

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

**ELABORACIÓN DE UN ATOL NUTRITIVO A BASE DE MAÍZ QPM
INMADURO**

Astrid Paola Samayo Méndez

Guatemala

2007

**ELABORACIÓN DE UN ATOL NUTRITIVO A BASE DE MAÍZ QPM
INMADURO**


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

ELABORACIÓN DE UN ATOL NUTRITIVO A BASE DE MAÍZ QPM INMADURO


Trabajo de investigación presentado por
Astrid Samayoa para optar el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias
de los Alimentos

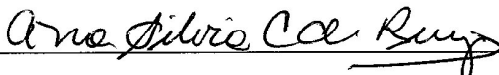
Guatemala
2007

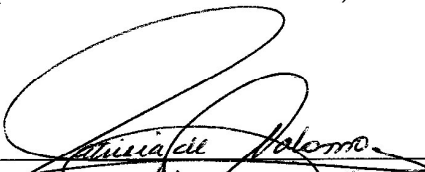
Vo.Bo.:

(f) 
(Dr. Ricardo Bressani)

Tribunal:

(f) 
(Dr. Ricardo Bressani)

(f) 
(Lic. Ana Silvia Colmenares)

(f) 
(Lic. Patricia de Palomo)

Fecha de aprobación: 04/12/2008

PREFACIO

La motivación de esta investigación fue la de incentivar el uso del maíz QPM en las dietas de las personas. Esta investigación debe verse como un inicio de un tema que debe ser investigado a profundidad.

Agradezco sinceramente al Dr. Ricardo Bressani ya que sin su apoyo y conocimiento esta investigación no hubiera sido posible.

Agradezco a la Lda. Ana Silvia Colmenares y Lda. Patricia de Palomo por el apoyo brindado no sólo en esta investigación sino a la largo de la carrera.

Agradezco a mis padres, Ileana de Samayoa y Juan Mario Samayoa ya que sin ellos todo este esfuerzo no tendría sentido.

Agradezco a mi familia y amigos que estuvieron siempre para apoyarme.

ÍNDICE

PREFACIO.....	iv
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
1. Consumo de maíz.....	2
2. Maíz con el gen opaco-2.....	3
3. Comparación del valor nutritivo del maíz común y del maíz con proteínas de calidad.....	4
3.1 Maíz común.....	4
3.2 Suplementación con aminoácidos.....	5
3.3 Maíz con proteínas de alta calidad QPM.....	6
3.3.1 Niños.....	6
3.3.2 Importancia práctica de la evaluación de las proteínas del maíz opaco2.....	8
4. Necesidades nutricionales en las personas.....	8
4.1 Proteínas.....	8
4.2 Hidratos de Carbono.....	10
4.3 Lípidos.....	11
4.4 Vitaminas.....	11
5. Composición química del maíz.....	12
5.1 Almidón.....	12
5.2 Proteínas.....	12
5.3 Distribución de las fracciones de proteína en las variedades Blanco Dentado-1 MPC y Tuxpeño-1 (grano entero).....	13
5.4 Aceites y ácidos grasos.....	14
5.5 Fibra dietética.....	14
5.7 Minerales.....	15
5.8 Vitaminas liposolubles e hidrosolubles.....	15
5.9 El maíz en sus diferentes etapas de maduración.....	15
6. Modalidades de consumo del maíz populares en México y Centro América.....	17
6.1 Método casero para la preparación de atole de maíz tierno.....	18
III. JUSTIFICACIÓN.....	19
IV. OBJETIVOS.....	21
1. General.....	21
2. Específicos.....	21
V. HIPÓTESIS.....	22
VI. METODOLOGÍA.....	23
VII. RESULTADOS.....	25
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
IX. CONCLUSIONES.....	25
X. RECOMENDACIONES.....	25
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	25
XII. ANEXOS.....	25

LISTA DE TABLAS

Tabla

ANTECEDENTES

1. Requerimiento de aminoácidos.....9
2. Requerimiento de vitaminas.....11
3. Proteínas netas del grano entero, el germen y el endospermo de variedades de maíz guatemalteco.....12
4. Composición química general de distintos tipos de maíz.....12
5. Distribución de las fracciones de proteína en las variedades blanco dentado-1 MPC y Tuxpeño-1 (grano entero).....13
6. Características del maíz después de florear.....16

METODOLOGÍA

1. Dietas para análisis biológico.....23
2. Identificación de las muestras25

RESULTADOS

1. Resumen de resultados.....28
2. PER.....30
3. Digestibilidad.....32
4. Comparación de atole de maíz preparado con HSQ-1 y atole preparado con HS-19 (maíz común).....34
5. Comparación de atole de maíz preparado con HSQ-3 y atole preparado con HS-19 (maíz común).....34

ANEXOS

1. Humedades de las harinas de maíz de la semilla.....43
2. Humedades de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la primera etapa de la cosecha.....43
3. Humedades de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la segunda etapa de la cosecha.....43
4. Humedades de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la tercera etapa de la cosecha.....44
5. Humedades de las harinas de maíz con proceso de cocimiento en la tercera etapa de la cosecha.....44
6. Humedades de las harinas de maíz en la última etapa de la cosecha.....44
7. Proteínas de las harinas de maíz de la semilla.....45
8. Proteínas de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la primera etapa de la cosecha.....45
9. Proteínas de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la segunda etapa de la cosecha.....45

10. Proteínas de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la tercera etapa de la cosecha.....	46
11. Proteínas de las harinas de maíz con proceso de cocimiento en la tercera etapa de la cosecha.....	46
12. Proteínas de las harinas de maíz en la última etapa de la cosecha.....	46
13. Proteína y nitrógeno en las dietas.....	47
14. Humedad en las heces.....	48
15. PER.....	49
16. Digestibilidad.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

1. Porcentaje de proteínas en las diferentes etapas de la cosecha.....	29
2. PER.....	31
3. Digestibilidad.....	33

RESUMEN

En este estudio ELABORACIÓN DE UN ATOLE NUTRITIVO A BASE DE MAÍZ QPM INMADURO, se realizó una investigación de las características químicas, biológicas y sensoriales de una harina de maíz QPM inmaduro para hacer atole.

La motivación para llevar a cabo este estudio surgió de la necesidad de introducir el maíz QPM en la dieta de las personas, sobre todo de aquellas que dependen principalmente del maíz como alimento principal.

Las ventajas de la calidad de proteínas en el maíz QPM son evidentes ya que contiene más lisina y triptófano, que son los aminoácidos carentes en el maíz común.

Se evaluó la calidad proteínica del maíz QPM y maíz común antes de la siembra, en estado lechoso (90 días después de la siembra) y al final de la cosecha (110 días después de la siembra). Esto se hizo por medio de la digestibilidad y el PER en ratas Wistar de laboratorio.

Se llevó a cabo una prueba triangular comparativa entre el maíz QPM (HSQ-1 y HSQ-3) y el maíz común que se sabe que es aceptado sensorialmente por la población. Mediante este procedimiento se logró cumplir los objetivos de esta investigación y así poder saber si el atole de maíz preparado con QPM inmaduro es aceptable tanto en su aspecto nutricional como sensorial.

I. INTRODUCCIÓN

Para el siguiente trabajo titulado ELABORACIÓN DE UN ATOLE NUTRITIVO A BASE DE MAÍZ QPM INMADURO, se hicieron pruebas en maíz QPM (maíz de alta calidad proteínica) de dos tipos, HSQ-1 y HSQ-3 y maíz común de un tipo, HS-19. Los maíces HSQ-1 y HSQ-3 son básicamente lo mismo, la diferencia es el número de veces que se le insertó los genes. Se realizaron estudios, de proteína y humedad para ver cómo cambiaban estos valores durante las diferentes etapas de la cosecha. Además se hizo una evaluación sensorial, prueba triangular, para comparar las características entre un atole preparado con QPM y uno preparado con maíz común.

Para saber la calidad proteínica se realizó una prueba biológica con 10 diferentes dietas. Para este análisis biológico se utilizaron muestras de maíz QPM (HSQ-1 y HSQ-3) cosechados a los 90 días y otra muestra de los mismos cuando el maíz se encontraba sazón (110 días después de la cosecha). Esto se comparó con una muestra de maíz común (HS-19) también recolectada a los 90 días después de la siembra y cuando el maíz ya estaba sazón.

El análisis de proteína mostró que sí varía la cantidad de proteína dependiendo de la etapa de cosecha. Entre las muestras HSQ-1, HSQ-2 y HS-19 en estado de semilla, primera etapa (68 días) y segunda etapa (76 días) sí hubo diferencia significativa entre las medias del porcentaje de proteína (base seca). En cuanto a las muestras en la tercera etapa (90 días), inactivadas y cocidas, y las muestras finales no hubo diferencia significativa entre las medias de la proteína (base seca).

El análisis biológico puso en evidencia la ventaja de la utilización de maíz QPM como sustituto del maíz por sus altos valores de PER y digestibilidad.

