

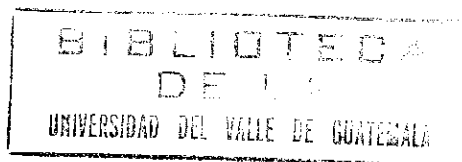
**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ALIMENTOS**



**PREPARACIÓN DE UN ATOL  
COMO COMPLEMENTO ALIMENTICIO  
EN EL TRATAMIENTO DE REHIDRATACIÓN ORAL**

**CLARA ISABEL ROMERO GARCÍA**

Trabajo de graduación presentado para optar al grado  
académico de Ingeniera en Ciencias de Alimentos en grado de  
Licenciada



**Guatemala**

**2000**

PREPARACIÓN DE UN ATOL  
COMO COMPLEMENTO ALIMENTICIO  
EN EL TRATAMIENTO DE REHIDRATACIÓN ORAL

Vo.Bo. :

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Asesor

Tribunal:

(f) Ricardo Bressani  
Doctor Ricardo Bressani

(f) Patricia de Palomo  
Licenciada Patricia de Palomo

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz  
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 5 de junio de 2000

CONTENIDO		Páginas
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
	A. Composición química del plátano	3
	B. Composición química de la cebada	5
	C. Efecto de la germinación en la cebada	6
	D. Composición química del arroz	6
	E. Valor nutritivo del arroz	7
	F. Composición química del frijol blanco	8
	G. Valor nutritivo del frijol blanco	11
	H. Factores tóxicos o antinutricionales en las leguminosas	12
	1. Inhibidores proteolíticos	12
	2. Hemaglutininas	13
	I. Efecto del proceso de germinación en el frijol blanco	13
	J. Efecto de la germinación en los factores antinutricionales de las leguminosas	14
	K. Valor nutricional de las mezclas de arroz y frijol	15
	L. Enfermedad diarreica	16
	M. Relación entre diarrea y nutrición	17
	N. Tratamiento nutricional del niño con diarrea Aguda	18
	Ñ. Selección de los alimentos para administrar durante la diarrea	19
	O. Grados de deshidratación	20
III.	JUSTIFICACIÓN	22

IV. OBJETIVOS	24
V. HIPÓTESIS	25
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	26
1. Materiales	26
2. Métodos	27
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
VIII. CONCLUSIONES	43
IX. RECOMENDACIONES	44
X. BIBLIOGRAFÍA	46
APÉNDICE	49
A. Cuadros de resultados de análisis sensorial	49
B. Cuadros y gráficas de la vida de anaquel	51
C. Resultados estadísticos	53
D. Puntos porcentuales de la distribución F	55
E. Puntos porcentuales de la prueba de rangos múltiples	57
F. Boleta usada en el análisis sensorial	59

## LISTA DE CUADROS

Cuadros	Página
2.1 Composición química del plátano	3
2.2 Aminoácidos esenciales del plátano	4
2.3 Composición química del frijol blanco	9
6.1 Mezclas de harinas de frijol, cebada malteada, plátano y arroz para la realización de atoles en g por 100 g de mezcla	29
6.2 Cantidad de mezclas usadas por cada 750 cc de agua	29
6.3 Tiempo de cocción de mezclas a temperatura de ebullición	30
7.1 Cantidad de sodio y potasio en harinas de frijol blanco germinado	33
7.2 Determinación de sólidos solubles en harina de frijol blanco en sus diferentes tiempos de germinación	34
7.3 Resultados del análisis proximal de las mezclas 1, 2, 3 y 4	36
7.4 Tiempo de sedimentación a 70°C de las mezclas de harina a distintas concentraciones	38
7.5 Determinación de las cantidades de sodio y potasio en el producto final	40
7.6 Cantidad de azúcares totales, reductores y almidón total en el producto final	41
7.7 Análisis de viscosidad y tiempo de sedimentación, a 70°C del producto final	42

## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica	Página
7.1 Composición química del plátano	37

## I. INTRODUCCIÓN

La principal causa anual de morbi-mortalidad en niños menores de 5 años, en los países en vías de desarrollo, es la enfermedad diarreica. Cada año, ésta es responsable de aproximadamente 5 millones de muertes debidas principalmente a la deshidratación. Además es una causa sustancial de desnutrición proteínico-energética (Delgado et al. 1985).

El nivel de morbi-mortalidad podría reducirse a través del manejo clínico de la enfermedad, incluyendo la utilización de la terapia de rehidratación, tanto oral como endovenosa y la alimentación adecuada del niño con diarrea durante la enfermedad y la convalecencia (Delgado et al., 1985).

Para la población latinoamericana de bajos recursos económicos, el frijol constituye la fuente de proteína más importante después de los cereales. También representa un alimento integrante de la cultura de estos países, que usualmente se consume junto con maíz o arroz. El arroz, aunque es uno de los cereales de menor contenido proteínico, es uno de los mejores en cuanto a la calidad de la proteína y la eficiencia de utilización de la misma (Bressani, 1972).

En general, la proteína de las leguminosas de grano se considera como el complemento natural de la proteína de los cereales, debido a su relativo alto contenido de lisina. Por otro lado, los cereales complementan la proteína de las leguminosas al aportar los aminoácidos azufrados que son los más limitantes en estos granos (Bressani et al, 1973).

El plátano es fundamentalmente una fuente de carbohidratos y algunos minerales importantes en la alimentación (FAO, 1991). Por otro lado, durante la germinación se aumenta la disponibilidad de nutrientes de los granos y en la cebada

aumenta la acción de las enzimas responsables de la degradación del almidón (Lorenz y Kulp, 1991).

Para aprovechar las características proteínicas y energéticas de estos alimentos, se pretende desarrollar un proceso para la producción de harinas compuestas que sirvan como base para la preparación de mezclas que puedan utilizarse en la preparación de bebidas tipo atol. Se desea que estas bebidas sirvan como complemento nutricional durante el tratamiento de rehidratación oral (TRO), ayudando así a evitar desnutrición proteínico-calórica provocada por la enfermedad diarreica.

La producción de harinas de granos se obtendrá después de un proceso de germinación, secado y molienda. La germinación de los granos será utilizada, ya que incrementa el valor nutritivo de los mismos. En el caso del plátano, la harina será obtenida después de un proceso de secado y molienda.

## II. ANTECEDENTES

### A. Composición química del plátano

El plátano es un alimento altamente energético, cuyos hidratos de carbono son fácilmente asimilables; es pobre en proteínas y lípidos y no es suficiente como base de una alimentación completa (Champion, 1978). Es relativamente rico en ácido ascórbico (11 mg/100g pulpa) y considerablemente alto en contenido de caroteno (Nagy y Shaw, 1980).

El plátano contiene aproximadamente 66% de agua, el 66% de los sólidos es almidón y sólo 17% azúcares (Nagy y Shaw, 1980).

Cuadro 2.1:

Composición química del plátano (por 100g de parte comestible):

Nutriente	Cantidad
Energía alimentaria (kJ)	476
Humedad (%)	68.2
Proteína (g)	0.9
Grasa (g)	0.2
Fibra (g)	0.4
Total CHO y fibra (g)	29.7
Ceniza (g)	1.0
Ca (mg)	19
P (mg)	38

Fe (mg)	0.6
K (mg)	5
Na (mg)	375
Equiv. Caroteno ( $\mu\text{g}$ )	475
Tiamina (mg)	0.15
Riboflavina (mg)	0.06
Ácido nicotínico (mg)	0.7
Ácido ascórbico (mg)	11
Ácido fólico ( $\mu\text{g}$ )	-

Fuente: FAO, 1991 y Merrill and Watt.

Cuadro 2.2

Aminoácidos esenciales del plátano.

Aminoácido	mgN/g
Lisina	193
Treonina	141
Tirosina	89
Fenilalanina	134
Valina	167
Triptófano	89
Isoleucina	116
Metionina	48

Cistina	65
Total de azufrados	113
Total de esenciales	1042

---

Fuente: FAO, 1991

Los médicos aconsejan la pulpa de plátano como particularmente eficaz en caso de diarreas infantiles graves; es bien tolerada por el organismo y parece ejercer una favorable acción sobre la fauna intestinal (Champion, 1978).

#### B. Composición química de la cebada

El contenido de almidón en los granos de cebada varía de 21.2 a 64.4%. Se encuentran nueve monosacáridos y siete compuestos relacionados. La glucosa y fructosa se encuentran libres y en combinaciones, otros monosacáridos se polimerizan en oligosacáridos, polisacáridos, glicósidos, glicolípidos y glicoproteínas. El contenido normal de azúcares simples de la cebada varía entre 2 y 6% y el azúcar presente en mayor cantidad en los tejidos vivos de la cebada es la sucrosa (Lorenz y Kulp, 1991).

La proteína cruda de la cebada contiene 80% de proteína verdadera con el resto de nitrógeno no proteínico y amidas. El aminoácido limitante de la proteína de cebada es la lisina, seguida por metionina, treonina y triptofano. El contenido de lípidos de la cebada es bajo (de 2-3%) comparado con el maíz y avena. Los triglicéridos componen el 77.9% de los lípidos de la cebada, la mayoría de los lípidos están en el endosperma (77%), embrión (18%) y cáscara (5%) (Lorenz y Kulp, 1991).

El contenido de ceniza de la cebada (2-3%) se ve influenciado por la estación de crecimiento, el lugar, tipo de suelo y su fertilidad. La distribución de los minerales es

completamente desigual en el grano, el raquis (5-14%) y la arista (17-38%) contienen grandes porciones de minerales (Lorenz y Kulp, 1991).

La cebada es una excelente fuente del complejo-B, tiamina (B1), piridoxina (B6), riboflavina (B2), ácido pantoténico y niacina, pero sólo 10% de la niacina es disponible para animales monogástricos. Se encuentran pequeñas cantidades de vitamina E en el germen, y algo de biotina y folacina. No hay contenido de caroteno, vitamina A, B12 o D, en granos no germinados (Lorenz y Kulp, 1991).

#### C. Efecto de la germinación en la cebada

Los complejos cambios que ocurren durante la germinación en la cebada incluyen la degradación de los materiales de la pared celular, solubilización de la proteína, y la producción de enzimas amilolíticas. Las enzimas responsables de la degradación del almidón en la germinación son fosforilasa,  $\alpha$ -glucosidasa,  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa y transglucosidasa (Lorenz y Kulp, 1991).

