranto por gramo de producto.

Harina de Amaranto	Cantidad de Nutrimiento (g/g de producto)
Proteína	0.145
Hidratos de Carbono	0.647
Extracto Etéreo	0.066
Fibra Bruta	0.030
Cenizas	0.025
Kcal	3.690
Costo (pesos)	0.060

**Cuadro 5.2:** Aporte nutrimental y costo de la harina de trigo por gramo de producto.

Harina de Trigo	Cantidad de Nutrimiento (g/g de producto).
Proteína	0.109
Hidratos de Carbono	0.785
Extracto Etéreo	0.017
Fibra Bruta	0.009
Cenizas	0.007
Kcal	3.621
Costo (pesos)	0.0035

**Cuadro 5.3:** Aporte nutrimental y costo de la harina de garbanzo por gramo de producto.

Harina de Garbanzo	Cantidad de Nutrimiento (g/g de producto).
Proteína	0.240
Hidratos de Carbono	0.544
Extracto Etéreo	0.055
Fibra Bruta	0.050
Cenizas	0.026
Kcal	3.510
Costo (pesos)	0.020

**Cuadro 5.4:** Aporte nutrimental y costo de la hoja de amaranto deshidratada en polvo por gramo de producto

Hoja de Amaranto deshidratada en polvo	Cantidad de Nutrimiento (g/g de producto)
Proteína	0.2770
Hidratos de Carbono	0.0018
Extracto Etéreo	0.0027
Fibra Bruta	0.0170
Cenizas	0.0119
Kcal	0.0680
Costo (pesos).	0.1000

**Cuadro 5.5:** Aporte nutrimental y costo del germinado de amaranto deshidratado en polvo por gramo de producto

Germinado de Amaranto deshidratado en polvo	Cantidad de Nutrimiento (g/g de producto).
Proteína	0.183
Hidratos de Carbono	0.573
Extracto Etéreo	0.062
Fibra Bruta	0.037
Cenizas	0.027
Kcal	3.480
Costo (pesos)	0.050

**Cuadro 5.6:** Aporte de los aminoácidos en la harina de amaranto.

Harina de Amaranto	Cantidad de Nutrimiento (mg/g de proteína).
Valina	39.9
Treonina	32.8
Azufrados	46.3
Isoleucina	39.2
Leucina	58.4
Aromáticos	74.9
Triptofano	14.6
Lisina	58.4

**Cuadro 5.7:** Aporte de los aminoácidos en la harina de garbanzo.

Harina de Garbanzo	Cantidad de Nutrimiento (mg/g de proteína).
Valina	46.9
Treonina	36.6
Azufrados	43.0
Isoleucina	45.3
Leucina	75.3
Aromáticos	91.7
Triptofano	40.0
Lisina	69.7

**Cuadro 5.8:** Aporte de los aminoácidos en la harina de trigo.

Harina de trigo	Cantidad de Nutrimiento (mg/g de proteína).
Valina	42.7
Treonina	29.5
Azufrados	56.1
Isoleucina	36.8
Leucina	67.0
Aromáticos	86.7
Triptofano	10.3
Lisina	26.8

**Cuadro 5.9:** Aporte de los aminoácidos en la hoja de amaranto

Hoja de Amaranto	Cantidad de Nutrimiento (mg/g de proteína).
Valina	48.0
Treonina	49.0
Azufrados	14.2
Isoleucina	50.1
Leucina	93.9
Aromáticos	49.0
Triptofano	15.5
Lisina	41.4

El programa computacional “Mixteco”, presenta la siguiente secuencia:

### **CANTIDADES DE PRODUCTO USADO PARA LA FORMULACIÓN (en gramos)**

```
> cant_ama:=0;
> cant_trigo:=0;
> cant_gar:=0;
> cant_hoja:=0;
> cant_aceite:=0;
> cant_ger:=0;
> cant_cebolla:=0;
> cant_ajo:=0;
> cant_consomme:=0;
> cant_sustituto:=0;
> cant_sal:=0;
> cant_apio:=0;
```

A los condimentos no se les asigna un valor para el cálculo de proteínas, hidratos de carbono, fibra bruta, kcal, extracto etéreo y cenizas porque los componentes principales son los de mayor aporte.