El análisis sensorial comparativo mostró que no hay diferencia entre un atole preparado con maíz QPM de tipo HSQ-1 y uno preparado con maíz común (HS-19). También mostró que sí hay diferencias sensoriales entre un atole preparado con maíz QPM tipo HSQ-3 y uno preparado con HS-19.

II. ANTECEDENTES

1. Consumo de maíz

En sus distintas modalidades de elaboración, el maíz es un importante alimento para muchos habitantes en el mundo en desarrollo, a los que se les suministra cantidades significativas de nutrientes, sobre todo calorías y proteínas. Su calidad nutritiva es de especial importancia para los niños de corta edad. Las cantidades consumidas variaban entre 64 y 120 g por día y proporcionaban cerca del 30 por ciento de la ingesta diaria de proteínas y casi un 40 por ciento de la ingesta diaria de energía. Otros autores, como García y Urrutia (1978), observaron en niños no lactantes de tres años de edad, que una ingesta de 226 g de tortillas aportaban cerca del 47 por ciento de sus calorías.

Aunque esa situación no es, en lo fundamental, nociva, el problema es que con frecuencia no se consumen las cantidades necesarias de alimentos complementarios, o sólo se consumen en bajísima proporción. Las legumbres son el alimento complementario más fácil de obtener en los países en desarrollo, pese a lo cual se consumen por lo general cantidades muy reducidas. La ingesta media de frijoles por grupos de edad en los países de Centroamérica era de 7, 12, 21 y 27g por día por niño de 1, 2, 3 y 4 a 5 años, respectivamente. Considerando un porcentaje del 22 por ciento de proteínas crudas en los frijoles, esta alimentación suministraba 1,5, 2,6, 4,6 y 5,9 respectivamente. Las proteínas digeribles, teniendo en cuenta una digestibilidad real de 70 por ciento, eran únicamente 1,0, 1,8, 3,2 y 4,1. Estas cifras indican que los frijoles proporcionan aproximadamente el 14, 18, 22 y 30 por ciento de la ingesta total de proteínas alimenticias que se obtiene del maíz y los frijoles; estas cantidades y efectos de complementación son muy reducidos, sobretodo en lo que se refiere a los niños de 1 y 2 años de edad.

Datos de la FAO (1984) para 1979-1981 indican que en 22 de 145 países enumerados se consumían más de 100g de maíz por persona y por día.

Estas cifras confirman la importancia del maíz como alimento básico en algunos países de América Latina, especialmente México y América central, así como en varios

países africanos. La elevada ingesta de maíz aporta cantidades considerables de calorías y proteínas a la dieta diaria de los habitantes de estos países.

2. Maíz con el gen opaco-2

Tres científicos: Edwin T. Mertz., Oliver E. Nelson y Lynn S. Bates descubrieron una forma simple de mejorar la dieta de millones de personas alrededor del mundo.

Estos científicos de la universidad de Purdue descubrieron una nueva variedad de maíz con mejores contenidos de lisina y triptófano, que son deficientes en el maíz normal. Los científicos llamaron esta nueva variedad Opaco-2, ya que la semilla de este maíz son impermeables a la luz. Aunque esta nueva variedad de maíz no tiene niveles más altos de proteína, se encontró que tiene el doble de lisina y también más triptófano. Esto hace que esta especie sea mas aprovechable para los humanos y animales.

El descubrimiento del maíz opaco-2 causó un gran impacto ya que al probarlo en ratas, cerdos y después en niños mal nutridos mostró dramáticos cambios de salud cuando fue reemplazado por las dietas de maíz tradicional. Los criadores empezaron a entusiasmarse con la idea y empezaron a sembrar la nueva especie de maíz en sus cultivos. Sin embargo se dieron cuenta que el maíz opaco-2 desarrollado tenía menos rendimiento que el normal. Además la semilla era más suave que el maíz común, por lo que cuando se quería usar para hacer tortillas o pan de maíz, se hacía una masa chiclosa.

La nueva variedad también era más susceptible al ataque de hongos e infestaciones de insectos durante el almacenaje.

Por estos problemas fue que la comercialización del maíz opaco-2 tuvo un paró. Fue aquí cuando tres científicos de CYMMIT (Internacional Maize and Wheat Improvement Center) en México entraron en acción. Estos científicos transfirieron los genes deseables del opaco-2 a una variedad de semilla con endospermo duro. En 1988 la nueva variedad de maíz llamada QPM (quality protein maize) había alcanzado los mismos niveles de lisina y triptófano que el opaco-2. Además este maíz QPM ya no tenía los problemas que tenía el opaco -2.

Por todas estas ventajas se esperaba que esta nueva variedad de maíz se implementara rápidamente en los cultivos de maíz alrededor del mundo, sin embargo eso no fue lo que pasó.

Se ha dicho que uno de los problemas que ha creado resistencia para plantar esta variedad de maíz es que luce igual que el maíz común, entonces los beneficios nutritivos no son muy evidentes para el agricultor, además estos beneficios no son inmediatos para que estas personas los puedan apreciar. (Brown, 1993)

3. Comparación del valor nutritivo del maíz común y del maíz con proteínas de calidad

3.1 Maíz común. Calidad de las proteínas que consumen los niños. Varios investigadores han analizado la calidad proteínica del maíz que se da a niños en vías de recuperación en vías de una recuperación de una mal nutrición proteicocalorica. Al ver resultados obtenidos al suplementar maíz cocido en agua de cal con gluten de maíz para obtener un producto con un contenido de proteínas más elevado y permitir una ingesta mayor de este nutriente con una menor ingesta de sólidos. De este modo se amplificaron las deficiencias de aminoácidos de las proteínas del maíz, lo que facilitó su detección empleando la técnica de balance de nitrógeno (Scrimshaw et al., 1958; Brezan et al., 1958, 1963). Los resultados mostraron una disminución de la retención de nitrógeno a medida que disminuía la ingesta de éste, hecho previsible; sin embargo, aun con una ingesta elevada de nitrógeno de 469mg por kg de peso por día, la retención fue considerablemente menor que la correspondiente a la alimentación a base de leche en la misma cantidad. La digestibilidad aparente de las proteínas, indicada en forma de disponibilidad de nitrógeno, era bastante con distintas ingestas de nitrógeno, y variaba del 77 al 78 %.

La retención de nitrógeno de maíz fue notablemente menor que los valores obtenidos con la leche al mismo nivel de ingesta de proteínas. La digestibilidad de proteínas fue del 80 por ciento en caso de la leche y 75 % en caso del maíz. Se calculó que para alcanzar los niveles de retención de nitrógeno equivalentes a los de la caseína, los niños habrían tenido que obtener del maíz el 203.9 por ciento de sus necesidades de energía, cosa evidentemente imposible.

Las proteínas del germen aportan un porcentaje muy considerable de los aminoácidos esenciales (AAE), por lo que los productos alimenticios de maíz de los que se haya eliminado el germen, incluido el endospermo del MPC, tienen en todos los casos una calidad proteínica, inferior a la del grano entero. De igual modo, el maíz con un contenido elevado de zeína es de calidad inferior al maíz con menor contenido de prolamina, debido a una deficiencia relativamente mayor de lisina y a un mayor desequilibrio de aminoácidos esenciales, como leucina e isoleucina.

3.2 Suplementación con aminoácidos. Es ampliamente reconocido que las proteínas del maíz son deficientes en lisina y triptófano, como han demostrado los estudios realizados con animales. En pruebas realizadas con niños se analizó el contenido de aminoácidos esenciales del maíz tratado con cal y suplementado con un 5 % de gluten de maíz para obtener un producto con un contenido más elevado de proteínas.

A nivel de AAE de este alimento de maíz se comparó con el contenido de aminoácidos de la proteína de referencia de la FAO de 1957, comparación de la que se dedujo el siguiente orden de deficiencia de aminoácidos: triptófano, lisina, metionina, valina, isoleucina y treonina. La comparación también estableció las cantidades de aminoácidos necesarias para alcanzar el nivel de referencia. Se ha visto, después de alimentar a niños con tres gramos de proteína por kilo de peso al día, que se aumenta el nitrógeno absorbido y retenido si se adiciona 148 mg de DL- triptófano por gramo de N y se mejora aún más con la adición simultánea de lisina (ésta en una proporción de 243 mg por g de N). Cuando se adicionó simultáneamente metionina disminuyó la retención de nitrógeno.

En otros estudios, se llevaron a cabo pruebas de balance de nitrógeno para conocer la respuesta obtenida con la adición tan sólo de triptófano. Los resultados mostraron que el triptófano no mejora la calidad proteínica. En cambio la adición de lisina produce una reacción, lo que indica que la lisina es más limitante que el triptófano. La reacción de tan sólo la adición de lisina fue pequeña y sin gran importancia nutritiva, lo que significa que es necesario añadir ambos aminoácidos al mismo tiempo.

Un nivel de nitrógeno de 239 mg por kg de peso por día equivale a 20 g de maíz por kg por día, aproximadamente los 200 g de maíz que normalmente consumen los niños. La suplementación sólo con lisina tendría poco efecto. Ahora bien si también se le añade triptófano, el aumento de retención de nitrógeno es notablemente superior e incluso sobrepasa al de la leche en el nivel más alto de proteínas de la dieta. Entonces se puede llegar a partir de los resultados obtenidos mediante la suplementación del maíz con aminoácidos es que hay que añadir lisina y triptófano para obtener una reacción significativa en la calidad de la proteínas, medida por la retención de nitrógeno.