#### D. Composición química del arroz

En promedio, una muestra de grano de arroz molido puede contener cerca de 80% de almidón, 7.5% de proteína, 0.5% de ceniza y 12% de agua. Es un alimento de bajo contenido proteico, pero alto en carbohidratos (Chaudler, 1979). El contenido de proteína y la composición de aminoácidos de la proteína del arroz cambia con las condiciones de crecimiento y según la variedad. Se ha encontrado que la misma variedad de arroz que crece en diferentes localidades y distintas variedades de arroz que crece en la misma localidad, varían considerablemente su composición de aminoácidos. La mayor parte de la proteína del grano de arroz se encuentran en el

endospermo. Esta proteína se compone de 80% (o más) de glutelinas, y 20% de globulinas (Matz, 1991).

El arroz molido contiene un nivel muy bajo de lípidos, posiblemente del 0.3 al 0.4%. En el salvado, éste porcentaje aumenta a un promedio del 21%. Los lípidos del salvado son ricos en ácido linoléico y linolénico, mientras los lípidos del arroz molido son más abundantes en ácido mirístico, palmítico, palmitoléico y sérico. El arroz molido no es una fuente importante de minerales. Su contenido de cenizas en una serie de muestras, varía entre 0.26 y 1.95% en base seca. En las cenizas del arroz fueron encontrados calcio, hierro, potasio, sodio, silicio, magnesio, azufre, fósforo y trazas de otros elementos, siendo los más abundantes el potasio y el fósforo (Matz, 1991).

#### E. Valor nutritivo del arroz

El arroz es principalmente una fuente de calorías debido a su alto contenido en carbohidratos (almidón) (Icaza, 1969; Chaudler, 1979). Sin embargo, constituye la principal fuente de proteína de millones de personas especialmente en Asia (Chaudler, 1979).

Aunque el contenido de proteína del arroz pulido es menor que el del trigo, maíz y sorgo (Chaudler, 1979), la calidad nutritiva de la proteína del arroz es alta respecto de la de los demás cereales (Matz, 1991). La lisina, el aminoácido esencial limitante más importante, constituye cerca del 4% de la proteína del arroz, el doble que en harina de maíz. Además, los porcentajes de treonina y metionina, otros dos aminoácidos esenciales, son considerablemente más altos en la proteína del arroz que en la de maíz, trigo, o sorgo. Sin embargo para una nutrición protéica

adecuada, se necesita complementar la dieta con granos de legumbres, carne y pescado (Chaudler, 1979).

Como otros cereales, el arroz es deficiente en vitaminas A, D, y C (Chaudler, 1979). Pero es una importante fuente de tiamina, riboflavina y niacina (Matz, 1991). La cantidad de éstas últimas es más elevada en el arroz café que en el arroz pulido, debido a que las vitaminas del complejo B están más concentradas en el salvado y el germen, los cuales son removidos en el proceso de molienda (Chaudler, 1979).

Aunque es bajo su contenido de proteínas, vitaminas y minerales, el arroz tiene otras ventajas como alimento. Sus carbohidratos son de fácil digestión, lo cual aumenta su eficiencia proteica: el valor de la utilización neta de proteína para arroz es de 63, comparada con 49 del trigo y 36 para maíz (Chaudler, 1979).

#### F. Composición química del frijol blanco

El potencial que tienen las legumbres para ser usadas como alimento fuente de proteína para mejorar la nutrición humana, ha estado por mucho tiempo en la mente de las personas preocupadas en alimentación y nutrición (Jaffé, 1973).

Los frijoles tienen un contenido de proteína total que va de 20 a 25%, lo cual es útil para balancear dietas basadas en alimentos ricos en almidón como los granos de cereales, tubérculos, plantas, etc. (Sprague, 1975).

La cantidad de proteína cruda en el grano de frijol es por lo menos dos veces más alta que la que se encuentra en el maíz. A pesar que son tres tipos de frijoles, no existen mayores diferencias en su composición química, los frijoles son buena fuente de minerales y contienen cantidades significativas de tiamina y niacina. En lo que respecta a la cantidad de calorías que proveen, se puede notar que 100g de frijoles contribuyen con 330 calorías más o menos, cantidad ligeramente más baja que las

contribuidas por igual cantidad de maíz. De estos resultados se puede concluir que el frijol es un concentrado proteico al igual que calórico en los alimentos (Bressani, 1958).

En cantidades iguales, el frijol provee más aminoácidos esenciales que el maíz. Estas diferencias entre el maíz y el frijol se disminuyen cuando la comparación de contenido de aminoácidos se hace en gramo de aminoácido por gramo de nitrógeno; sin embargo, puede notarse que la lisina es tres veces más alta en el frijol que en el maíz. Por consiguiente el frijol mejora el valor proteico del maíz contribuyendo con cantidades más altas de lisina que es posiblemente el aminoácido más limitante del maíz (Bressani, 1958).

Cuadro 2.3

Composición química del frijol blanco (valores por 100 g)

Nutriente	Unidades	Cantidad por 100 gramos
Análisis Proximal		
Agua	g	11.320
Energía	kcal	333.000
Proteína	g	23.360
Lípidos totales (grasa)	g	0.850
Carbohidratos	g	60.270
Fibra		
Ceniza	g	4.200

<b>Minerales</b>		
Calcio (Ca)	mg	240.000
Hierro (Fe)	mg	10.440
Magnesio (Mg)	mg	190.000
Fósforo (P)	mg	301.000
Potasio (K)	mg	1795.000
Sodio (Na)	mg	16.000
Zinc (Zn)	mg	3.670
Cobre (Cu)	mg	0.984
Manganeso (Mn)	mg	1.796
Selenio (Se)	mcg	12.800
<b>Vitaminas</b>		
Vitamina C	mg	0.000
Tiamina	mg	0.437
Riboflavina	mg	0.146
Niacina	mg	0.479
Ácido pantoténico	mg	0.732
Vitamina B-6	mg	0.318
Vitamina B-12	mcg	0.000
Ácido fólico	mcg	387.800
Vitamina A, UI	UI	0.000
Vitamina E	mg_ATE	0.530
<b>Aminoácidos</b>		
Triptófano	g	0.277

Treonina	g	0.983
Isoleucina	g	1.031
Leucina	g	1.865
Lisina	g	1.603
Metionina	g	0.351
Cistina	g	0.254
Fenilalanina	g	1.263
Tirosina	g	0.658
Valina	g	1.222
Arginina	g	1.446
Histidina	g	0.650
Alanina	g	0.979
Ácido aspártico	g	2.825
Ácido glutámico	g	3.561
Glicina	g	0.912
Prolina	g	0.990
Serina	g	1.271

Fuente: USDA Nutrient Database for Standard Reference

#### G. Valor nutritivo del frijol blanco

De los aminoácidos esenciales en la dieta humana, la proteína del frijol es comparativamente rica en lisina y triptófano (Sprague, 1975), sin embargo, la deficiencia de metionina de los frijoles comunes es bien conocida (Jaffé, 1973).

Un estudio realizado para determinar la biodisponibilidad de los aminoácidos (AA) en el frijol sugiere, al comparar los patrones de aminoácidos esenciales (AAE) con los de la FAO/OMS, que como AA limitantes en orden decreciente están, triptófano, valina y treonina (no se consideran los AA azufrados); y los AA que sobrepasan al patrón de referencia son los AA aromáticos y la isoleucina (Blanco, et al. 1991).

La digestibilidad de los AAE en el frijol blanco oscila entre 73.0 y 88.2% (Bressani, 1982). La valina resultó ser el AAE de menor disponibilidad biológica, y la lisina y fenilalanina las más disponibles. Se sugiere que la baja digestibilidad de la valina puede deberse al desbalance aminoácido existente en la proteína del frijol, ya que existe un exceso de isoleucina y leucina con relación a la valina (Blanco, et al. 1991).

#### H. Factores tóxicos o antinutricionales en las leguminosas

Algunas plantas presentan factores tóxicos que pueden producir reacciones inmediatas violentas o efectos adversos a largo plazo, estos efectos pueden incluir interferencia en la biodisponibilidad de nutrientes que resultan en la inhibición del crecimiento, hipoglicemia y daño de tejidos, entre otros. En las semillas de leguminosas se han encontrado los siguientes factores tóxicos o antinutricionales:

1. Inhibidores proteolíticos. Son sustancias que tienen la habilidad de inhibir la actividad proteolítica de ciertas enzimas. En el frijol blanco se encontraron inhibidores proteolíticos que poseen la capacidad de inhibir la acción de la tripsina, al igual que la quimotripsina en sitios activos independientes, la subtilisina y esastina (Mattheus, 1989).

Se ha demostrado la termolabilidad del inhibidor de tripsina, se asume que el efecto benéfico del tratamiento se debe a la destrucción del inhibidor, ya que éste, es

de hecho, acompañado con un incremento en el valor nutritivo de la proteína del frijol (Mattheus, 1989).

## 2. Hemaglutininas. Estas sustancias termolábiles también llamadas

fitohemaglutininas son capaces de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre, además exhiben otras interesantes e inusuales propiedades biológicas, que incluyen interacción con sustancias de grupos sanguíneos específicos, mitogénesis, promoción de adhesión celular, inhibición de crecimiento de hongos, y un efecto parecido al de la insulina en las células de grasa (Mattheus, 1989).

El efecto tóxico de las hemaglutininas cuando son consumidas oralmente, puede estar relacionado con su habilidad para combinarse con receptores específicos situados en la superficie de las células de la mucosa intestinal, lo que causa interferencia en la absorción o transporte de nutrientes a través de la pared intestinal (Mattheus, 1989).

### I. Efecto del proceso de germinación en el frijol blanco

Durante la germinación, ocurre una progresiva disminución en las mayores subunidades de almacenamiento de proteína y la completa degradación de otras subunidades más pequeñas (Sathe, 1983).

Ocurren cambios sustanciales en los aminoácidos solubles. Al final del quinto día de germinación, el total de aminoácidos solubles se incrementa 3.45 veces sobre el contenido del día cero. El total de aminoácidos esenciales solubles se incrementa de 110 mg/100g de proteína a 565 mg/100 g de proteína, durante el mismo período de germinación, esto representa 5.14 veces de incremento. De los aminoácidos esenciales solubles, el mayor y menor incremento fue de isoleucina (17.66 veces) y metionina (1.88 veces) respectivamente. Con la excepción del ácido aspártico (que

tiene una disminución progresiva durante la germinación), hay un incremento en todos los aminoácidos solubles (Sathe, 1983).

Debido a que la germinación es un proceso catabólico que suministra nutrientes importantes a la nueva planta en crecimiento gracias a la hidrólisis de las reservas de nutrientes, hay un aumento en la biodisponibilidad de minerales, y un incremento en la calidad nutritiva del frijol respecto de la utilización de la proteína y los carbohidratos debido a la reducción en los inhibidores de enzimas hidrolíticas (Sathe, 1983).