#### **Proteína**

```
A1:=cant_ama*0.145;A2:=cant_trigo*0.109;A3:=cant_gar*0.24;A4:=cant_hoja*0.277;A5:=cant_aceite*0.0;A6:=cant_ger*0.183;A7:=cant_cebolla*0;A8:=cant_ajo*0;A9:=cant_consomme*0;A10:=cant_sustituto*0;A11:=cant_sal*0;A12:=cant_apio*0;
```

#### **Hidratos de Carbono**

```
B1:=cant_ama*0.647;B2:=cant_trigo*0.758;B3:=cant_gar*0.544;B4:=cant_hoja*0.0018;B5:=cant_aceite*0.0;B6:=cant_ger*0.573;
```

**Fibra Bruta**

$C1:=\text{cant\_ama} \times 0.03; C2:=\text{cant\_trigo} \times 0.009; C3:=\text{cant\_gar} \times 0.05; C4:=\text{cant\_hoja} \times 0.017; C5:=\text{cant\_aceite} \times 0.0; C6:=\text{cant\_ger} \times 0.037;$

**Kcal**

$D1:=\text{cant\_ama} \times 3.69; D2:=\text{cant\_trigo} \times 3.621; D3:=\text{cant\_gar} \times 3.510; D4:=\text{cant\_hoja} \times 0.068; D5:=\text{cant\_aceite} \times 8.99; D6:=\text{cant\_ger} \times 3.48;$

**Extracto Etéreo**

$E1:=\text{cant\_ama} \times 0.066; E2:=\text{cant\_trigo} \times 0.017; E3:=\text{cant\_gar} \times 0.055; E4:=\text{cant\_hoja} \times 0.0027; E5:=\text{cant\_aceite} \times 0.999; E6:=\text{cant\_ger} \times 0.062;$

**Costo**

$F1:=\text{cant\_ama} \times 0.06; F2:=\text{cant\_trigo} \times 0.0035; F3:=\text{cant\_gar} \times 0.02; F4:=\text{cant\_hoja} \times 0.100; F5:=\text{cant\_aceite} \times 0.009; F6:=\text{cant\_ger} \times 0.05; F7:=\text{cant\_cebolla} \times 0.02013; F8:=\text{cant\_ajo} \times 0.01967; F9:=\text{cant\_consome} \times 0.0725; F10:=\text{cant\_sustituto} \times 0.04; F11:=\text{cant\_sal} \times 0.0035; F12:=\text{cant\_apio} \times 0.03;$

**Cenizas**

$G1:=\text{cant\_ama} \times 0.025; G2:=\text{cant\_trigo} \times 0.007; G3:=\text{cant\_gar} \times 0.026; G4:=\text{cant\_hoja} \times 0.0119; G5:=\text{cant\_aceite} \times 0.0; G6:=\text{cant\_ger} \times 0.027;$

**CANTIDADES POR FORMULACIÓN (el adulto requiere 75 g de prot/día y el infante 56 g de prot/día, de acuerdo al INNSZ)**

$\text{proteina}:=A1+A2+A3+A4+A5+A6+A7+A8+A9+A10+A11+A12; \text{hidratos\_carbono}:=B1+B2+B3+B4+B5+B6; \text{fibra\_bruta}:=C1+C2+C3+C4+C5+C6; \text{extracto\_etereo}:=E1+E2+E3+E4+E5+E6; \text{contenido\_Kcal}:=D1+D2+D3+D4+D5+D6; \text{gramos\_formulacion}:=\text{cant\_ama}+\text{cant\_trigo}+\text{cant\_gar}+\text{cant\_hoja}+\text{cant\_aceite}+\text{cant\_ger}+\text{cant\_cebolla}+\text{cant\_ajo}+\text{cant\_consome}+\text{cant\_sustituto}+\text{cant\_sal}+\text{cant\_apio}; \text{costo\_formulacion}:=F1+F2+F3+F4+F5+F6+F7+F8+F9+F10+F11; \text{costo\_100gr\_formulacion}:=\left(\frac{\text{costo\_formulacion}}{\text{gramos\_formulacion}}\right) \times 100; \text{proteina\_por\_ciento}:=\left(\frac{\text{proteina}}{\text{gramos\_formulacion}}\right) \times 100; \% \text{prot\_bseca}:=\left(\frac{100 \times \text{proteina\_por\_ciento}}{92.82}\right); \% \text{req\_prot\_adulto\_por100g}:=\text{proteina\_por\_ciento} \times 1.34; \% \text{req\_prot\_infante\_por100g}:=\text{proteina\_por\_ciento} \times 1.54;$