Presenta gran interés e importancia el hecho de que los niños sean sensibles a esos cambios pequeños en las proporciones de aminoácidos, que se pueden detectar fácilmente en un breve período de tiempo verificando el balance de nitrógeno. Es de gran importancia alcanzar el equilibrio adecuado entre los aminoácidos esenciales para conseguir una retención máxima de nitrógeno. En ese principio se basa la suplementación con aminoácidos.

3.3 Maíz con proteínas de alta calidad QPM

3.3.1 Niños. El gran consumo de maíz de los habitantes de diversos países de América Latina y África, así como el conocimiento, bien documentado, de las deficiencias de lisina y triptófano de sus proteínas, dio lugar a investigaciones en busca de un grano con una mayor concentración de esos aminoácidos esenciales. La posibilidad de descubrir mejores variedades de maíz parecía existir, por tres motivos. Uno de ellos era que, mediante la selección, se podía aumentar el contenido de aceite del grano, aproximadamente del 4 al 15 por ciento, incremento posible gracias aun germen de dimensiones mayores, pues éste es la parte del maíz en la que se concentra el aceite. Esos mismos investigadores demostraron que podía aumentar el contenido de proteínas aproximadamente del del 6 al 18 por ciento, mediante un aumento de la fracción prolamina (zeína) del endospermo del maíz. El tercer hallazgo fue la considerable variabilidad del contenido de lisina en las distintas variedades y selecciones del cereal. Las investigaciones para encontrar dicho maíz tuvieron éxito cuando Mertz, Bates y Nelson (1964) anunciaron que habían descubierto que el gen opaco-2 empleado como

marcador en la selección del maíz aumenta considerablemente las cantidades de lisina y triptófano de sus proteínas.

Los resultados de los primeros estudios del tratamiento con cal de maíz opaco-2 (cultivado en Indiana, Estados Unidos, en 1965) mostraron que no daba lugar a cambios nutritivos importantes en la masa ni en las tortillas, como se desprendía de los datos químicos y de los ensayos biológicos llevados a cabo en ratas.

La calidad proteínica del maíz opaco-2 tratado con cal fue evaluada en niños aplicando el índice de balance del nitrógeno (la reacción entre la absorción y la retención del nitrógeno).

El índice de balance de nitrógeno que es la relación entre la absorción y la retención de nitrógeno es una buena medida para del valor biológico de las proteínas. El índice es de 0.8 en el caso de la leche y de 0.72 en el del maíz opaco-2, con lo que quedó establecido que el valor proteico de este maíz, equivale a 90 por ciento del valor biológico de la leche. El valor biológico del maíz común es de 32 por ciento, esto pone en manifiesto la baja calidad de las proteínas del maíz común.

La diferencia entre el maíz opaco-2, el común y este último suplementado con lisina y triptófano, se debe al espectro más alto de aminoácidos esenciales del MPC, dado que en lo fundamental la digestibilidad de los tres es prácticamente la misma. El maíz opaco-2 también tiene un contenido inferior de leucina, algo implícito en el reducido valor nutritivo del cereal.

En un estudio, Luna Jaspe, Parra y Serrano (1971) determinaron que la digestibilidad aparente de proteínas del maíz común es del 61.5 por ciento, la del maíz opaco-2 del 57.9 por ciento y la de la leche del 66.4 por ciento. También concluyeron que el maíz opaco-2 tiene un valor nutritivo superior al maíz común. Ahora bien, señalaron que se debe controlar cuidadosamente su empleo para alimentar niños de corta edad con un ritmo elevado de crecimiento, y que no podían recomendarlo como fuente principal de la ingesta diaria de proteínas.

3.3.2 Importancia práctica de la evaluación de las proteínas del maíz opaco-2.

Las pruebas obtenidas en los estudios realizados con niños y adultos indican claramente la superioridad del maíz opaco-2 sobre el maíz común. Pese a ello, de todos los consumidores de maíz, sólo Colombia y Guatemala se han esforzado en los últimos años por implantar este maíz. Los motivos no son claros, pues diversos estudios agronómicos, llevados a cabo en distintos lugares han demostrado que el MPC y el maíz común no presentan diferencias en cuanto a las prácticas de cultivo, rendimiento por unidad de superficie y calidad material del grano. Además las plantas se asemejan, los granos son cristalinos y los rendimientos del cereal son comparables a los del maíz común. Se toma en cuenta estos factores ya que son más importantes para los agricultores que las ventajas nutritivas que tiene el maíz MPC.

El contenido de energía de ambos tipos es similar, mientras que el contenido de proteínas es mayor y se aprovecha mejor en el MPC gracias a su mejor equilibrio de aminoácidos esenciales. Además sólo se aprovecha el 37 % de la ingesta de maíz común, mientras que el maíz opaco-2 tiene un rendimiento de 74%. Entonces la utilización de maíz QPM sería mucho mas favorable, sobre todo para los países que consumen grandes cantidades de maíz, repercutiendo también en la economía dando una mejor utilización de lo que se produce y consume.

4. Necesidades nutricionales en las personas

4.1 Proteínas. Las proteínas constituyen un componente esencial de todos los seres vivos. Para el apoyo nutricional es esencial un conocimiento del modo en que son utilizadas las proteínas por el organismo sano y el modo que el metabolismo de las proteínas cambia con la enfermedad para servir de apoyo a los sistemas del organismo necesarios para luchar contra la infección y para la reparación de los tejidos. Se requieren las proteínas como catalizadores o enzimas para las reacciones metabólicas, anticuerpos, mensajeros químicos (hormonas) y como componentes estructurales importantes de las células. Las proteínas de la alimentación son importantes como fuente de aminoácidos, algunos de los cuales son esenciales, es decir, el organismo no los puede fabricar, de modo que son una parte esencial de la alimentación.

El maíz QPM tiene más lisina y triptófano que el maíz común, estos dos aminoácidos son esenciales, es decir, como se dijo anteriormente, que no pueden ser sintetizados por los humanos. Esto trae como consecuencia, que el maíz QPM sea mas nutritivo que un maíz común, por tener un mejor balance de aminoácidos.

La tabla que a continuación se presenta es una sugerencia de Young , en donde el pararon propuesto de aminoácidos para adultos es esencialmente el mismo que el de los niños de 2-5 años de edad. El grupo de Young sostiene que el requerimiento de aminoácidos no cambia sustancialmente entre las primeras etapas de la infancia y la vida adulta.

Cálculos revisados provisionales e los requerimientos de aminoácidos en humanos adultos sanos.

Tabla No 1
Requerimientos de aminoácidos

Aminoácido	Requerimiento (mg/kg/día)	Patrón*(mg/g proteína)
Isoleucina	23	35
Leucina	40	65
Lisina	30	50
Metionina y cistina	13	25
Fenilalanina y tirosina	39	65
Treonina	15	25
Triptófano	6	10
Valina	20	35

(Salas-Salvadó, 2002)

Las necesidades proteicas totales se han calculado con trabajos de investigación, en las que se sugiere que estas necesidades cambian por el crecimiento y mantenimiento corporal. Durantes los primeros tres meses de vida son elevados de 1.68g/kg/día y van disminuyendo hasta la edad adulta de 0.57 g/kg/día. Durante el embarazo es necesario un

aporte adicional para la síntesis de nuevos tejidos, estimado en 1.3 g/día durante el primer trimestre, en 6.1g/día en el segundo y en 10.7 g/día durante el tercero.

Diferentes grupos de expertos han recomendado 0.8 g de proteínas de referencia por kg/día para todas las edades adultas. (Salas-Salvadó, 2002)

4.2 Hidratos de carbono. Los carbohidratos son unos nutrientes paradójicos. Las recomendaciones actuales aconsejan que contribuyan a aproximadamente 55% de la ingesta calórica diaria total, aunque no siempre son considerados esenciales. Los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía de todas las alimentaciones. Para las células, la glucosa proporciona la mayoría de la energía utilizable, aunque la glucosa libre raramente existe en los alimentos.

Los carbohidratos no son absolutamente esenciales, debido a que la glucosa puede sintetizarse a partir de los aminoácidos y los intermediarios de piruvato y lactato. Sin embargo solo los carbohidratos pueden producir energía en condiciones anaeróbicas. El cerebro y el tejido nervioso utilizan glucosa exclusivamente, excepto en condiciones de ayuno prolongado.

Por otra parte cuando la glucosa no se encuentra disponible, aumenta la neoglucogénesis para proporcionarla a los tejidos que la necesitan. Por lo tanto la inclusión de los carbohidratos a la dieta ahorra proteínas y disminuye la excreción de nitrógeno en la orina.

4.3 Lípidos. Los lípidos son necesarios para la realización de importantes funciones en el organismo. Su importancia primordial radica en el aporte dietético de los ácidos grasos esenciales, linoleico y linolénico. En los lactantes, sobre todo en los prematuros, y en los ancianos son también esenciales el ácido araquidónico (derivado del linoleico) y los ácidos eicosapentanoico y docosahexaenoico (derivados del linolénico).