Debido a la disminución de carbohidratos y el incremento del contenido de agua durante la germinación, el valor calórico de los granos germinados es menor que el de los granos secos (Chen, 1975).

#### J. Efecto de la germinación en los factores antinutricionales de las leguminosas

Evidencias experimentales muestran que el ácido fítico, un inhibidor de crecimiento, tiene un efecto negativo en la absorción de calcio, hierro, magnesio, zinc y otras trazas de elementos esenciales. El ácido fítico es encontrado en los granos secos, y se ha reportado una reducción de éste relacionada con el incremento de la actividad de la fitasa durante la germinación de algunos granos. La disponibilidad de nutrientes minerales puede incrementarse debido a la disminución del contenido de ácido fítico en los granos durante la germinación, por tanto durante esta etapa se ve incrementada la disponibilidad de hierro (Chen, 1975).

En su estudio, Sathe encuentra que durante un período de germinación de cinco días el ácido fítico presenta una disminución progresiva desde 18.1 mg/g a 7.6 mg/g que representa una reducción de 57.8% al final del quinto día de germinación. Reportes previos sobre el efecto de la germinación en el ácido fítico de frijoles, indica

que durante un período de germinación de cinco días, de 20.16 a 77.44% del ácido fítico es hidrolizado, lo cual depende del tipo de frijol y el incremento en la actividad de la fitasa (Sathe, 1983).

#### K. Valor nutricional de las mezclas de arroz y frijol

El estudio del valor nutritivo de mezclas de arroz y frijol en ratas, demostró que la mejor combinación de sus proteínas es 85% de arroz y 15% de frijol. Y un estudio de absorción y retención de nitrógeno en alumnos de una escuela preescolar, sugiere que una mezcla de arroz y frijol tienen un 56.4% de absorción y un 13.9% de retención de nitrógeno (Jaffé, 1973).

En un estudio cuya finalidad era aportar más conocimientos al valor nutricional del sistema alimenticio arroz-frijol en la proporción 55:45, como es consumida en ciertas regiones del Brazil, en comparación con la mezcla de 77:23, ofrecidas solas o con suplemento de yuca y proteína animal suministrada en frecuencias diferentes. Se concluyó que la mezcla de arroz-frijol de 77:23 da mejores resultados que la de 55:45 por el método convencional, o sea suplementado con vitaminas, aceite y minerales, pero no alcanza los valores del mismo tenor proteínico de la caseína. Según las pruebas realizadas de manera más operacional, sin agregar vitaminas, aceite o minerales, las dos mezclas no presentan diferencia alguna (Angelis et al, 1982).

De un estudio cuyo objetivo era conocer los nutrientes limitantes en una dieta a base de arroz y frijol en la proporción, por peso, 55:45, evaluando su efecto a través del aumento en peso del animal, su velocidad de crecimiento, ingestión de proteína y energía, y los parámetros que usualmente se utilizan para evaluar calidad proteínica ( Angelis et al, 1982).

Se pudo establecer que todos los parámetros utilizados aumentaron al suplementar la dieta basal individualmente con leche y vitaminas hidro y liposolubles, así como minerales. Se observó un menor incremento pero muy consistente, cuando el suplemento fue la mezcla de minerales completa o solamente la adición de calcio y fósforo. Asimismo, las vitaminas liposolubles incrementaron el valor nutritivo de la dieta, aunque en menor grado que los minerales o todos los suplementos adicionales simultáneamente ( Angelis et al, 1982).

Datos experimentales sugieren que la leche proporcionó a la dieta arroz-frijol, otros nutrientes además de nitrógeno, como fueron las vitaminas liposolubles y minerales, y vitaminas hidrosolubles, que fueron la razón por la que la dieta suplementada con leche-yuca, mejoró su valor nutricional ( Angelis et al, 1982).

#### L. Enfermedad diarreica

Los investigadores de las enfermedades diarreicas lamentan la dificultad, si no la imposibilidad, de tener una definición aplicable universalmente para la diarrea. Pero para propósitos de una definición estándar, se ha propuesto que diarrea sea definida como el incremento en la frecuencia de deposiciones a dos o más veces el número diario usual, y que además este estado se extienda por un período de 24 horas o más. La presencia de náusea, vómitos, fiebre, calambres abdominales, deshidratación, o deposiciones con sangre son consistentes, pero no necesarias para el diagnóstico (Scrimshaw et al, 1983).

Los dos efectos negativos más importantes de la enfermedad diarreica son la muerte y la desnutrición proteínico-energética (Delgado et al, 1985).

En el caso de la enfermedad diarreica aguda, la muerte se debe principalmente a la deshidratación, resultante de la pérdida excesiva de agua y sales en las materias fecales, los vómitos, la orina y el sudor (Delgado et al, 1985).

La otra consecuencia de la enfermedad diarreica es que causa una pérdida aguda de peso que precipita o agrava la desnutrición proteínico-energética. El impacto nutricional negativo de las diarreas operaría a través de por lo menos cuatro mecanismos:

1. La reducción de la ingesta alimentaria voluntaria o involuntaria
2. La interferencia con la absorción de macro- y micro-nutrientes
3. La alteración de prácticamente todas las funciones normales metabólicas y endocrinas y
4. el aumento de las pérdidas directas de proteínas y otros nutrientes en el tracto gastrointestinal (Delgado et al 1985).

#### M. Relación entre diarrea y nutrición

Las enfermedades infecciosas producen un daño nutricional que se caracteriza por la pérdida aguda de peso y por los cambios fisiológicos y metabólicos que ocurren durante el proceso infeccioso. Las diarreas producen un daño aún mayor, pues a las alteraciones causadas por la infección intestinal, se agregan las pérdidas directas de nutrientes, agua y electrolitos, así como la disminución de la ingesta ocasionada por la anorexia. Esto se puede agravar todavía más iatrogénicamente por el ayuno impuesto al niño, sea por las creencias populares o por las prácticas médicas que prescriben un período de ayuno de 24 a 48 horas de duración, mientras se practica la rehidratación endovenosa; el período de ayuno es seguido por la reintroducción lenta y progresiva de alimentos. De esta manera el niño puede recibir dietas hipocalóricas

durante los 7 a 10 días siguientes a la diarrea aguda, prolongándose el plazo en el que el paciente entra en balance negativo de nitrógeno y posiblemente de otros nutrientes (OPS, 1987).

La práctica del ayuno parcial o total en el tratamiento de las diarreas se basa en la creencia de que el tránsito rápido del contenido intestinal, la reducción de la actividad enzimática de las células intestinales y los daños que los microorganismos causan a la mucosa intestinal, afectan la absorción de los alimentos durante la enfermedad. En la actualidad se reconoce que estas alteraciones existen principalmente en los procesos graves de diarrea. En general estos procesos corresponden a casos crónicos asociados con la desnutrición, y representan menos de 5% de las diarreas. Por otra parte la mayoría de las enfermedades diarreicas son de naturaleza aguda y se resuelven o mejoran en un tiempo promedio de cinco días, por lo que no es necesario establecer restricciones en la dieta de la gran mayoría de los niños con diarrea aguda no complicada (OPS, 1987).

#### N. Tratamiento nutricional del niño con diarrea aguda

Para minimizar los efectos negativos nutricionales de la diarrea, la alimentación debe continuar durante la enfermedad. La ventaja principal de la alimentación continuada consiste en que el déficit nutricional que sucede cuando se suspende la alimentación durante la enfermedad, puede evitarse en gran parte. Si se considera que los niños menores de dos años, de los países en desarrollo, pueden sufrir entre 4 y 10 episodios de diarrea al año, las prácticas de tratamiento que restringen la dieta pueden causar un deterioro significativo del estado nutricional y alterar el crecimiento del niño (OPS, 1987).

Una ventaja subsecuente de la alimentación continuada es que el mantenimiento y renovación de las células de la mucosa intestinal dependen del estímulo que proporcionan los alimentos. Las secreciones pancreáticas son un potente estímulo para la hiperplasia de la mucosa intestinal, y la alimentación puede inducir suficiente secreción enzimática por el páncreas para mantener una mucosa intestinal casi normal (OPS, 1987).

Un argumento final en favor del mantenimiento de la alimentación durante la enfermedad, es que en el niño alimentado al seno materno, la estimulación del pezón por la succión del niño y el vaciado periódico del pecho para reducir la presión intraalveolar son elementos cruciales para mantener la producción de leche y para facilitar la continuación de la lactancia (OPS, 1987).

#### Ñ. Selección de alimentos para administrar durante la diarrea

Para los niños que aún son lactantes, la leche materna es el mejor alimento. Y debe continuar la lactancia con frecuencia y sin interrupción durante la diarrea (Jelliffe et al, 1991; OMS, 1994). Los factores inmunológicos de la leche humana favorecen indudablemente el control de las infecciones entéricas. También se ha demostrado que la alimentación con leche humana puede ser beneficiosa para interrumpir la llamada diarrea "intratable" de la infancia. Por todas estas razones, así como por el estímulo que la succión ejerce sobre la producción de leche, debe alentarse el mantenimiento de la lactancia materna durante la diarrea (OPS, 1987).

Para los niños que consumen leche animal, con o sin lactancia materna, dar la leche que consume habitualmente (Jelliffe et al, 1991; OMS, 1994), aunque en los primeros dos días, ésta debe ser diluida (Jelliffe et al, 1991).

Si el niño tiene 6 meses o más o ya ingiere alimentos sólidos, convendrá darle cereales u otras féculas mezclados, en lo posible, con leguminosas, hortalizas y carne o pescado. Agréguese a cada comida 1 ó 2 cucharaditas de té de aceite vegetal para aumentar su valor energético. Es especialmente adecuado el aceite de palmera roja, que tiene un elevado contenido de provitamina A. Los jugos de frutas frescos y las bananas, son útiles porque contienen potasio (las bebidas de frutas endulzadas no son adecuadas y pueden agravar la diarrea) (OMS, 1994).

Se deben evitar los alimentos con un alto contenido de fibras o un volumen excesivo, como las frutas y hortalizas de calidad inferior, las peladuras de frutas y verduras y los cereales de grano entero, que son difíciles de digerir, y los alimentos y bebidas con un elevado contenido de azúcar, que pueden agravar la diarrea (OMS, 1994).

#### O. Grados de deshidratación

La *deshidratación leve* se produce cuando las pérdidas de agua corporal son inferiores a 50mL/kg de peso corporal. Hasta este límite de pérdida, los signos clínicos objetivos de la deshidratación, son el aumento en la velocidad del pulso (taquicardia) y palidez de la piel. Un poco más allá de este límite de pérdida, sobreviene sequedad de la piel y de la mucosa, ausencia de lágrimas y disminución en la producción de orina, que son los signos tempranos de deshidratación moderada. El tiempo de llenado capilar es inferior a 2 segundos (OPS, 1987).