**Calificación Química (leucina, lisina , metionina-cisteína) para Hoja de Amaranto, Harina de Amaranto, Trigo y Garbanzo. [ sq = (mg aa limitante por g de prot utilizada /mg aa limitante del patrón FAO) \* 100 ]**

leu\_ama:=A1\*58.4;leu\_trigo:=A2\*67;leu\_gar:=A3\*75.3;leu\_hoja:=A4\*93.9;lys\_ama:=A1\*54.8;lys\_trigo:=A2\*26.8;lys\_gar:=A3\*69.7;lys\_hoja:=A4\*41.4;metcis\_ama:=A1\*46.3;metcis\_trigo:=A2\*56.1;metcis\_gar:=A3\*43;metcis\_hoja:=A4\*14.2;

cant\_leucina\_mez:=leu\_ama+leu\_trigo+leu\_gar+leu\_hoja;cant\_lisina\_mez:=lys\_ama+lys\_trigo+lys\_gar+lys\_hoja;cant\_metcis\_mez:=metcis\_ama+metcis\_trigo+metcis\_gar+metcis\_hoja;leu\_1g\_prot:=cant\_leucina\_mez/(A1+A2+A3+A4);lys\_1g\_prot:=cant\_lisina\_mez/(A1+A2+A3+A4);metcis\_1g\_prot:=cant\_metcis\_mez/(A1+A2+A3+A4);

sq\_leu\_mez:=(leu\_1g\_prot/70)\*100;sq\_lys\_mez:=(lys\_1g\_prot/55)\*100;sq\_metcis\_mez:=(metcis\_1g\_prot/35)\*100;

**Score Químico para aminoácidos esenciales (isoleucina, fenilalanina-tirosina, treonina, triptofano, valina)**

cant\_ile\_mez:=(A1\*39.2)+(A2\*36.8)+(A3\*45.3)+(A4\*50.1);cant\_phetyr\_mez:=(A1\*74.9)+(A2\*86.7)+(A3\*91.7)+(A4\*60.4);cant\_thr\_mez:=(A1\*32.8)+(A2\*29.5)+(A3\*36.6)+(A4\*49);cant\_tryp\_mez:=(A1\*14.6)+(A2\*10.3)+(A3\*4.0)+(A4\*15.5);cant\_val\_mez:=(A1\*39.9)+(A2\*42.7)+(A3\*46.9)+(A4\*48.0);ile\_1g\_prot:=cant\_ile\_mez/(A1+A2+A3+A4);phetyr\_1g\_prot:=cant\_phetyr\_mez/(A1+A2+A3+A4);thr\_1g\_prot:=cant\_thr\_mez/(A1+A2+A3+A4);tryp\_1g\_prot:=cant\_tryp\_mez/(A1+A2+A3+A4);val\_1g\_prot:=cant\_val\_mez/(A1+A2+A3+A4);

sq\_ile\_mez:=(ile\_1g\_prot/40)\*100;sq\_phetyr\_mez:=(phetyr\_1g\_prot/60)\*100;sq\_thr\_mez:=(thr\_1g\_prot/40)\*100;sq\_tryp\_mez:=(tryp\_1g\_prot/10)\*100;sq\_val\_mez:=(val\_1g\_prot/50)\*100;

**Score Químico en la mezcla de aminoácidos esenciales sin histidina**

sq\_mez\_aa:=((leu\_1g\_prot+lys\_1g\_prot+metcis\_1g\_prot+ile\_1g\_prot+phetyr\_1g\_prot+thr\_1g\_prot+tryp\_1g\_prot+val\_1g\_prot)/360)\*100;

**ANEXO 3: FORMATO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL.**

Aplice la siguiente escala hedónica para evaluar cada formulación de sopa tipo crema, colocando una X dentro del cuadro que considere correcto para usted.

**ESCALA HEDÓNICA**

- 5 = Me gusta mucho
- 4 = Me gusta
- 3 = No me gusta ni me disgusta
- 2 = No me gusta
- 1 = Me disgusta mucho

ESCALA HEDÓNICA	FORMULACIÓN		
	325	431	526
Me gusta mucho			
Me gusta			
No me gusta ni me disgusta			
No me gusta			
Me disgusta mucho			

Fecha \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**ANEXO 3: PROCEDIMIENTO SEGUIDO EN EL ANÁLISIS DE VARIANZA A LOS DATOS OBTENIDOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL CON JUECES NO ENTRENADOS.**

Resultados obtenidos de la evaluación a las sopas tipo crema finales con la aplicación de la prueba de medición del grado de satisfacción a jueces no entrenados.