Diferentes grupos de expertos recomiendan que la ingesta de lípidos no sobrepase el 30% de la energía. (Salas-Salvadó, 2002)

4.4 Vitaminas

Tabla No 2
Requerimientos de vitaminas

Vitamina	Ingestas de referencia en la alimentación (mujeres/hombres)
A	700/900µg
D	5 µg (19-50 años) 10 µg (51-70 años) 15 µg (>70 años)
E	15 mg
K	90/120 µg
C	75/90 mg
Tiamina	1.1/1.2 mg
Niacina	14/16mg EN
Riboflavina	1.1/1.3 mg
B ₆	1.3 mg (19-50 años) 1.5/1.7 mg (>50 años)
B ₁₂	2.4 µg
Folato	400 µg
Biotina	30 µg
Acido pantoténico	5 mg

(Salas-Salvadó, 2002)

5. Composición química del maíz

Aunque es muy variable la composición del maíz según la ubicación y genética, se pueden dar datos generales de los valores químicos.

Tabla No 3
Proteínas netas del grano entero, el germen y el endospermo de variedades de maíz guatemalteco

Muestra	Amarillo	Azotea	Cuarenteño	Opaco-2
Grano entero	42.5	44.3	65.4	81.4
Germen	65.7	80.4	90.6	85
Endospermo	40.9	42	46.4	77

* En porcentaje de caseína al 100%

(Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 1993)

Tabla No 4
Composición química general de distintos tipos de maíz (%)

Tipo	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra Cruda	Extracto etéreo	Hidratos de carbono
Salpor	12.2	1.2	5.8	0.8	4.1	75.9
Cristalino	10.5	1.7	10.3	2.2	5	70.3
Harinoso	9.6	1.7	10.7	2.2	5.4	70.4
Amiláceo	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8
Dulce	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3
Reventador	10.4	1.7	13.7	2.5	5.7	66
Negro	12.3	1.2	5.2	1	4.4	75.9

(Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación, 1993)

5.1 Almidón. El componente químico principal del maíz es el almidón que es entre 72-73 por ciento del peso del grano. También contiene otros tipos de hidratos de carbono como los son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, estos están presentes entre 1 a 3 por ciento del grano.

5.2 Proteínas. El contenido de proteínas puede variar entre 8 y 11 por ciento del peso del grano y su mayor parte se encuentra en el endospermo. Según Landry y

Moureaux (1970;1982) las proteínas están formadas por cinco fracciones distintas que se exponen en la siguiente tabla. Las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6%, respectivamente. La fracción de prolamina constituye el 55%. Una solución alcalina extrae la fracción de glutelina 2 que está presente en 8%. La glutelina 3 esta presente en 17%, dando un total de globulina de 25% de las proteínas del grano.

5.3 Distribución de las fracciones de proteína en las variedades Blanco Dentado-1 MPC y Tuxpeño-1 (grano entero)

Tabla No 5
Distribución de las fracciones de proteína en las variedades Blanco Dentado-1 MPC y Tuxpeño-1 (grano entero)

Fracción de proteína	Blanco Dentado-1 MPC		Tuxpeño-1	
	(mg)	(%)	(mg)	(%)
I	6.65	31.5	3.21	16
II	1.25	5.9	6.18	30.8
III	1.98	9.4	2.74	13.7
IV	3.72	17.6	2.39	12
V	5.74	27.2	4.08	20.4
Residuos	1.76	8.3	1.44	7.1

Fuente: Ortega, Villegas y Vasal, 1986.

En la tabla previa se resumieron los datos de un maíz común y un maíz QPM. Las fracciones II y III son zeína I y zeína II, de las que la zeína I es considerablemente mayor en la variedad de Tuxpeño-1 en comparación con la MPC. Las cantidades de proteína solubles en alcohol son bajas en el maíz verde y aumentan a medida que el grano madura. Analizadas dichas fracciones para averiguar el contenido de aminoácidos, la fracción de zeína resultó tener un contenido muy bajo de lisina y carecer de triptófano. Como estas fracciones contribuyen a más de 50 por ciento de las proteínas del grano, se desprende que ambos aminoácidos tienen un porcentaje bajo de proteínas. En cambio las fracciones de albúmina, globulina y glutelina contienen niveles relativamente elevados de lisina y triptófano. Otra característica importante de las fracciones de zeína es su elevadísimo contenido de leucina, aminoácido relacionado con la deficiencia de isoleucina.

El maíz MPC se diferencia del maíz común por la distribución ponderal de las cinco fracciones de proteína mencionadas anteriormente. Se ha determinado que el gen opaco-2 disminuye la concentración de zeína en cerca de 30 por ciento, por lo que el contenido de lisina y triptófano es mayor en las variedades de MPC que el maíz común.

La calidad nutritiva del maíz viene determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas. Un rasgo importante es que el maíz común tiene elevado contenido de leucina, lo cual es muy bajo en el maíz QPM.

5.4 Aceite y ácidos grasos. El contenido varía de 3 al 18 por ciento, lo cual está determinado por la genética. El aceite de maíz tiene un bajo valor de aceites saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios de 11 por ciento y 2 por ciento, respectivamente.

5.5 Fibra dietética. Los hidratos de carbono complejos se encuentran en el pericarpio y la piloriza del maíz, aunque también en las paredes celulares del endospermo y en menor medida en las del germen. El contenido de fibra será menor que el de los granos enteros.

El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además del almidón. El total de azúcares varía entre el 1 y 3% y la sucrosa, que es la más importante, está esencialmente en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles mas elevados de monosacáridos, disacáridos y trisacáridos. Doce días después de la polinización , el contenido de azúcar es relativamente elevado, mientras que el almidón es bajo. Conforme madura el grano, disminuyen los azúcares y aumenta el almidón. Se ha determinado que en granos de 16 días de vida, los azúcares alcanzan un nivel del 9.4 % del peso seco del grano, pero que su nivel disminuye considerablemente con el paso del tiempo. A estos niveles relativamente altos de azúcar y sucrosa reductores se debe posiblemente el hecho de que el maíz común verde y , en mayor medida aún, el maíz dulce sean tan apreciados.

5.7 Minerales. La concentración de cenizas es de aproximadamente 1.3 por ciento. El mineral que mas abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores de aproximadamente 0.90 por ciento en el maíz común y cerca del 0.92 por ciento en el maíz opaco-2. como sucede en la mayoría de los gramos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de Ca y de oligoelementos.

5.8 Vitaminas liposolubles e hidrosolubles. El grano de maíz tiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o carotenoide, y la vitamina E.

Las vitaminas solubles en agua se encuentran sobre todo en la capa de aleurona del grano de maíz, y en menor medida en el germen y el endospermo. Se han encontrado cantidades variables de riboflavina y tiamina, su contenido esta determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética. La vitamina soluble en agua a la cual se han dedicado más investigación es el ácido nicotínico , a causa de su asociación con la deficiencia de niacina, o pelagra, fenómeno muy difundido en las poblaciones donde se consume maíz. La asociación de la ingesta de maíz con la pelagra se debe a los bajos niveles de niacina en el grano, aunque se ha demostrado experimentalmente que son también importantes los desequilibrios de aminoácidos, por ejemplo la proporción entre la leucina e isoleucina, y la cantidad de triptófano asimilable. El maíz no tiene vitamina B₁₂ y el grano maduro contiene sólo pequeñas cantidades y a veces con ausencia de ácido ascórbico. Han encontrado aproximadamente 2.69mg/kg de pirodoxina asimilable. Otras vitaminas como la colina, el ácidos fólico y el ácido pantoténico, se encuentran en concentraciones pequeñísimas.

5.9 El maíz en sus diferentes etapas de maduración. En base seca, el nitrógeno, la fibra cruda y el contenido de cenizas disminuyeron, mientras el extracto etéreo y la cantidad de carbohidratos incrementaron con la maduración.

El nitrógeno soluble en alcohol (zeína) incrementó en el desarrollo del grano, el nitrógeno soluble en solución alcalina primero incrementó, pero a los 16 días después de florear disminuyó. El nitrógeno soluble en solución ácida constantemente disminuyó con la maduración. En cuanto a los aminoácidos los que estaban contenidos en la zeína aumentaron y el resto disminuyó.