Cuando la deshidratación avanza a un déficit de líquido de 80 a 100 mL/kg de peso corporal, las alteraciones circulatorias se agravan progresivamente (*deshidratación moderada o grave*). El llenado capilar es lento (3 o más segundos). Las extremidades están frías y moteadas. La fontanela y los globos oculares están

hundidos y la humedad de la mucosa y la elasticidad de la piel se reducen marcadamente. La presión sanguínea se mantiene ya que la hipobulimia se desarrolla en forma progresiva (OPS, 1987).

En la *deshidratación grave*, que sucede generalmente en los casos de diarrea abundante, puede alcanzarse un déficit de 120 mL/kg o mayor de peso corporal. Los pacientes tienen alteraciones de la conciencia, baja presión sanguínea, piel y mucosa muy secas y el tiempo de llenado capilar es mayor de 4 segundos (OPS, 1987).

### III. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, como en el resto de los países en vías de desarrollo, la principal causa de enfermedad y muerte en niños menores de 5 años, es la enfermedad diarreaica aguda. A pesar de que los estudios de la OPS y OMS, muestran que dicha enfermedad presenta una disminución en la tasa de incidencia en el período de 1990 a 1992, y una reducción en la tasa de mortalidad en el grupo de niños menores de cinco años, dichas tasas continúan siendo muy altas.

Además, las diarreas producen un daño nutricional severo en los niños que sobreviven esa enfermedad, ya que a la pérdida de peso y los cambios fisiológicos y metabólicos que ocurren durante el proceso infeccioso, se agregan las pérdidas directas de nutrientes, agua y electrolitos, así como la disminución de la ingesta ocasionada por la anorexia o el ayuno impuesto al niño mientras se practica la rehidratación (OPS, 1987).

Dada la desnutrición que presenta el niño debido a los períodos diarreicos, es necesario diseñar un producto altamente digerible, de bajo costo, basado en los alimentos disponibles localmente que son aceptados culturalmente y sean de fácil preparación. Es aquí donde radica la importancia de la preparación de un complemento nutricional para el tratamiento de rehidratación oral, que además de las características anteriormente presentadas, sea de alto valor nutritivo, y con buenas características organolépticas para su mejor aceptación.

Debido a la disminución de la actividad enzimática dentro del sistema gastrointestinal del paciente durante los períodos diarreicos, es necesario contar con un producto alimenticio, cuyos componentes se encuentren con mayor disponibilidad en cuanto a proteínas, carbohidratos y minerales. En los cereales y otros granos, el

proceso de germinación aumenta la actividad enzimática, aumentando así la disponibilidad de nutrientes, se solubilizan los azúcares, grasas, proteínas, etc., se incrementan los aminoácidos libres y péptidos pequeños, lo que hace a todos estos componentes más fáciles de absorber.

Con el presente trabajo de investigación se pretende elaborar una mezcla de harinas de granos previamente germinados y no germinados, para obtener un producto que supla las necesidades nutricionales del enfermo, y contribuya a evitar que se empeore la desnutrición proteínico-energética como consecuencia de la enfermedad diarreica.

Por otro lado, la bebida tipo atol preparada con el objetivo de presentar una alternativa de complemento nutricional, puede ser utilizada no sólo durante los períodos de diarrea, sino como complemento alimenticio para toda la población.

#### IV. OBJETIVOS

##### A. Generales

1. Desarrollar un proceso tecnológico adecuado para la producción de harina de frijol blanco, cebada malteada, arroz y plátano, aplicando el proceso industrial de germinación, secado y molienda.
2. Utilizar el producto obtenido como base para la preparación de mezclas que puedan utilizarse en la preparación de una bebida tipo atol, que sirva como complemento nutricional.

##### B. Específicos

1. Determinar el tiempo de germinación óptimo para el frijol blanco.
2. Realizar varias mezclas con diferentes proporciones de harinas de frijol blanco, cebada, arroz y plátano, como alternativas a evaluar para la preparación de una bebida tipo atol.

## V. HIPÓTESIS

Utilizando arroz, frijol blanco, cebada malteada y plátano, mediante los procesos de germinación, secado y molienda, es factible la producción de harinas para la preparación de una bebida tipo atol que sirva de complemento nutricional.

## VI. MATERIALES Y METODOS

### A. Materiales

#### 1. Material vegetal

- a. Arroz
- b. Frijol blanco
- c. Cebada malteada
- d. Plátano

2. Aparato de germinación. La germinación se llevó a cabo a temperatura constante de 30°C, alta humedad, en un lugar oscuro. Utilizando una incubadora LAB-LINE AMBI-HI-LOW CHAMBER, No. serie 0278.

3. Deshidratadora. Para deshidratar el plátano se utilizó una deshidratadora marca Regal, modelo No. K7850.

4. Horno. Para secar los granos de frijol, arroz y cebada después de la germinación y el remojo se utilizó un horno de Temperatura constante Fisher Scientific Isotemp Oven, Modelo 630G.

5. Molino. Para la molienda se utilizó un molino manual VICTORIA de tomillo.

6. Viscosímetro. Para realizar las mediciones de viscosidad del atol a una temperatura de 70°C, se utilizó un viscosímetro Brookfield de Lab-Line Instruments, Inc. Tipo aguja a 60 RPM con aguja No. 4.

7. Mezcladora. Se utilizó una mezcladora en "V" con capacidad de 2 kg por lote, accionado por un motor de corriente alterna con capacidad de 1/8 Hp y de 1725 RPM, para la mezcla de las harinas procesadas.

## B. Métodos

1. Tratamiento de las muestras de frijol blanco. Los granos de frijol blanco se colocaron por 5 minutos en una solución de cloro a 20 ppm para evitar crecimiento de mohos durante la germinación y eliminar la contaminación microbiológica en general, luego se colocaron en una superficie plana y húmeda y se cubrieron con papel semiabsorbente humedecido, para evitar la pérdida de humedad durante la germinación. Esta se llevó a cabo en un lugar oscuro y a una temperatura constante de 30°C. Después de la germinación los granos se secaron en un horno de temperatura constante a 70°C por 20 horas, para luego ser molidos.

2. Tratamiento de las muestras de cebada. Se utilizó cebada germinada, la cual se colocó por 5 minutos en una solución de cloro a 20 ppm para eliminar la contaminación, luego se secó en un horno de Temperatura constante a 70 °C por 6 horas, luego se molió para obtener una harina fina.

3. Tratamiento de las muestras de arroz. Los granos de arroz pulido se colocaron en una solución de cloro de 20 ppm por 5 minutos para eliminar la contaminación, luego se secaron en un horno de temperatura constante a 70°C por 6 horas, y luego se molieron para obtener la harina.

4. Tratamiento de las muestras de plátano. Los plátanos verdes se lavaron con agua para eliminar los residuos sólidos de su superficie, luego se colocaron por 10 minutos en una solución de cloro de 20 ppm para eliminar la contaminación microbiológica, se pelaron y cortaron con utensilios debidamente higienizados en rebanadas delgadas para facilitar su deshidratación. Luego de ser deshidratada, la fruta fue molida para obtener una harina fina y suelta.

### 5. Análisis físico-químicos.

a. Análisis químico proximal. Para los análisis de humedad, extracto etéreo,

fibra cruda, cenizas y nitrógeno, se usaron los métodos descritos por la AOAC y el libro Composición y análisis de Alimentos de Pearson, y se realizaron en el producto final.

b. Análisis de carbohidratos. Los análisis de carbohidratos se llevaron a cabo en el producto final. Se efectuaron los siguientes:

i. Análisis de azúcares totales. Se evaluó siguiendo el método descrito por el AOAC. Y se realizó en el producto final.

ii. Análisis de azúcares reductores. Se siguió la metodología descrita por el AOAC. Y se realizó en el producto final.

iii. Almidón total. Se utilizó el método descrito por el AOAC. Y se realizó en el producto final.

c. Análisis de minerales. Se usó el método de espectrofotometría de absorción atómica descrito en el AOAC. Y se realizó para determinar el tiempo óptimo de germinación del frijol y en el producto final.

d. Análisis de sólidos solubles. Se usó el método descrito en el AOAC. Y se realizó para determinar el tiempo óptimo de germinación del frijol.

6. Preparación de bebida tipo atol. Se trataron las muestras de frijol, cebada, plátano y arroz como lo indica la sección de materiales y métodos para la preparación de harinas. Una vez las harinas estén listas, se mezclarán en distintas proporciones de peso, de acuerdo al cuadro 6.1.

Cuadro 6.1

Mezclas de harinas de frijol, cebada malteada, plátano y arroz  
para la realización de atoles en g por 100 g de mezcla

No. de mezcla	Frijol	Plátano	Arroz	Cebada
1	27	10	53	10
2	27	10	48	15
3	27	10	43	20
4	27	10	38	25

Se determinó la cantidad de mezcla por unidad de volumen más adecuada, según el cuadro 6.2, tomando como referencia el rango de viscosidades definido por la preparación de cuatro atoles comerciales similares, cuyo resultado se observa en la sección de resultados y discusión. Al hacer pruebas organolépticas durante el tiempo de cocimiento, se determinó el tiempo necesario de cocción para que la mezcla se cocine de forma adecuada según el cuadro 6.3.

Cuadro 6.2

Cantidad de mezclas usadas por cada 750 cc de agua

No. de prueba	Cantidad de mezcla (g)
1	25
2	50
3	75

Cuadro 6.3

Tiempo de cocción de mezclas a temperatura de ebullición

No. de prueba	Tiempo (minutos)
1	15
2	20
3	25
4	30
5	35

Se prepararon las cuatro mezclas distintas de harinas, con las cuales se elaborarían bebidas tipo atol, según la cantidad de mezcla por unidad de volumen y el tiempo de cocción que se determinó en la parte anterior, y se realizaron dos lecturas de viscosidad a cada atol para observar cómo cambia dicha característica de la mezcla con el aumento de la cantidad de amilasa proveniente de la cebada germinada.

Se realizaron pruebas de análisis proximal en las distintas mezclas para determinar si hay algún cambio en la cantidad de proteína cruda total, fibra cruda, grasa, humedad, cenizas y carbohidratos de las diferentes mezclas.

7. Análisis Sensorial. Se utilizó una prueba preliminar orientada al consumidor.

Se realizó una prueba de aceptación por ordenamiento, para elegir la mezcla de harinas que el consumidor prefirió de las cuatro distintas que se prepararon. La prueba de análisis sensorial se realizó con un panel no entrenado de treinta niños, con edades comprendidas entre 8 y 10 años.