JUECES	FORMULACIONES			TOTAL
	13	14	15	
1	4	4	4	12
2	4	4	4	12
3	4	4	4	12
4	4	5	3	12
5	5	4	5	14
6	3	4	5	12
7	4	2	4	10
8	4	4	5	13
9	3	3	3	9
10	4	4	3	11
11	4	4	4	12
12	3	3	4	10
13	5	4	3	12
14	4	5	5	14
15	4	4	4	12
16	4	4	4	12
17	4	4	5	13
18	5	4	3	12
19	4	5	4	13
20	3	2	5	10
21	4	4	3	11
22	4	4	4	12
23	3	3	3	9
24	3	4	4	11
25	4	3	5	12
26	4	4	4	12
27	5	5	3	13
28	4	4	4	12
29	4	4	4	12
30	4	5	5	14
31	4	4	4	12
32	3	2	5	10
33	4	4	5	13
34	5	3	3	11
35	4	4	4	12

36	3	4	4	11
37	4	5	3	12
38	4	4	5	13
39	5	4	4	13
40	4	4	5	13
41	3	4	3	10
42	4	3	3	10
TOTAL ( $\Sigma$ )	165	162	168	495
MEDIA	3.92	3.85	4.00	

## ANALISIS DE VARIANZA

**Factor de Corrección (F.C.)** =  $(495)^2/126 = 1944.64$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Total de} \\ \text{Cuadrados} = & (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + \\ & (5)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (4)^2 \\ & + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (2)^2 + (4)^2 + \\ & (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (2)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + \\ & (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (5)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + \\ & (5)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (5)^2 + \\ & (4)^2 + (5)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (4)^2 + (4)^2 + (3)^2 + (5)^2 + (4)^2 + (5)^2 + (3)^2 + (3)^2 - 1944.64 = \mathbf{62.36} \end{aligned}$$

$$\Sigma \text{ De Cuadrados del Producto} = \{[(165)^2 + (162)^2 + (168)^2]/42\} - 1944.64 = \mathbf{0.43}$$

$$\Sigma \text{ De Cuadrados del Error} = 62.36 - 0.43 = \mathbf{61.93}$$

**BIBLIOGRAFÍA**

1. Avila-Curiel, A., et al. 1999. La Desnutrición Infantil en el Medio Rural Mexicano. Encuesta Nacional de Alimentación. INCMNSZ
2. Ayers, G. M. 1970. Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Harla. México D. F. Segunda Edición.
3. Becker, R., Wheeler, E. L., Lorenz, A. E., Stafford, O. K., Grosjean, A. A., Betschart, A. and Saunders, R. M. 1981. Compositional Study of Amaranth Grain. *Journal of Food Science*. Vol. 46. No. 4
4. Betschart, A., Wood, D. I., Saunders, J. 1981. Morphological Studies on *Amaranthus cruethus*. *Journal of Foods Science*. Vol. 46. No. 4
5. Bressani, R. (1983). El Amaranto y su Potencial. Boletín No. 1
6. Cassis, M. L. y Morales, J. 1995. El garbanzo. Cuadernos de Nutrición. México. Vol 18 No. 5, Septiembre-Octubre 1995
7. Compartamos Alimentos A.C. 2001. Programa Integral de Nutrición.
8. Composición de los Alimentos Mexicanos. 1996. México. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. C. D. Base de datos.
9. Chávez, M. A. y Martínez, C. 1979. Nutrición y Desarrollo Infantil. Editorial Interamericana. México.
10. Departamento de Promoción y Exportaciones. 2000. Perfil de Mercado: México y su región sureste
11. Desrosier, N. W. 1990. Conservación de Alimentos – Trad. 2ª ed., Ed.Cía. Editorial Continental, S. A. de C.V.. México
12. Devadas R.P. and Saroja, S. 1980. Availability of Iron and B. Carotene from Amaranth to Children. Proc. Second Amaranthus Conf., Emmaus
13. Egam, H., Kirk, R. S. and Sawyer, R. 1987. Análisis Químico de Alimentos de Pearson. Ed. Cía. Editorial Continental, S.A. de C. V. México.
14. Evans, R. G., D. H. Bauer, K. A. Sisak, y P. A. Ryan. 1974. The availability for the rat of methionine and cystine contained in dry bean seed (*Phaseolus vulgaris*). *J. Agr. Food Chem.* 22: 130-133. Evidencia de la poca utilización.
15. Fennema O. R. 2000. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. Segunda Edición. España
16. Gómez Ortiz, S. 1980. Cambios en la Concentración de Lisina durante la Germinación del Amaranto. IPN. México. Tesis.
17. Góngora, N. M. y Vergara, A. J. 1996. Flujo en Tubería de un Simil de Sopa Tipo Crema con Sólidos en Suspensión y su Predicción Mediante un Modelo Matemático. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. México. Tesis.
18. Hernández, M. Chávez, A.. Bourges, H. V. 1987. Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Publicación L-12, 10ª Edición, INNSZ. México
19. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. 1996. Encuesta Nacional de Alimentación y Nutrición.