Tabla No 6
Características del maíz después de florear

Días después de floreal	Humedad %	Nitrógeno %	Proteína %	Grasa %	Fibra Cruda %	Ceniza %	Carbohidratos por diferencia %
10	89	2.81	17.6	2	9.1	3.7	67.6
16	88.8	2.98	18.6	2	8.2	4.3	67
23	72.1	1.98	13.3	2.1	5.9	2.7	76
30	65.9	1.84	12.3	3.5	4.2	2.3	77.7
37	50.8	1.54	9.6	4.1	3.5	1.7	81.1
44	44.2	1.58	9.9	4.4	3.4	1.6	80.8
51	34.7	1.71	10.7	4.6	3.1	1.5	80.2
58	28.5	1.59	9.9	5.3	2.5	1.3	81
65	23.5	1.76	11	4.9	3.3	1.3	79.5

(Bressani y Conde, 1961)

6. Modalidades de consumo del maíz populares en México y Centro América

El maíz se consume de muchas formas alrededor del mundo. El proceso de cocción del maíz en agua de cal es propio de México y América Central. A partir del maíz cocido en agua de cal, se prepara una masa que es el ingrediente principal de muchos platos como el atole, tamalitos, que se confeccionan envolviendo la masa en espantas de maíz y cociendo a vapor durante 20 ó 30 minutos para gelatinizar el almidón. La masa se puede mezclar con hojas tiernas de chipilín, flores de loroco o frijoles cocidos lo que mejora la calidad nutritiva del producto y su sabor. La masa también la usan para hacer tamales, que es una preparación más compleja por los ingredientes que tiene, entre ellos la carne de cerdo o pollo añadida a la masa gelatinizada. También se usa para tacos, enchiladas y pupusas. Cuando la masa de fríe o condimenta da alimentos como los chilaquiles y o las hojuelas de maíz. Si se deja fermentar la masa durante dos días, envuelta en hojas de banano o plátano, da un alimento llamado pozol, a partir del cual se pueden fabricar diversas bebidas.

La tortilla es el alimento más consumido en Guatemala, ésta tiene un proceso de nixtamalización que consiste en mezclar una parte de maíz sazón con dos partes de una solución de cal al 1%. La mezcla se calienta a 80°C durante 20 a 45 minutos y después se deja reposar toda la noche. Al día siguiente se decanta el líquido cocido y el maíz, denominado entonces nixtamal, se lava dos o tres veces para eliminar las cubiertas seminales, las pilorizas, la cal sobrante y las impurezas del grano. Después se muele hasta lograr una masa fina. Después se da la forma a la tortilla y se cocina de ambos lados.

En cuanto a la modalidad de consumo de atole tierno, el maíz no se nixtamaliza, este tiene un proceso diferente. La mazorca inmadura se desgrana, luego se muele obteniendo una masa de maíz tierno. Después de agrega agua formando una suspensión de maíz en agua. Se filtra y el producto líquido se cocina y agrega azúcar u otro saborizante. El residuo de la filtración lo utilizan para tamales o lo descartan. Algunas personas consumen el atole con leche lo cual aumenta la cantidad de proteínas, sin embargo la leche resulta cara para una gran parte de la población y el atole con agua es muy pobre proteicamente.

6.1 Método casero para la preparación de atole de maíz tierno

Desgranar 8 elotes tiernos.

Agregar 300 ml de agua.

Licuar el maíz con el agua.

Colar la mezcla para que la cáscara y los restos de maíz grandes queden retenidos.

Agregar canela, sal y azúcar.

Cocinar lentamente agitando constantemente.

(Echeverría, 1997)

El atole de maíz tierno puede llevar como ingredientes leche o agua. La preparación con agua tiene baja calidad de proteína y la preparación con leche presenta el inconveniente de ser muy cara para la población rural, aunque tiene una calidad proteínica mejor (Larios, 1997).

III. JUSTIFICACIÓN

El maíz es un importante alimento para muchos habitantes del mundo en desarrollo, a los que suministra cantidades significativas de nutrientes, sobretodo calorías y proteínas.

El problema es que con frecuencia no se consumen las cantidades necesarias de alimentos complementarios, por lo que muchas personas dependen solamente del maíz como alimento y fuente de todos los nutrientes.

El maíz tiene deficiencias en lisina y triptófano, la carencia de estos aminoácidos hacen que la calidad de la proteína del maíz no sea buena. El gran consumo de maíz de los habitantes de diversos países de América latina y África dio lugar a investigaciones en busca de un grano con una mayor concentración de esos aminoácidos esenciales. Se descubrió el gen opaco-2 que aumentaba las cantidades de lisina y triptófano de las proteínas del maíz.

En cuanto al valor biológico en el maíz común sólo se aprovecha el 37 % de la ingesta, mientras que el maíz opaco-2 tiene un rendimiento de 74%. Entonces la utilización de maíz QPM, que contiene el gen opaco-2, sería mucho mas favorable, sobre todo para los países que consumen grandes cantidades de maíz, repercutiendo también en la economía dando una mejor utilización de lo que se produce y consume.

El objetivo de esta investigación es dar otro uso al maíz QPM e implementarlo cada vez más en la dieta de estas personas que dependen del maíz. Una de las razones por las que no se ha logrado introducir el maíz QPM es la resistencia al cambio de las personas. Este estudio ayudará a demostrar que se pueden tener productos sensorialmente aceptables, como el atole de elote que tiene tanta aceptación sobre todo en poblaciones de América Latina, y con los beneficios nutricionales de su proteína.

El atole de maíz se sabe que es más aceptado cuando se utiliza maíz tierno, por su aroma y sabor característicos. Este estudio se hace sumamente necesario ya que no se sabe con certeza como son las características del maíz QPM cuando está tierno.

Este estudio, mediante análisis biológicos y químicos, va a dar un panorama útil para aplicar el maíz QPM y sus beneficios en un producto sensorialmente aceptado por la mayoría de las poblaciones de Latinoamérica.

Además este estudio dará pautas de cómo se debe procesar el maíz QPM tierno para formar un producto comercial.

IV. OBJETIVOS

1. General

- Elaborar un atole de maíz QPM en estado lechoso.

2. Específicos

- Evaluar la calidad proteínica del maíz QPM y Maíz común antes de la siembra, en estado lechoso y al final de la cosecha
- Producir una harina de atole de maíz QPM en estado lechoso, haciendo un tratamiento con presión y temperatura.
- Hacer una evaluación sensorial comparativa del atole de maíz preparado con QPM y uno preparado con maíz común.

V. HIPÓTESIS

Es posible obtener un atole de elote a partir de maíz QPM inmaduro con mejores valores nutricionales que un atole de maíz común y con características sensoriales similares.

VI. METODOLOGÍA

1. Análisis proximal

Método oficial de la AOAC para harinas para la determinación del porcentaje de humedad. (No 14.004, horno de aire).

Método oficial de la AOAC para harinas para la determinación de porcentaje de proteínas (14.026, Kjeldahl).

2. Análisis biológico

NPR (Net Protein Ratio).

Se diseñaron 10 dietas como lo explica la siguiente tabla:

Tabla No 1
Dietas para análisis biológico (g)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HSQ-1- In. 90 d.	2700									
HSQ-1- Coc. 90 d.		2700								
HSQ-3- In. 90 d.			2700							
HSQ-3- Coc. 90 d.				2700						
HS-19 In. 90 d.					2700					
HS-19 Coc. 90 d.						2700				
HSQ-1 Final							2700			
HSQ-3 Final								2700		
HS-19 Final									2700	
Caseína										330
Minerales	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Vitaminas	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Aceite Vegetal	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Almidón de maíz										2370
TOTAL	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

HSQ-1- In 90 d. = Inactivado – cosecha 90 días de siembra

HSQ-1- Coc. 90 d. = cocido – cosecha 90 días de siembra

HSQ-final- muestra cosechada el 27-09-07 secada al sol

3. Evaluación sensorial del producto terminado

Se realizó una prueba comparativa triangular con panelistas entrenados para ver si hay diferencias entre el atole preparado con maíz QPM y el atole preparado con maíz común.

4. Diseño experimental

Método de preparación de las muestras en las primeras tres etapas

HSQ-01, HSQ-03, HS-19.

Desgranar los elotes tiernos de maíz.

Tratamiento térmico con vapor para inactivar las enzimas.

30 min a 120°C y 16 psi

-Hacer pruebas de peroxidasa para comprobar la inactivación de enzimas.

Desecación del maíz en horno desecador a 65°C durante 24 horas.

Molienda de maíz en molino de discos para formar harina.

Segunda molienda en ciclón.

-Hacer pruebas analíticas y biológicas según sea el número de muestra.

-Hacer evaluación sensorial comparando los maíces HSQ-1 con HS-19 y HSQ-3 con HS-19.

Tabla No. 2
Identificación de las muestras

Muestra	Descripción	Días después de la siembra
HSQ-1 semilla	Semillas utilizadas para sembrar los cultivos de maíz.	0
HSQ-3 semilla	Semillas utilizadas para sembrar los cultivos de maíz.	
HS-19 semilla	Semillas utilizadas para sembrar los cultivos de maíz.	
HSQ-1 No 1	Primera muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	68
HSQ-3 No 1	Primera muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HS-19 No 1	Primera muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HSQ-1 No 2	Segunda muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	76
HSQ-3 No 2	Segunda muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HS-19 No 2	Segunda muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	

Muestra	Descripción	Días después de la siembra
HSQ-1 inactivado No 3	Tercera muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	90
HSQ-3 inactivado No 3	Tercera muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HS-19 inactivado No 3	Tercera muestra. Inactivación de enzimas a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HSQ-1 cocido No 3	Tercera muestra. Cocimiento sumergido en agua a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	90
HSQ-3 cocido No 3	Tercera muestra. Cocimiento sumergido en agua a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HS-19 cocido No 3	Tercera muestra. Cocimiento sumergido en agua a 16 psi a 120 °C en la autoclave durante ½ hora.	
HSQ-1 final	Muestra de maíz sazón. El maíz se secó al sol y se molió.	110
HSQ-3 final	Muestra de maíz sazón. El maíz se secó al sol y se molió.	
HS-19 final	Muestra de maíz sazón. El maíz se secó al sol y se molió.	