8. Análisis de estabilidad del producto. Una vez obtenido el producto final, se

llevó a cabo una serie de pruebas, con el objeto de determinar la estabilidad del producto a través del tiempo y que comprende desde los factores microbiológicos hasta la conservación de las propiedades físicas del producto. Para este fin se preparó la mezcla seca de la bebida tipo atol y se empacó en bolsas de polietileno estériles selladas y almacenadas en un lugar fresco y seco por un período de cinco semanas, las pruebas de estabilidad se efectuaron en las semanas de la 1 a la 5 con las muestras almacenadas.

a. Análisis Microbiológico. Sirvió para determinar la estabilidad microbiológica de las mezclas ya preparadas a través del tiempo. Se realizó el método dilución en placa 1:10, 1:100, 1:1000 y 1:10000 para el recuento total aerobio, recuento de coliformes totales y mohos/levaduras.

b. Viscosidad. Se utilizó un viscosímetro Brookfield de Lab-Line Instruments, Inc. tipo aguja en la bebida tipo atol, preparada con la mezcla de harinas almacenada a diferentes tiempos.

c. Tiempo de sedimentación. Se utilizó en la bebida tipo atol preparada con la mezcla de harinas almacenada diferentes tiempos.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer paso crítico en el desarrollo de un producto para administrar oralmente durante un período de diarrea crónica, como complemento alimenticio en el tratamiento de rehidratación oral, es la elección de los ingredientes adecuados.

Con base en las recomendaciones de alimentos para administrar durante la diarrea crónica de la Organización Mundial de la Salud, presentadas en la sección de antecedentes, se eligieron como ingredientes para la preparación de una bebida tipo atol, frijol blanco, arroz, cebada y plátano.

El arroz se eligió, ya que sus carbohidratos son de fácil digestión, esto aumenta su eficiencia proteica, por lo que el valor de la utilización neta y la calidad nutritiva de su proteína es superior a la de otros cereales (Chandler, 1979; Matz, 1991).

El frijol es una buena fuente de proteína de alta calidad nutricional y minerales (Blanco et al, 1991). Además, la combinación arroz-frijol específicamente es una de las mejores del sistema alimenticio. Y aunque en general las leguminosas contienen factores antinutricionales o tóxicos como los inhibidores proteolíticos y hemaglutininas, éstos se pueden eliminar con un proceso térmico adecuado (Matheus, 1989; Bressani, 1991).

Entre las distintas clases de frijol (rojo, negro y blanco), se eligió el frijol blanco porque no contiene taninos, y para evitar la necesidad de descorticar los granos después de la germinación, lo cual se hacía necesario porque el color (negro o rojo) daba una apariencia desagradable al producto y además de ser un proceso difícil, con él se eliminan los nutrientes de la cáscara.

Por su parte, la cebada malteada se usó debido a su alto contenido de enzimas amilolíticas, estas enzimas responsables de la degradación del almidón en la

germinación, se utilizaron para degradar el almidón proveniente principalmente del arroz y con esto hacerlo más fácil de digerir.

Por último, el plátano se eligió debido a su contenido de sodio y potasio, además es un alimento muy energético con carbohidratos de fácil asimilación y es recomendado por médicos en caso de diarreas infantiles crónicas, ya que su pulpa es bien tolerada por el organismo y parece ejercer una acción favorable en la microbiota intestinal (Champion, 1978).

El frijol blanco fue germinado, ya que durante el proceso catabólico de la germinación se suministran nutrientes importantes a la nueva planta en crecimiento, ocurre una progresiva disminución en las mayores subunidades de almacenamiento de proteína y la completa degradación de otras subunidades más pequeñas, haciéndolas más digeribles. Hay un aumento en la biodisponibilidad de minerales, y un incremento en la calidad nutritiva del frijol respecto a la utilización de la proteína y los carbohidratos, debido a la reducción de los inhibidores de las enzimas hidrolíticas (Sathe, 1983).

Cuadro 7.1

Cantidad de sodio y potasio en harinas de frijol blanco germinado

Tiempo de germinación (horas)	Cantidad de sodio (mg/g de harina en base seca $X \pm SD$ )	Cantidad de potasio (mg/g de harina en base seca $X \pm SD$ )
0	$0.84 \pm 0.48$	$13.84 \pm 0.46$
24	$0.64 \pm 0.40$	$13.75 \pm 0.73$
48	$0.95 \pm 0.06$	$13.47 \pm 0.32$

72	0.96 ± 0.43	14.27 ± 0.60
96	1.05 ± 0.24	15.08 ± 0.07

$X \pm SD = \text{Media} \pm \text{desviación estándar}$

Cuadro 7.2

Determinación de sólidos solubles en harina de frijol blanco  
en sus diferentes tiempos de germinación

Tiempo de germinación (horas)	Sólidos solubles (mg/g de harina en base seca $X \pm SD$ )	
0	199.84 ± 9.05	a
24	231.88 ± 9.11	ab
48	256.96 ± 12.44	bc
72	265.32 ± 7.30	bc
96	307.8 ± 27.55	d

$X \pm SD = \text{Media} \pm \text{desviación estándar}$

Los resultados obtenidos en los cuadros 7.2 y 7.3 reflejan la actividad metabólica del grano. Como puede observarse, el contenido de sodio y potasio se incrementó hasta 1.25 y 1.09 veces respectivamente con relación al valor inicial. Los sólidos solubles se incrementaron gradualmente hasta 1.54 veces en un periodo de 96 horas debido al fraccionamiento del almidón total.

La germinación tiene una considerable influencia sobre la concentración y característica de los almidones. La reducción en el almidón durante la germinación

es atribuida a una degradación enzimática selectiva de amilopectina por amilasas y fosforilasas (Grupta, 1980).

Con los resultados descritos anteriormente se efectuó un tratamiento estadístico que incluye un análisis ANDEVA one way y un análisis de varianza por comparación múltiple. Con él se determinó que no había evidencia estadística para decir que existe diferencia significativa entre los resultados de los distintos tratamientos, a un nivel de significancia de 5%, respecto de la cantidad de sodio y potasio. Sin embargo, la germinación del grano de frijol tiene un efecto significativo en el aumento de la cantidad de sólidos solubles.

En general los cereales son una buena fuente de calorías y proteína. Sin embargo, no son capaces de suplir el requerimiento proteínico, en la concentración y composición de aminoácidos que se requiere, es por eso que se combina con alguna leguminosa cuya proteína es considerada el complemento natural de la proteína de los cereales (Bressani et al, 1973; Bressani, 1972).

Basados en los estudios de Bressani (1972), se prepararon cuatro bebidas tipo atol que contenían frijol blanco, cebada malteada, arroz y plátano en las proporciones que se muestran en el Cuadro 6.1 de la sección de materiales y métodos. En las cuatro muestras se varió la cantidad de cebada y arroz, guardando la relación 70:30 en peso entre cereales y frijol blanco (leguminosa) respectivamente, para mantener la relación proteica y el valor nutritivo de las bebidas.

Los resultados del análisis proximal de las cuatro bebidas tipo atol preparadas, se presenta en el Cuadro 7.3, y su análisis estadístico a un nivel de significancia de 5 %, demuestra que existe diferencia estadística significativa en la cantidad de proteína cruda total entre las mezclas 4 y 1 y entre las mezclas 4 y 2. En cuanto a la cantidad de fibra cruda, grasa, humedad y carbohidratos, todas las muestras son

estadísticamente iguales. Existe diferencia estadística significativa en la cantidad de cenizas entre las mezclas 4 y 1, 4 y 2, y 4 y 3, pudiendo considerar igual la cantidad de cenizas en las mezclas 1, 2 y 3.

Cuadro 7.3  
Resultados del análisis proximal de las mezclas 1, 2, 3 y 4

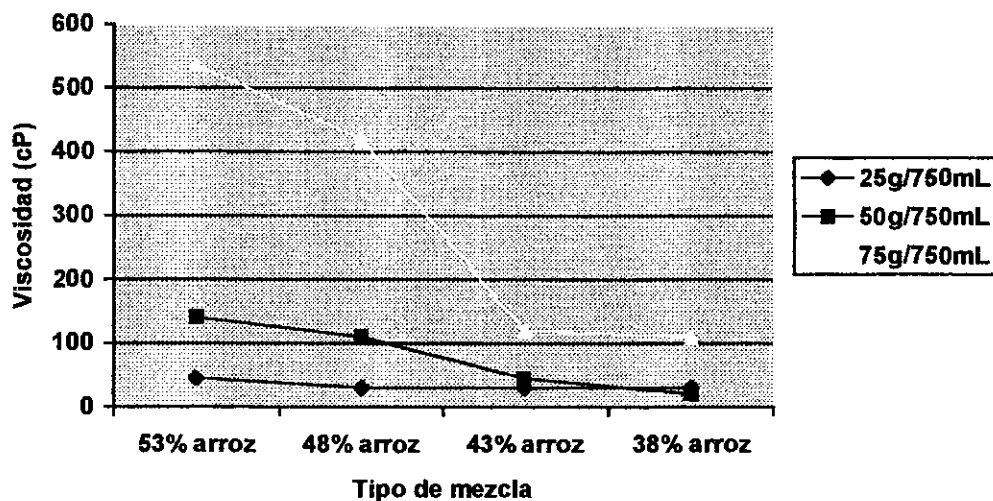
Parámetro	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4
Proteína Cruda Total (%)	12.8 ± 0.38	12.7 ± 1.10	13.4 ± 0.79	14.7 ± 0.58
Fibra Cruda (%)	0.5 ± 0.18	0.5 ± 0.08	0.4 ± 0.04	0.4 ± 0.1
Grasa (%)	1.3 ± 0.1	1.1 ± 0.21	1.0 ± 0.06	1.3 ± 0.08
Humedad (%)	11.0 ± 0.69	9.7 ± 0.25	8.9 ± 0.62	9.2 ± 0.38
Cenizas (%)	1.8 ± 0.06	1.9 ± 0.13	2.0 ± 0.08	2.3 ± 0.04
Carbohidratos (%)	72.6 ± 1.05	74.1 ± 0.59	74.3 ± 1.23	72.1 ± 0.25
Media ± desviación estándar				

Al comparar los resultados del análisis proximal del Cuadro 7.3 con los obtenidos por Echeverría (1997), donde compara la composición química proximal de ocho bebidas tradicionales de Guatemala hechas a base de cereales. Se puede observar que el contenido de proteína en esas bebidas varía de 1.08 a 12.42, en todos los casos es menor al obtenido en la preparación de la bebida tipo atol bajo estudio. En las bebidas estudiadas por Echeverría los carbohidratos varían de 57.65 a 97.16, que en la mayoría de los casos es mayor al contenido de carbohidratos de la bebida tipo atol preparada en este estudio. Tanto la cantidad de proteína, como de

carbohidratos probablemente esté más disponible en el atol de harinas compuestas, debido al proceso de germinación.