20. Instituto Nacional de Salud Pública. 1999. Encuesta Nacional de Nutrición.
21. Klaus, L. 1980. Cereal sprouts; composition, nutritive value, foods application. *Critical review in F. Sci. and Nut.* 13(4):354-384.
22. Lehninger, A. 1981. *Bioquímica*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 4ª Reimpresión.
23. Licona-Morán B. Y Gonzalez-Velázquez N. 2002. Mixteco. Programa Desarrollado en Maple Versión 5: permite el cálculo de proteína, score químico y costo principalmente.
24. Luh, B. S. and Woodroof, J. G. 1988. *Comercial Vegetable Processing*. 2ª ed., Editorial AVI. New York USA.
25. Martinez, R. S. 1998. *La Canasta Básica Alimentaria en México: Contenido y determinantes*. Facultad de Economía. UNAM.
26. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Bacterias Aerobias en Placa.
27. Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Prácticas de Higiene y Sanidad en la Preparación de Alimentos que se Ofrecen en Establecimientos Fijos.
28. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la Cuenta de Mohos y Levaduras en Alimentos.
29. Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de Bacterias Coliformes. Técnica del Número más Probable.
30. Norma Oficial Mexicana NOM-147-SSA1-1996, Bienes y Servicios. Cereales, Sémolas o Semolinas, Alimentos a base de Cereales, de Semillas Comestibles, Harinas, Sémolas o Semolinas o sus Mezclas. Productos de Panificación. Disposiciones y especificaciones Sanitarias y Nutrimientales.
31. *Official Methods of Analysis*. 1984. Association of official Analytical Chemists. A. O.S.C. USA.
32. Okuno, K. And Sakagauchi, S. 1981. Glutinous and Non-Glutinous Starches in Perisperm of Grain Amaranths Cereal. *Res. Commun* 9.
33. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. 1994. Plan de Acción Regional para la Promoción de la Salud en las Américas. Washington, D.C.: OPS / OMS, 113ª Reunión, 1994:27
34. Pérez-Guillé. M. G., et al. 1999. *Acta Periódica*, Vol 5, No. 20
35. Pomeranz, Y. 1984. *Funcional Properties of Food Components*. Editorial Academic Press, INC. USA
36. Ramos Galván, R. 1985. *Alimentación Normal en Niños y Adolescentes*. Manual Moderno. México.
37. Ramos Galván, R. 1987. Desnutrición y Crecimiento Físico. *Bol. Méd. Hosp. Infantil. México*. 21 (sup. 1)
38. Rico, N. N., Morales, L. J., Suárez, N. L. Elaboración de una Galleta con base en Mezclas Trigo-Amaranto. *Rev. Tecnol. Aliment. Méx.* No.12
39. SAGARPA. 2000. *Producción de Leguminosas en México*. Dirección General de Información de Datos y Estadística Sectorial.

40. Sánchez, M. A. 1980. Potencialidad Agroindustrial del Amaranto. Centro de Estudios Económicos de Tercer Mundo. México, D.F.
41. Sánchez, M. A. 1983. Dos Cultivos Olvidados: El Amaranto y la Quina. Arch. Latinoam. Nutr. Vol. 83. No. 1.
42. Sánchez, M. A. y S. Maya. 1979. Características Bromatológicas del Amaranto. Congreso de Ingeniería Bioquímica, Res. Trab., México, D.F.
43. Saunders, R. M. and Becker, R. 1984. Amaranthus: A Potential Food and Freed Resource. In: Adv. Sci. Tech. Vol. VI. AACC. Ed. Pomeranz.
44. Teutónico, R. A., Knorr, D. 1985. Amaranth. Composition Properties and Applications of Rediscovered Food Corp. Food Technology Vol. 39 No. 4
45. Watt. B. T. and Merrill, A. L. 1963. Composition foods USDA. Agricultura Handbook. No. 8 , Washington C.C.
46. World Health Organization. 1973. Energy and Protein Requirements. Report of Joint FAO/WHO Ad Expert Committee. Tech. Rep. Ser. 522. Geneva
47. [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx). Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México: información estadística del país.
48. <http://www.profeco.gob.mx/new/html/tecnodom/conserva/germin.htm> Procuraduría Federal del Consumidor. Tecnologías domésticas.
49. [www.secofi.gob.mx](http://www.secofi.gob.mx) Secretaria de Comercio y Fomento Industrial: información en general de utilidad para el sector industrial y comercial de México