*La última muestra de maíz sazón se secó al sol y se molió sin ningún otro tratamiento.

9. Diseño de la siembra de los maíces en estudio, lugar que ocupó cada tipo en el terreno:

HSQ-1	HSQ-3
HS-19	

33 pulgadas entre surcos y 30 pulgadas entre posturas.

Siembra 18 de mayo del 2007

Área 40 x 60 varas

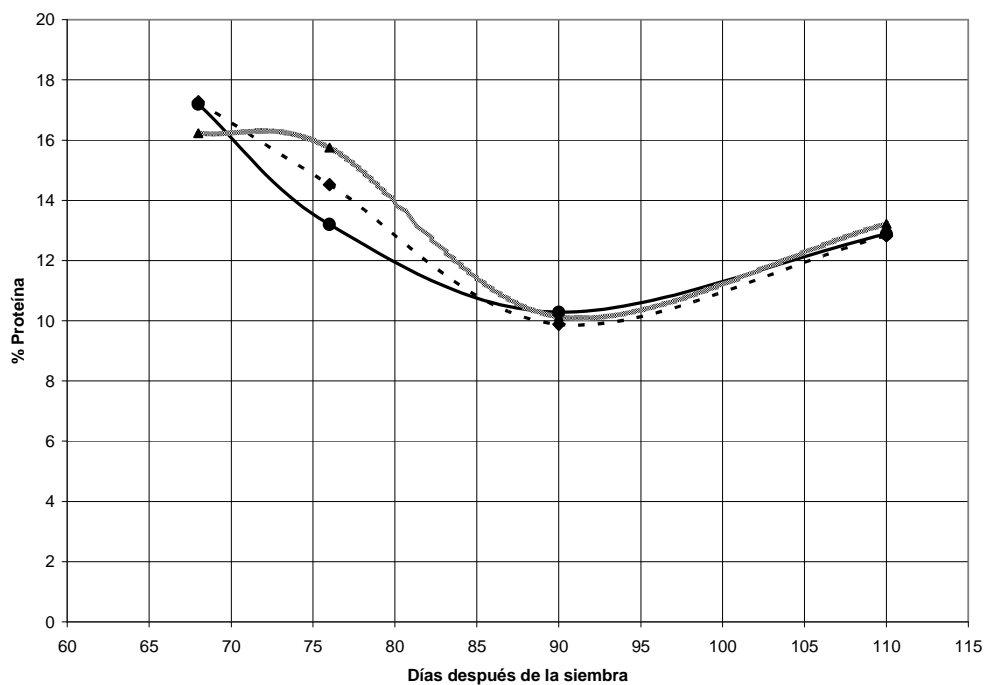
VII. RESULTADOS

Tabla No 1
Resumen de resultados

	% H2O	% Proteína	PER
Semilla			
HSQ-1	8.53 ± 0.02	10.42 ± 0.16	2.52 ± 0.16
HSQ-3	8.65 ± 0.17	9.1 ± 0.27	2.82 ± 0.14
HSQ-19	9.07 ± 0.01	10.45 ± 0.30	1.36 ± 0.10
68 días de cosecha			
HSQ-1	5.74 ± 0.19	16.28 ± 0.23	
HSQ-3	6.04 ± 0.20	16.16 ± 0.11	
HSQ-19	6.70 ± 0.17	15.24 ± 0.12	
76 días de cosecha			
HSQ-1	9.63 ± 0.3	13.12 ± 0.47	
HSQ-3	8.71 ± 0.02	12.05 ± 0.59	
HSQ-19	7.46 ± 0.45	14.58 ± 0	
90 días de cosecha			
HSQ-1	10.88 ± 0.21	8.89 ± 0.55	1.93 ± 0.17
HSQ-3	6.48 ± 0.17	9.62 ± 0.48	2.00 ± 0.11
HSQ-19	6.60 ± 0.06	9.47 ± 0.17	1.49 ± 0.11
90 días de cosecha cocido			
HSQ-1	1.78 ± 0.18	12.85 ± 0.71	2.10 ± 0.13
HSQ-3	0.99 ± 3.31	12.12 ± 0.37	2.18 ± 0.17
HSQ-19	3.31 ± 0.02	11.81 ± 0.02	1.47 ± 0.15
Final 110 días de cosecha			
HSQ-1	10.40 ± 0.53	11.49 ± 0.30	2.12 ± 0.18
HSQ-3	10.11 ± 0.11	11.58 ± 0.24	2.22 ± 0.16
HSQ-19	8.05 ± 0.16	12.15 ± 0.01	1.19 ± 0.08

Gráfica No 1

%Proteínas en las diferentes etapas de la cosecha



ANÁLISIS BIOLÓGICO

Tabla No 2

PER

Dieta	Promedio aumento de peso (g)	Promedio proteína ingerida	Promedio PER
HSQ-01 inactivado 90 días Dieta 1	79± 11.46	41.14 ± 5.74	1.93 ± 0.17
HSQ-1 cocido 90 días Dieta 2	84± 11.84	40.22 ± 4.50	2.10 ± 0.13
HSQ-3 inactivado 90 días Dieta 3	89± 7.21	44.78 ± 3.32	2.00 ± 0.11
HSQ-3 cocido 90 días Dieta 4	84 ± 9.43	38.61 ± 4.12	2.18 ± 0.17
HS-19 inactivado 90 días Dieta 5	45± 13.88	30.06 ± 7.70	1.49 ± 0.11
HS-19 cocido 90 días Dieta 6	41 ± 7.41	28.15 ± 4.36	1.47 ± 0.15
HSQ-1 final Dieta 7	88 ± 12.38	41.37 ± 3.99	2.12 ± 0.16
HSQ-3 final Dieta 8	92 ± 7.19	41.78 ± 3.78	2.22 ± 0.16
HS-19 final Dieta 9	44 ± 6.70	37.29 ± 3.78	1.19 ± 0.08
Caseína Dieta 10	126 ± 20.23	39.09 ± 2.93	3.22 ± 0.34