Gráfica 7.1

**Viscosidad a 70°C de las mezclas de harinas a distintas concentraciones**



En la gráfica 7.1, se puede notar el comportamiento de la viscosidad de las bebidas tipo atol a cierta temperatura, preparadas con cada una de las mezclas en diferentes concentraciones. A medida que aumenta la concentración de la mezcla, incrementa la viscosidad. Además si observamos las curvas de concentración constante, se puede notar que a medida que aumenta la cantidad de cebada en la mezcla, disminuye la viscosidad del producto. Dicha característica física del atol, se debe principalmente a la dispersión acuosa de los gránulos de almidón provenientes en su mayoría de los cereales. Mientras aumenta la cantidad de cebada en la mezcla, disminuye la cantidad de arroz, y con ello también la cantidad de almidón.

En la teoría se sabe que el arroz tiene mayor cantidad de almidón que la cebada malteada. Esto sumado al aumento en la cantidad de enzimas amilolíticas provenientes de la cebada malteada que degradan el almidón en unidades de carbohidratos más simples, se ve reflejado en la disminución de la viscosidad del producto.

El Cuadro 7.4 muestra las características de sedimentación de las mezclas en diferentes concentraciones, se puede notar que mientras menor es la cantidad de arroz en la mezcla, mayor es la cantidad de sedimento del atol, pues existe menos almidón y el producto presenta sedimentación durante más tiempo. Las dos concentraciones más altas no presentan tiempos de sedimentación debido a que la gelatinización de su alto contenido de almidón, mantiene las partículas en suspensión, y éstas no presentan sedimentación.

Un factor que influye incuestionablemente en la sedimentación de los atoles es el tamaño de partícula. Un análisis de granulometría indica que 44.47% de las partículas de las muestras quedaba en un tamiz 50, si el tamaño de las partículas es más reducido, se reduce también la sedimentación de la bebida preparada.

Cuadro 7.4  
Tiempo de sedimentación a 70°C  
de las mezclas de harina a distintas concentraciones

No. de prueba	Cantidad en g/750 ml de atol	53% arroz	48% arroz	43% arroz	38 % arroz
	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
1	25	16	18	28	31

2	50	ns	ns	ns	ns
3	75	ns	ns	ns	ns

ns = no sedimentó

De las tres concentraciones presentadas en el análisis de viscosidad y el de tiempo de sedimentación, se eligió una como la más adecuada para el producto final. Para este fin se realizó un análisis de viscosidad a cuatro atoles comerciales de características similares a 70°C, que es aproximadamente la temperatura de consumo del atol, y preparadas según las instrucciones del fabricante. Los resultados definieron un rango aceptable de viscosidad entre 70 y 300 cP, por lo tanto, se eligió la concentración de 50g de mezcla por 750mL de atol para realizar las pruebas de aceptación del análisis sensorial.

El producto final se eligió por medio de análisis sensorial. Se prepararon las bebidas tipo atol de las cuatro distintas mezclas (ver Cuadro 6.1 de materiales y métodos) con la concentración aceptable. Luego se sometieron a una prueba preliminar de aceptación por ordenamiento, con un grupo de jueces no entrenados, niños comprendidos en las edades de 8 a 10 años. El cuadro 1 del apéndice A muestra los resultados de la prueba de análisis sensorial. Luego de hacer el análisis estadístico de los resultados, se concluyó que el grupo prefirió la mezcla # 1 con un grado de significancia de 5%. De aquí que se eligió la mezcla # 1 en una concentración de 50 g por 750 mL como producto final.

Para fines prácticos y debido a la naturaleza de la enfermedad diarreica es más conveniente usar la mezcla que presenta la menor viscosidad con una mayor concentración, pues así se suministra mayor cantidad de nutrientes por volumen de

bebida a los niños con el padecimiento, además para infantes que se alimentan por medio de pacha, es más fácil que puedan consumir un producto menos viscoso.

A la bebida tipo atol elegida como la preferida en la prueba de análisis sensorial se le realizaron los análisis químicos descritos en la sección de materiales y métodos. En el Cuadro 7.5 se puede ver la cantidad de Sodio y Potasio en mg/g de harina en peso seco que tiene dicho producto.

Como puede apreciarse en el Cuadro 7.5, el atol desarrollado, cubre 1.93 % de Sodio, y 44.41 % del Potasio de las cantidades de dichos electrolitos que la OMS propone son requeridas para una fórmula de rehidratación oral (OMS, 1994), lo cual indica que además de su calidad como complemento nutricional, también es útil para apoyar la rehidratación de los pacientes.

Cuadro 7.5

Determinación de las cantidades de sodio y potasio en el producto final

	Cantidad de Sodio (mg/g de harina peso seco)	Cantidad de Potasio (mg/g de harina peso seco)
Producto Final	0.63 ± 0.37	5.97 ± 0.29

El Cuadro 7.6 muestra la cantidad de azúcares totales, azúcares reductores y almidón total del producto final en mg/g de harina. Es importante hacer notar que el contenido de almidón total de 662 mg/g de atol, se espera que disminuya debido a la acción de las enzimas amilolíticas de la cebada, con el correspondiente aumento en la cantidad de azúcares más simples.

Cuadro 7.6

Cantidad de azúcares totales, reductores y almidón total en el producto final

	Cantidad (mg/g de harina)
Azúcares totales	62.98 ± 0.26
Azúcares reductores	33.29 ± 1.87
Almidón total	662 ± 7.07

El contenido calórico de la mezcla de harinas es de 3671.5 cal/g, que indica de acuerdo a INCAP/OPS, que una porción de un vaso (250 mL) de atol preparado suple 3.05% del requerimiento diario de energía alimentaria de niños y 3.60% del de niñas de 7-9.39 años. Esto es de gran importancia para evitar la malnutrición calórica del paciente durante el padecimiento de diarrea y luego en el período de recuperación.

La mezcla seca del atol fue sometida también a un análisis de estabilidad microbiológica y conservación de las propiedades físicas de viscosidad y tiempo de sedimentación de la bebida tipo atol.

Los resultados de las gráficas 1 y 2 en el apéndice B, muestran el recuento total y recuento de mohos y levaduras por gramo del producto almacenado a temperatura ambiente. Se observa que la mezcla seca de atol tiene una duración de tres meses, tiempo en el cual, el producto alcanza el límite microbiológico máximo permitido para alimentos de este tipo, de la norma COGUANOR NGO 34 214.

El Cuadro 7.7, muestra los resultados del control de viscosidad y tiempo de sedimentación del atol preparado a partir de la mezcla de harinas, almacenada a temperatura ambiente. Se puede observar que ambas características permanecen relativamente constantes con el tiempo. Por lo que se concluyó que la vida media real del producto está condicionada por el desarrollo de microorganismos, específicamente del conteo de mohos y levaduras, siendo éstos, el punto crítico a través del tiempo y de las condiciones mencionadas con anterioridad.

Cuadro 7.7

Análisis de viscosidad y tiempo de sedimentación, a 70°C del producto final

Semana	Viscosidad (cP)	Tiempo de sedimentación (min)
1	140 ± 5	8.5 ± 0.5
2	140 ± 5	9.5 ± 0.5
3	145 ± 5	9 ± 0.5
4	140 ± 5	8.5 ± 0.5
5	145 ± 5	9 ± 0.5
6	135 ± 5	8 ± 0.5

## VII. CONCLUSIONES

- A. Es posible preparar un atol, utilizando harinas de frijol blanco germinado, arroz, cebada malteada y plátano en proporciones adecuadas, que podría ser utilizado como complemento alimenticio en el tratamiento de rehidratación oral.
- B. Durante la germinación del frijol blanco hay un aumento significativo en los sólidos solubles, no así en el contenido total de sodio y potasio.
- C. El atol preparado con la mezcla de harinas que contenía mayor cantidad de arroz, fue preferido significativamente sobre los demás.
- D. El atol desarrollado cubre el 1.93% del Sodio y el 44.41% del Potasio de las cantidades propuestas por la OMS para una fórmula de rehidratación oral.
- E. El contenido calórico de una porción de un vaso (250 mL) de atol preparado suple el 3.05% del requerimiento diario de energía alimentaria de niños y el 3.60% del de niñas de 7-9.9 años.
- F. La mezcla seca del atol desarrollado, tiene una vida de anaquel de tres meses, almacenado a temperatura ambiente ( $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).

## IX. RECOMENDACIONES

- A. Realizar un estudio del efecto nutricional real del producto, al ser administrado a infantes y niños menores de 10 años durante los períodos de diarrea crónica y etapas de recuperación, junto con los sueros de rehidratación oral.
- B. Evaluar el efecto de la adición de ingredientes saborizantes, sobre la aceptabilidad sensorial del atol, y qué consecuencia tiene en la administración de ese producto durante los períodos de diarrea crónica y etapas de recuperación.
- C. Dar un tratamiento de precocido a la mezcla seca del atol para disminuir el tiempo de cocción durante la preparación, y aumentar su tiempo de vida media real, ya que con este tratamiento muy probablemente disminuya la carga microbiológica inicial.
- D. Evaluar la posibilidad de cocer el frijol previo a la molienda
- E. Analizar tecnologías para evitar el empardeamiento no enzimático del frijol.
- F. Evaluar el procedimiento de secado de los granos.
- G. Analizar lisina disponible del producto.
- H. Poner en práctica la elaboración del atol formulado y evaluar la factibilidad de la implementación de esta tecnología a nivel industrial.

- I. Evaluar la calidad de la proteína por medio de ensayos biológicos.
  
- J. Evaluar la biodisponibilidad de los nutrientes, tanto de aminoácidos como de minerales.