Gráfico No 2

PER

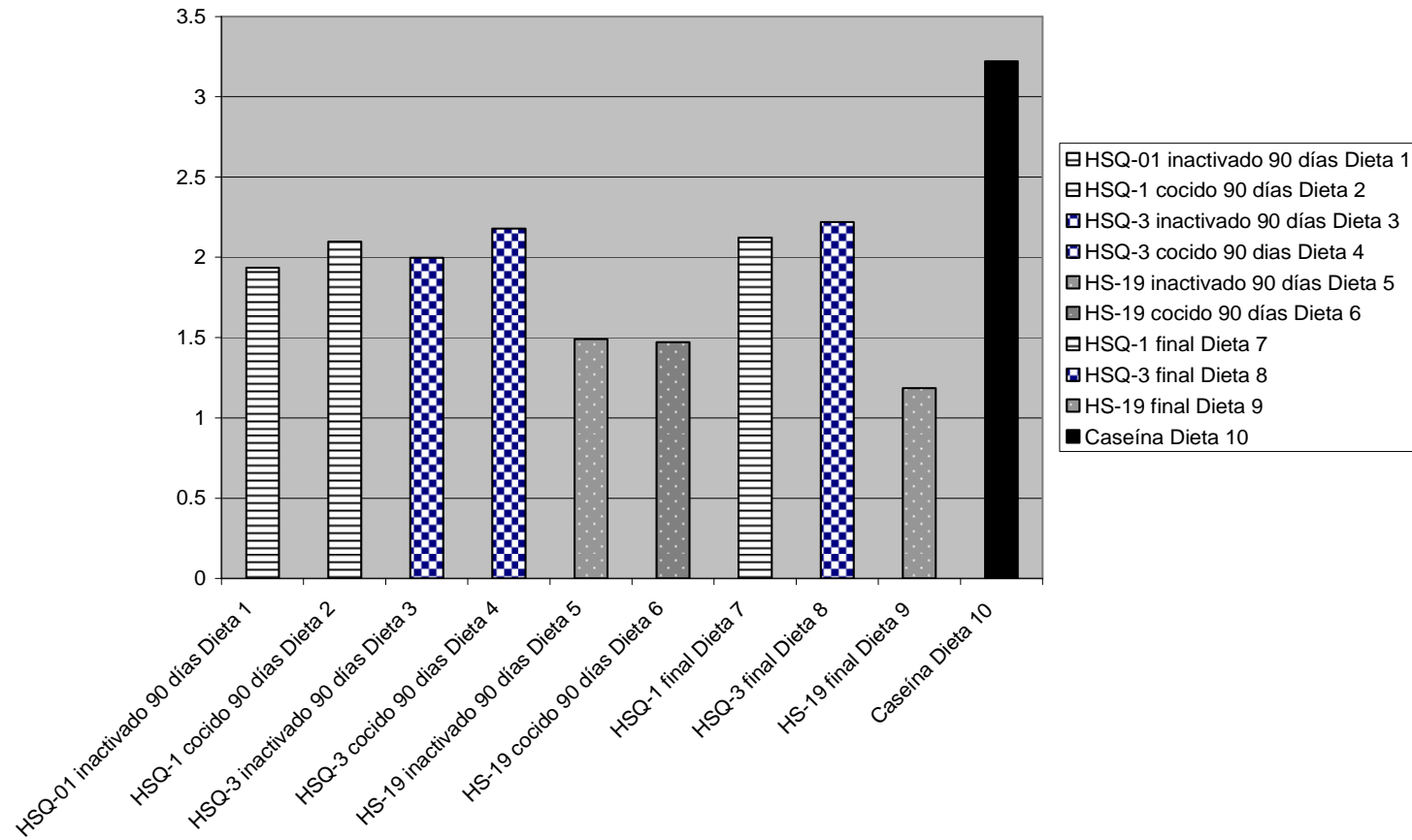
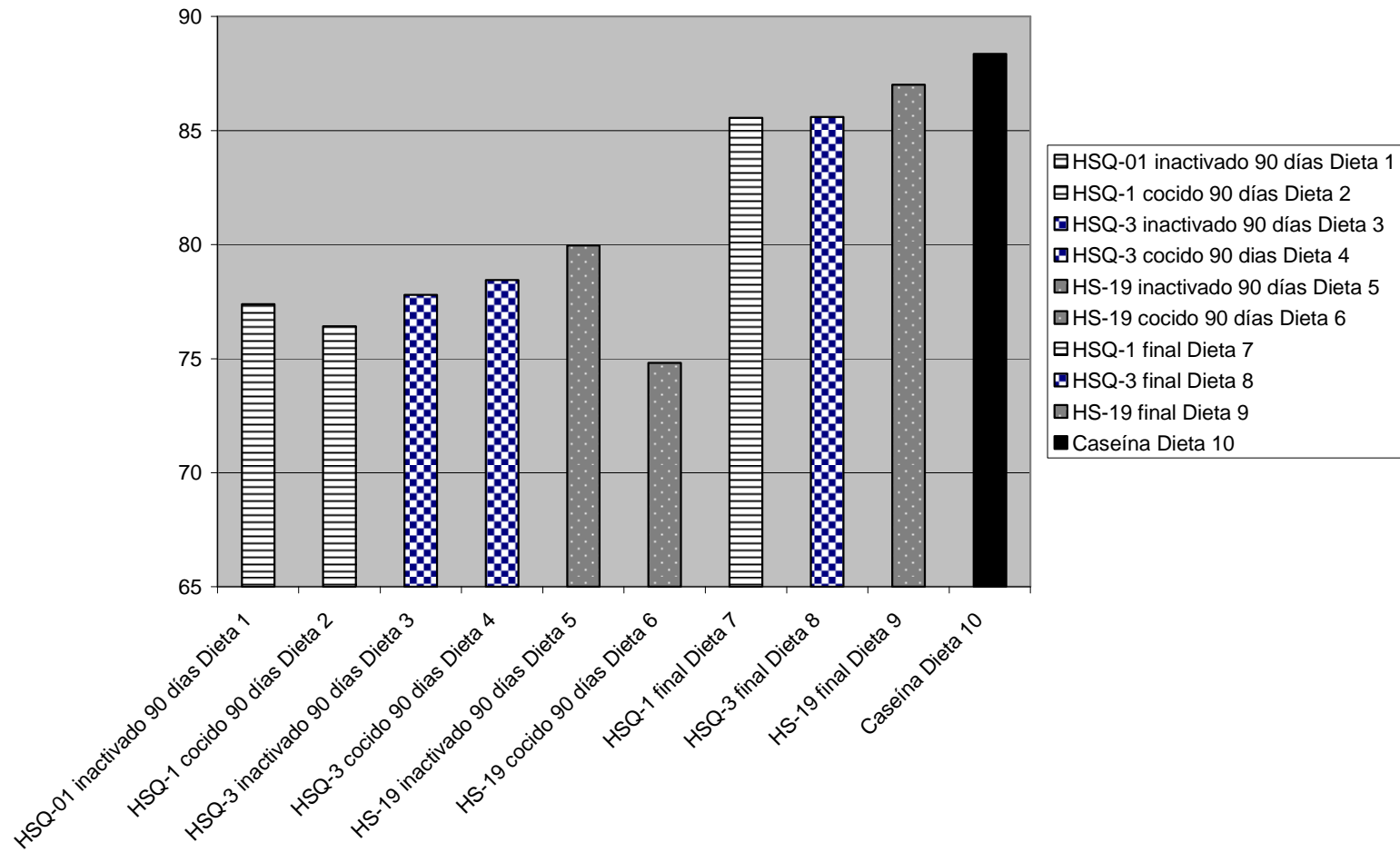


Tabla No3
Digestibilidad

Dieta	Promedio Digestibilidad
HSQ-01 inactivado 90 días Dieta 1	77.39 ± 0.87
HSQ-1 cocido 90 días Dieta 2	76.42 ± 2.38
HSQ-3 inactivado 90 días Dieta 3	77.80 ± 3.05
HSQ-3 cocido 90 días Dieta 4	78.44 ± 2.05
HS-19 inactivado 90 días Dieta 5	79.96 ± 1.09
HS-19 cocido 90 días Dieta 6	74.82 ± 4.65
HSQ-1 final Dieta 7	85.55 ± 1.88
HSQ-3 final Dieta 8	85.60 ± 0.71
HS-19 final Dieta 9	87.01 ± 2.32
Caseína Dieta 10	88.36 ± 0.82

GRÁFICO No3

Digestibilidad



EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA TRIANGULAR

18 Panelistas

Tabla No 4

Comparación de atole de maíz preparado con HSQ-1 y atole preparado con HS-19 (maíz común)

	cantidad	porcentaje %
correctos	8	44.44
Incorrectos	10	55.55

Muestra diferente = HSQ-1

Muestra repetida = HS-19

Probabilidad de X o más juicios correctos en n pruebas ($p = 1/3$)

0.223 siendo mayor a 0.05 quiere decir que no hay diferencia sensorial entre las muestras.

Tabla No 5

Comparación de atole de maíz preparado con HSQ-3 y atole preparado con HS-19 (maíz común)

	cantidad	porcentaje %
correctos	18	100
Incorrectos	0	0

Muestra diferente = HSQ-3

Muestra repetida = HS-19

Probabilidad de X o más juicios correctos en n pruebas ($p = 1/3$)

< 0.001 siendo menor a 0.05 quiere decir que si hay diferencia sensorial entre las muestras

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo de este trabajo era conocer características nutricionales y sensoriales de un atole de maíz QPM y un atole de maíz común.

Para estos propósitos se recibieron muestras de mazorcas en diferentes etapas de la cosecha. Para muchos productos consumidos en el país se utiliza el maíz en estado inmaduro, incluyendo el atole. Se desgranaron las mazorcas de modo que se asegurara que se estaba removiendo el grano entero y no perder ningún nutriente del germen. Los granos fueron congelados desde el principio para evitar contaminación debido a su alto contenido de agua y su riqueza de nutrientes, que lo hacen muy susceptible a contaminación por microorganismos. El maíz posteriormente fue inactivado, colocándolo en una autoclave a 16 psi de presión y 120°C durante media hora. Antes del procesamiento final se hizo una prueba con 10 minutos en la autoclave, sin embargo al hacer la prueba de la peroxidasa las enzimas se encontraban activas, por lo que hubo que alargar el tiempo en la autoclave. Hay que tomar en cuenta que las muestras al ser sometidas a la autoclave estaban congeladas por lo que esto también contribuyó a alargar el tiempo de residencia. La inactivación de enzimas en las muestras se realizó debido a que se querían evitar cambios en las muestras que no fueran propias del estado de cosecha sino que del tiempo que estuvieran guardadas, entonces esto fue la motivación para hacer este procedimiento.

El procesamiento de las muestras es crucial para dar datos comparativos de las muestras. Se trabajó con un secador de gabinete durante aproximadamente 24 horas de secado a 65 °C. Este procesamiento hizo posible que el maíz se conservara sin embargo no se sabe con certeza que daño hubo por el calor.

Se observó que en las primeras muestras No 1 y No 2 el secado dañó el color de las muestras haciéndolas café oscuras evidenciando la reacción de maillard. Estas muestras fueron las más afectadas por ser las primeras de la cosecha y tener un rico contenido de azúcares y lisina.

Además hubo cierta fermentación en las muestras No 3 cocidas, esto se debió al exceso de agua que estas muestras tenían. Este exceso de agua se adicionó para seguir el procedimiento de cocimiento que se le da al maíz para hacer atole. Sin embargo dado que

el proceso de secado es lento (temperaturas bajas, 65°C, para no dañar aspectos nutricionales) esto dio lugar a que se fermentara mientras en el interior de la capa que se formó de masa de maíz cocida.