## X. BIBLIOGRAFIA

- Angelis, R.C., Elías, L.G. y Bressani, R. "Mezclas de arroz y frijol (55:45 y 77:23) I.  
1982 Valor nutricional de las proteínas de las mezclas". Archivos latinoamericanos de nutrición; XXXII (1): 47-63
- Angelis, R.C., Elías, L.G. y Bressani, R. Mezclas de arroz y frijol (55:45 y 77:23) II.  
1982 Limitación de vitaminas liposolubles y minerales. Archivos latinoamericanos de nutrición. XXXII (1): 64-78
- Bressani, R., de Mora, D., Flores, R y Gonzales-Brenes, R. Evaluación de dos  
1991 métodos para establecer el contenido de polifenoles en frijol crudo y cocido, y efecto que estos provocan en la digestibilidad de la proteína. Archivos latinoamericanos de nutrición. XLI (4): 569-583.
- Bressani, R, Elías, L. y Braham, E. Reduction of digestibility of legume proteins by  
1982 tannins. Journal of plant foods. (4): 43-55
- Bressani, et al. "Aceptabilidad y valor nutricional de las plantas leguminosas de  
1973 grano en la dieta humana. En: El potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestibles en América Latina". Seminario sobre el potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestibles en América Latina. Cali, Colombia. CIAT. 270pp.
- Champion, J. El plátano. Blume. Barcelona. 247pp.  
1978
- Chaudler, R. Rice in the tropics: a guide to the development of national  
1979 programs. Westview Pres. Colorado. 256pp.
- Chen, L.H, et al. "Germinated seeds for human consumption". Journal of food science;  
1975 40 (6): 1290-1294.
- Colmenares de Ruíz y Bressani. "Effect of germination on the chemical composition  
1990 and nutritive values of amaranth grain". Cereal chemistry. 56 (6): 519-522.
- Condiciones de la Salud en Guatemala 1994. Organización Panamericana de la  
1996 Salud, Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). Guatemala. 44pp.
- Delgado, Urrutia y Vargas. Proyecto regional de terapia de rehidratación oral,  
1985 monitoreo de crecimiento y desarrollo y educación alimentario-nutricional en atención primaria de salud producidos en 1985. Control de las enfermedades diarreicas. Documentos Técnicos I-IV: 1-16. INCAP. Guatemala.

- Grupta, K. y D.S. Wagle. "Changes in antinutritional factors during germination in 1980 *Phaseolus mungoreus*, a cross between *Phaseolus mungo* (MI-I) and *Phaseolus aureus* (TI)". Journal of food science. 45 (2): 394-397.
- Icaza, S.J. Nuestros alimentos: 2. ARROZ. INCAP No. 3. 4 pp  
1969
- Jaffé, W. Nutritional Aspects of Common Beans and Other Legume seeds as  
1973 Animal and Human Foods. Ribeirao Preto, S.P. Brazil. 325pp
- Jelliffe, D.B y Patrice Jelliffe, E.F. 1991. Dietary managment of young children with  
1991 acute diarrhoea. A manual for managers of health programmes. Second  
edition. World Health Organization. England. 29pp.
- Kirk, Sawyer y Egan. Composición Y Análisis De Alimentos De Pearson.  
1996 Segunda Edición. Compañía Editorial Continental. México. 777 pp.
- La Mortalidad de la Niñez en Centro América, Panamá y Belice. Centro  
1988 Latinoamericano de Demografía (CELADE). San José, Costa Rica. 41pp.
- Lapedes, Daniel. Encyclopedia of Food, Agriculture & Nutrition. McGraw-Hill,  
1977 USA. 732 pp.
- Lorenz, K. y K. Kulp. 1991. Handbook of cereal science and technology. Dekker.  
1991 New York. 882pp.
- Manejo y prevención de la diarrea. Pautas prácticas. Organización Mundial de la  
1994 Salud. Tercera Edición. España. 50pp.
- Manual de tratamiento de la diarrea. Organización Panamericana de la Salud.  
1987 Serie PALTEX para ejecutores de programas de salud No. 13. Organización  
Panamericana de la Salud Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional  
de la Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 177pp.
- Mattheus, R. Legumes, Chernistry, Technology, and Human Nutrition. Marcel  
1989 Dekker, Inc. New York. 389pp.
- Matz, S. The chemistry and technology of cereals as food and feed. Second  
1991 Edition. Van Nostrand Reinhold. New York. 751pp.
- Memil and Watt. Handbook of the nutritional contents of foods. Dover  
1975 Publications, Inc. New York. 190pp.
- Mendenhall, William. Introducción a la probabilidad y la estadística. Grupo  
1987 Editorial Iberoamérica. México. 626pp.

- Mohd, Bressani y Elias. Changes in chemical and selected biochemical components, protein quality, and digestibility of mung bean (*Vigna radiata*) during germination and cooking. Qual Plant Foods Hum Nurt 30: 135-144.
- Nagy, S y Shaw, P. Tropical and subtropical fruits. Composition, properties and uses. Avi Publishing, Inc. Westport, Connecticut. 570 pp.
- Nnanna y Phillips. "Protein and starch digestibility and flatulence potential of germinated cowpeas (*Vigna unguiculata*)". Journal of food science. (55): 151-153.
- Nutrient Database for Standard Reference. USDA. Release 12.  
1998 <http://www.nal.usda.gov/fnic>.
- Raíces, Tubérculos, Plátanos y Bananas en la Nutrición Humana. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la alimentación (FAO). Roma. 1991 196pp
- Sathe, S.K. et al. "Effects of germination on proteins, raffinose oligosaccharides, and antinutritional factors in Geat Northern Beans (*Phaseolus vulgaris*)". Journal of food science. 48 (6): 1796-1800.
- Sprague, H. "Characteristics of Economically Important Food and Forage Legumes and Forage Grasses for the Tropics and Subtropics". 1975
- Steel and Tomie. 1960. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc. USA. 481pp.

## APÉNDICE A

### Cuadro de resultados del análisis sensorial

Cuadro A 7.1

Selección de la formulación tipo  
Prueba de aceptación por ordenamiento

Panelista	M1	M2	M3	M4
1	1	2	3	4
2	2	3	1	4
3	1	3	4	2
4	4	3	1	2
5	1	2	4	3
6	2	1	4	3
7	3	4	2	1
8	1	2	3	4
9	1	3	2	4
10	1	4	2	3
11	1	3	4	2
12	1	2	3	4
13	4	3	2	1
14	1	3	4	2
15	1	2	4	3
16	3	2	1	4
17	3	4	1	2
18	2	3	4	1

19	1	2	4	3
20	1	3	2	4
21	1	4	2	3
22	1	2	4	3
23	1	4	3	2
24	1	4	2	3
25	1	3	4	2
26	2	4	1	3
27	1	2	3	4
28	4	2	1	3
29	2	4	3	1
30	4	3	2	1
Total	53	86	80	81

Puntaje: 1- más preferida; 2- segunda preferida; 3- tercera preferida; 4- menos preferida

M1: muestra 1; M2: muestra 2; M3: muestra 3; M4: muestra 4

## APÉNDICE B

### Cuadros y gráficas de la vida de anaquel

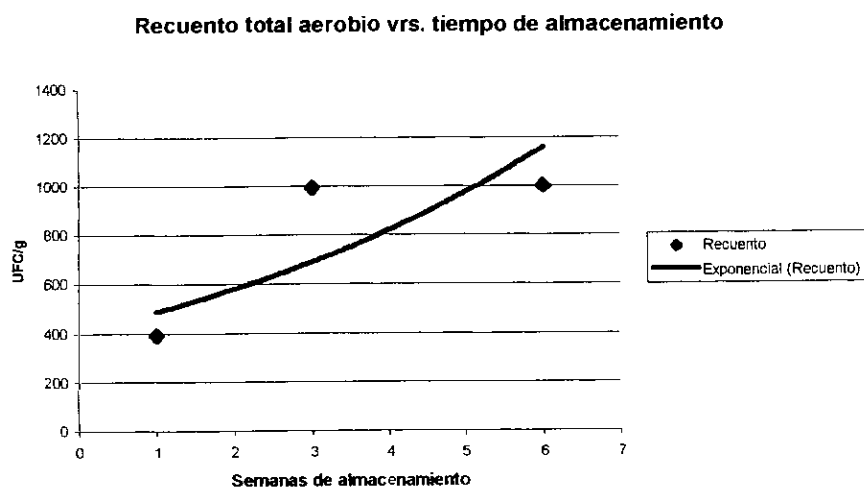
Cuadro B 7.1

Análisis de estabilidad microbiológica de la mezcla de harinas

Temperatura ambiente ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ )

Semana	Recuento total aerobio (UFC/ml)	Mohos y Levaduras (UFC/ml)	Recuento total de coliformes (UFC/ml)
1	390	140	< 10
2	995	550	< 10
3	1000	800	< 10

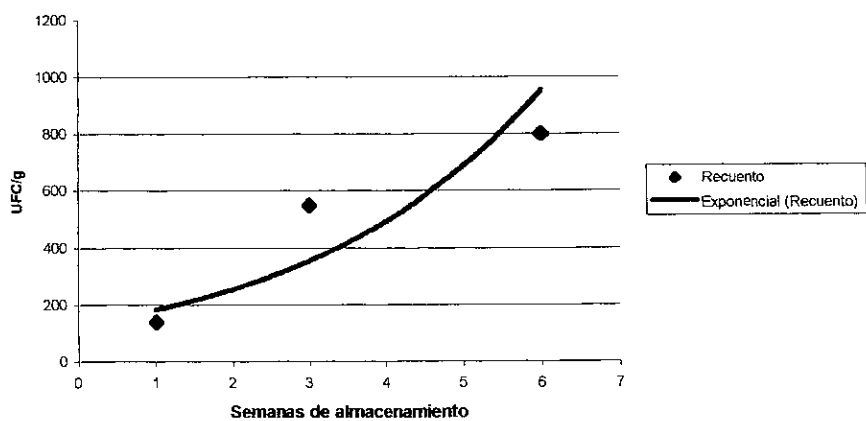
Gráfica B 7.1



Correlación	Ecuación	R
Regresión exponencial	$Y = 409e^{0.17x}$	0.8057

Gráfica B 7.2

Recuento de mohos y levaduras vrs. tiempo de almacenamiento



---

Correlación	Ecuación	R
Regresión exponencial	$Y = 131.054e^{0.333x}$	0.8057

---

## APÉNDICE C:

### Resultados estadísticos

Para el análisis estadístico se usó el análisis de varianza por comparación de medias de Duncan, los resultados se analizaron de la forma siguiente.

CM (Cuadrados Medios) = suma de todas las observaciones al cuadrado / número total de observaciones

SCTotal (Suma de cuadrados total) = suma de cuadrados de todos los valores – CM  
 SCT = suma de los cuadrados de los totales de los tratamientos, con cada cuadrado, dividido entre

el número de observaciones en dicho total – CM

SCE (Suma de cuadrados de error) = SCTotal – SCT

SME (Cuadrado medio de error) = SCE/t(r-1)

t = número de grupos

r = número de repeticiones

CMT (Cuadrado medio de los tratamientos) = SCT/(t-1)

F (Estadístico de prueba) = CMT/CME

Cuadro C.1

#### Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	SC	MC	F
Tratamientos	T – 1	SCT	CMT	CMT/CME
Error	t(r – 1) rt - 1	SCE	CME	
Total		SCTotal		

Para determinar si la diferencia entre las muestras es significativa, el valor calculado F se evalúa en el cuadro # 17, con (t-1) grados de libertad en el numerador y t(r-1) grados de libertad en el denominador. El radio de varianza (valor F) debe ser mayor a  $F_{0.05}$  para ser significativamente diferente al 5% y debe exceder a  $F_{0.01}$  para ser significativamente diferente al 1%. Si el valor de F es menor, se acepta la hipótesis nula, por lo tanto los tratamientos no tienen diferencia estadística entre sí.

En el caso de que exista diferencia significativa entre las muestras, como el caso de los sólidos solubles donde  $F = 14.26$  y  $F_{0.05} = 5.19$  ( $F > F_{0.05}$ ), se puede determinar qué muestras son diferentes del resto utilizando la Prueba de Rango Múltiple de Duncan.

En el test de Duncan se determina  $S_x$  como:

$$S_x = \sqrt{(CME/r)} \quad \text{con } n_2 = t(r-1) \text{ grados de libertad}$$

Se buscan los rangos estandarizados de significancia para 1 o 5% de niveles en el cuadro # 18. Se extrae el rango estandarizado de significancia de  $p = 2$  a  $p = t$  y multiplique esos valores por  $S_x$  para obtener los  $S$  reales:

P	2	3	4	5
SSR	3.64	3.74	3.79	3.83
$R_v =$ LSR	0.046745	0.048259	0.048671	0.049185

Se colocan las medias de forma ascendente:

0h	24h	48h	72h	96h
0.2498	0.2898	0.3179	0.3318	0.3848

La diferencia entre las muestras se compara con el rango significativo más corto, apropiado al rango bajo consideración, en el orden siguiente:

- a. El mayor menos el menor, el mayor menos el segundo menor, y sucesivamente hasta el mayor menos el segundo mayor.
- b. El segundo mayor menos el menor y así sucesivamente hasta el segundo mayor menos el tercero mayor
- c. Así con todos los valores hasta llegar al segundo menor menos el menor.

Si en cualquier caso, una diferencia no excede el rango de significancia que le corresponde, el procedimiento indica que las muestras no exhiben diferencia significativa entre ellas.

$$96 - 0 = 0.13495 > 0.049185 (R5)$$

$$96 - 24 = 0.0949 > 0.048671 (R4) \text{ y sucesivamente.}$$

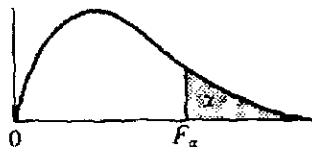
Se puede ver que 96 es significativamente diferente a 0 y 24, esta comparación se hace con todas las medias y se establece que muestras son diferentes a las demás.

APÉNDICE D

Puntos porcentuales de la distribución f

Cuadro D.1

Puntos porcentuales de la distribución F  
( $\alpha = 0.05$ )



( $\alpha = .05$ )

Grados de libertad del numerador

$\nu_2 \backslash \nu_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

**Tabla 5**  
**Puntos porcentuales de la distribución F**

10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$	$\frac{v_1}{v_2}$
241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3	1
19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	2
8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	3
5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	4
4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	5
4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	6
3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	7
3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	8
3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	9
2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	10
2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	11
2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	12
2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	13
2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	14
2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	15
2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	16
2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	17
2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	18
2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	19
2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	20
2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	21
2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	22
2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	23
2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	24
2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	25
2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	26
2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	27
2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	28
2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	29
2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	30
2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	40
1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	60
1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	120
1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	$\infty$

Fuente: Mendenall, 1982.

## APÉNDICE E

### Puntos porcentuales de la prueba de rangos múltiples

Cuadro E.1

Rangos estandarizados para niveles de significancia de 5% y 1%  
para la prueba de rangos múltiples

Error df	Protection level	$p =$ number of means far range being tested													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
1	.05	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	.01	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2	.05	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
	.01	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
3	.05	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	.01	8.26	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0	9.0	9.1	9.2	9.3	9.3
4	.05	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
	.01	6.51	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.5
5	.05	3.64	3.74	3.79	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83	3.83
	.01	5.70	5.96	6.11	6.18	6.26	6.33	6.40	6.44	6.5	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8
6	.05	3.46	3.58	3.64	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68
	.01	5.24	5.51	5.65	5.73	5.81	5.88	5.95	6.00	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3
7	.05	3.35	3.47	3.54	3.58	3.60	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
	.01	4.95	5.22	5.37	5.45	5.53	5.61	5.69	5.73	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0
8	.05	3.26	3.39	3.47	3.52	3.53	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
	.01	4.74	5.00	5.14	5.23	5.32	5.40	5.47	5.51	5.5	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8
9	.05	3.20	3.34	3.41	3.47	3.50	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
	.01	4.60	4.86	4.99	5.08	5.17	5.25	5.32	5.36	5.4	5.5	5.5	5.6	5.7	5.7
10	.05	3.15	3.30	3.37	3.43	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.47	3.48
	.01	4.48	4.73	4.88	4.96	5.06	5.13	5.20	5.24	5.28	5.36	5.42	5.48	5.54	5.55
11	.05	3.11	3.27	3.35	3.39	3.43	3.44	3.45	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48
	.01	4.39	4.63	4.77	4.86	4.94	5.01	5.06	5.12	5.15	5.24	5.28	5.34	5.38	5.39
12	.05	3.08	3.23	3.33	3.36	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46	3.46	3.46	3.46	3.47	3.48
	.01	4.32	4.55	4.68	4.76	4.84	4.92	4.96	5.02	5.07	5.13	5.17	5.22	5.24	5.26
13	.05	3.06	3.21	3.30	3.35	3.38	3.41	3.42	3.44	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47
	.01	4.26	4.48	4.62	4.69	4.74	4.84	4.88	4.94	4.98	5.04	5.08	5.13	5.14	5.15
14	.05	3.03	3.18	3.27	3.33	3.37	3.39	3.41	3.42	3.44	3.45	3.46	3.46	3.47	3.47
	.01	4.21	4.42	4.55	4.63	4.70	4.78	4.83	4.87	4.91	4.96	5.00	5.04	5.06	5.07
15	.05	3.01	3.16	3.25	3.31	3.36	3.38	3.40	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47
	.01	4.17	4.37	4.50	4.58	4.64	4.72	4.77	4.81	4.84	4.90	4.94	4.97	4.99	5.00

Rangos estandarizados para niveles de significancia de 5% y 1%  
para la prueba de rangos múltiples

Error <i>df</i>	Protection level	<i>p</i> = number of means for range being tested														
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	
16	.05	3.00	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	
	.01	4.13	4.34	4.45	4.54	4.60	4.67	4.72	4.76	4.79	4.84	4.88	4.91	4.93	4.94	
17	.05	2.98	3.13	3.22	3.28	3.33	3.36	3.38	3.40	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	3.47	
	.01	4.10	4.30	4.41	4.50	4.56	4.63	4.68	4.72	4.75	4.80	4.83	4.86	4.88	4.89	
18	.05	2.97	3.12	3.21	3.27	3.32	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	3.47	
	.01	4.07	4.27	4.38	4.46	4.53	4.59	4.64	4.68	4.71	4.76	4.79	4.82	4.84	4.85	
19	.05	2.96	3.11	3.19	3.26	3.31	3.35	3.37	3.39	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47	3.47	
	.01	4.05	4.24	4.35	4.43	4.50	4.56	4.61	4.64	4.67	4.72	4.76	4.79	4.81	4.82	
20	.05	2.95	3.10	3.18	3.25	3.30	3.34	3.36	3.38	3.40	3.43	3.44	3.46	3.46	3.47	
	.01	4.02	4.22	4.33	4.40	4.47	4.53	4.58	4.61	4.65	4.69	4.73	4.76	4.78	4.79	
22	.05	2.93	3.08	3.17	3.24	3.29	3.32	3.35	3.37	3.39	3.42	3.44	3.45	3.46	3.47	
	.01	3.99	4.17	4.28	4.36	4.42	4.48	4.53	4.57	4.60	4.65	4.68	4.71	4.74	4.75	
24	.05	2.92	3.07	3.15	3.22	3.28	3.31	3.34	3.37	3.38	3.41	3.44	3.45	3.46	3.47	
	.01	3.96	4.14	4.24	4.33	4.39	4.44	4.49	4.53	4.57	4.62	4.64	4.67	4.70	4.72	
26	.05	2.91	3.06	3.14	3.21	3.27	3.30	3.34	3.36	3.38	3.41	3.43	3.45	3.46	3.47	
	.01	3.93	4.11	4.21	4.29	4.35	4.41	4.46	4.50	4.53	4.58	4.62	4.65	4.67	4.69	
28	.05	2.90	3.04	3.13	3.20	3.26	3.30	3.33	3.35	3.37	3.40	3.43	3.45	3.46	3.47	
	.01	3.91	4.08	4.18	4.28	4.34	4.39	4.43	4.47	4.51	4.56	4.60	4.62	4.65	4.67	
30	.05	2.89	3.04	3.12	3.20	3.25	3.29	3.32	3.35	3.37	3.40	3.43	3.44	3.46	3.47	
	.01	3.89	4.06	4.16	4.22	4.32	4.36	4.41	4.45	4.48	4.54	4.58	4.61	4.63	4.65	
40	.05	2.86	3.01	3.10	3.17	3.22	3.27	3.30	3.33	3.35	3.39	3.42	3.44	3.46	3.47	
	.01	3.82	3.99	4.10	4.17	4.24	4.30	4.34	4.37	4.41	4.46	4.51	4.54	4.57	4.59	
60	.05	2.83	2.98	3.06	3.14	3.20	3.24	3.28	3.31	3.33	3.37	3.40	3.43	3.45	3.47	
	.01	3.76	3.92	4.03	4.12	4.17	4.23	4.27	4.31	4.34	4.39	4.44	4.47	4.50	4.53	
100	.05	2.80	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.36	3.40	3.42	3.45	3.47	
	.01	3.71	3.86	3.98	4.06	4.11	4.17	4.21	4.25	4.29	4.35	4.38	4.42	4.45	4.48	
∞	.05	2.77	2.92	3.02	3.09	3.15	3.19	3.23	3.26	3.29	3.34	3.38	3.41	3.44	3.47	
	.01	3.64	3.80	3.90	3.98	4.04	4.09	4.14	4.17	4.20	4.26	4.31	4.34	4.38	4.41	

## APÉNDICE F

Boleta utilizada en la prueba de análisis sensorial

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**INSTRUCCIONES:** Por favor pruebe cada una de las muestras de atol en el orden que se indica abajo. Asigne a la muestra que más le guste el valor de 1. A la siguiente que más le guste, el número 2. A la siguiente el número 3. Y a la que menos le guste de todas el número 4. No califique dos muestras con el mismo número.

Color

Número asignado



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_