Se utilizó un molino de discos para convertir la muestra en harina. Para las muestras químicas (proteína y humedad) se convirtió la harina más fina en el ciclón para tener una mejor homogenización y obtener mejores resultados.

La humedad de la muestra no depende puramente de las cualidades del maíz o del estado de la cosecha ya que estas humedades fueron obtenidas después del procesamiento del maíz. Las humedades sirvieron para poder tener los datos en base seca y así poder comparar los resultados de todas la variedades.

Se obtuvieron los datos de porcentaje de proteína para todas las muestras, se esperaba que estos valores variaran de etapa a etapa, pero no entre las variedades (HSQ-1, HSQ-3 y HS-19). Dado que se notaron diferencias, aunque leves, se procedió a hacer una prueba F, por medio de una tabla ANOVA, para ver si las diferencias eran significativas entre cada una de las etapas. Se hizo el análisis en los porcentajes de proteína (base seca).

Para el análisis ANOVA de la semilla, en la primera etapa (68 días) y en la segunda etapa (76 días) de la cosecha se obtuvo que sí había diferencia significativa entre las muestras, esto significa que los porcentajes de proteína no eran iguales para cada una de las muestras (HSQ-1, HSQ-3 y HS-19).

Para las siguientes etapas que comprendían: la tercera (90 días), tanto inactivada como cocida, y para la etapa final (110 días); se obtuvo que no había diferencia significativa entre las medias de las muestras (HSQ-1, HSQ-3 y HS-19).

En cuanto a la evaluación sensorial se muestra que en la muestra de HSQ-1 algunos panelistas no diferenciaron diferencia entre las muestras. Se obtuvo que no hay diferencia entre las muestras HSQ-1 y HS-19 (maíz común). Esto apoya el hecho que el maíz QPM se puede introducir en la dieta de la población ya que puede ser igual al que actualmente consumen. En cuanto a la muestra de HSQ-3 hubo mucho problema para cocinar ya que el maíz no se ponía blando como se necesita para el atole. Como se puede ver en los resultados en la prueba triangular de HSQ-3 comparado con HS-19 todos los panelistas identificaron la diferencia, lo cual deja ver que el maíz HQS-3 no sería un buen

sustituto del maíz que actualmente se consume, a no ser que se cambie el proceso de cocción. Las muestras necesitaron alrededor de 3-4 horas para cocinarse y así poder tener una consistencia de atole. Como se pudo ver en este procedimiento fue muy diferente al que se asumió a la hora de procesar la muestra cocida para los análisis químicos y biológicos. Para poder hacer conclusiones del efecto de cocimiento en las muestras deben realizarse mas estudios que se asemejen al proceso casero de cocción.

En cuanto al análisis biológico se puede ver en los valores del PER (aumento de peso/ proteína ingerida) que si se comparan las muestras QPM (HSQ-1 y HSQ-3) tanto a los noventa días como en estado sazón, los valores más altos son para los maíces QPM. A pesar que distintos investigadores han demostrado que el maíz QPM tiene más ventajas nutricionales mientras más inmaduro se encuentra, esto no se refleja en estos resultados.

Esto puede ser porque al maíz sazón no se le dio ningún tratamiento térmico debido a que es menos susceptible microbiológicamente que el maíz inmaduro. Al maíz inmaduro debido a su susceptibilidad microbiológica se le hizo un tratamiento térmico de 30 min, comprobando su inactivación de enzimas con peróxido de hidrogeno. El tratamiento térmico se hizo con vapor hasta llegar a una temperatura de 120°C a una presión de 16 psi en una autoclave. Además las muestras de QPM y maíz común a los 90 días se deshidrataron a 65°C durante 24 horas. Todas estas diferencias en los tratamientos de los maíces a los 90 días y en estado sazón se reflejaron en este análisis biológico y en los valore del PER. Las muestras que tuvieron un tratamiento térmico y una deshidratación artificial (no solar) sufrieron reacciones de Maillard. Las reacciones de Maillard dependen del tipo de aminoácido, el mas reactivo es la lisina, seguido de otros como la arginina, la histidina y el triptófano. La lisina al reaccionar con los azucares reductores se vuelve no disponible afectando la relación de eficiencia proteica. Entonces a pesar que los maíces inmaduros tienen mejor estado nutricional, estos maíces, en esta tesis, fueron los que recibieron tratamientos que afectaron los niveles de lisina y por tanto el valor del PER. Los maíces sazones, en cambio, se secaron al sol y se molieron. Entonces se esperaba que los valores de PER fueran superiores en las muestras cosechadas a los 90 días, pero como se puede observar en el gráfico están parecidos a los valores de PER en estado sazón debido a la diferencia de tratamientos.

En cuanto a la digestibilidad, que es el porcentaje de proteína que se absorbe, los mayores valores se encontraron en los maíces sazones, siendo ligeramente mayor el valor del maíz común HS-19. Esto confirma de nuevo que el tratamiento que se le dio a los maíces inmaduros afectó su estado nutricional. Los valores de digestibilidad comparando entre las variedades es parecido, siendo mas importante el hecho que fueron mayores los valores del PER para los maíces QPM.

IX. CONCLUSIONES

-Hace falta más investigación para saber cuál es la mejor formulación y el mejor proceso para elaborar un atole de maíz inmaduro.

-De acuerdo con los resultados biológicos, el maíz QPM sí demostró tener una mejor calida proteínica comparado con el maíz común. El valor del PER fue mayor en los maíces QPM comparado contra el maíz común. El valor de la digestibilidad fue mayor en las maíces QPM con excepción de la última etapa.

-Para producir una harina de maíz en estado lechoso es necesario investigar cómo se ve afectado el estado nutricional después del tratamiento térmico y la deshidratación.

-El atole de maíz HSQ-1 no presentó diferencias en el análisis sensorial, comparado con el atole preparado con maíz común. En cuanto al atole de maíz HSQ-3 sí presentó diferencias sensoriales comparado con el atole preparado con maíz común.

X. RECOMENDACIONES

- En este estudio se quiso acaparar y evaluar todo el proceso que comprende elaborar un atole de maíz industrialmente. Las variables que se encontraron fueron muchas, por lo que se necesita hacer más investigación para dar a conocer el mejor proceso. Debe dar como resultado la conservación tanto de las características nutricionales del maíz QPM, como las características sensoriales del maíz en estado inmaduro.

- Primero que todo se debe definir los días después de la siembra para asegurarse que el maíz está en estado inmaduro. Además debe tener las características sensoriales tan deseadas en el atole de maíz. Lo que se observó en el maíz recolectado a los 90 días, fue que ya estaba un poco duro. Entonces, es necesario bajar esa cantidad de días entre 70 y 80 días después de la siembra para tener todas las cualidades del maíz inmaduro.

-También es necesario hacer más estudios para verificar el efecto del calor y la presión sobre las muestras de maíz en estado inmaduro. Dado que en este estudio se quiso evitar la descomposición del maíz con un tratamiento térmico, no se sabe con certeza cómo este tratamiento afectó este tratamiento a las características del maíz.

-Otra de las variables que hay que controlar es la desecación. Saber a qué temperatura se minimiza la reacción de maillard y no se afecta el estado nutricional del maíz.

-Otro de los factores que hay que considerar es el método de cocción que se debe escoger. En este estudio se hizo primero sumergiendo el maíz en agua y otro método sólo con el vapor de la autoclave. El primer método no es recomendable ya que no agrega ningún valor al maíz y además por el exceso de agua el proceso de desecación es demasiado largo y puede ocurrir la fermentación en la capa interna de la masa. El segundo método sólo con vapor es el recomendado dado su facilidad para desecarlo y evita la fermentación. Entonces, antes de retomar este estudio, es necesario discutir qué se va a hacer en cada uno de los pasos y cuáles son las razones con base a los resultados de esta investigación.

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC, 1984. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14 ed. Virginia, Estados Unidos.
2. Badui, S. 1999. *Química de los alimentos*. 3ra ed. LOGMAN DE MÉXICO EDITORES, S.A. DE C.V. México. 648 págs.
3. Bressani, Ricardo y Conde, Rodolfo. 1961. «Changes in the chemical composition and in the distribution of nitrogen of maize at different stage of development». American Association of Cereal Chemists, U.S.A. 38 (1): 53-61.
4. Brown, Frederick N.. 1993. «THE PROMISE OF HIGH-LYSINE CORN». *Saturday Evening Post*. 265 (2): 64-77.
5. CIMMYT-PURDUE. *MAÍZ DE ALTA CALIDAD PROTEÍNICA*. 1981. Editorial Limusa, S.A. México D.F. 569 págs.
6. D.M. Barrett, *et al.* 2000. «Blanch time and cultivar effects on Quality of frozen and stored corn and broccoli». *Journal of food science*. 65 (3): 53-59.
7. Echeverria Falla, Julia. 1997. «Caracterización de las bebidas tradicionales de Guatemala a base de cereales y su mejoramiento en calidad nutricional». Tesis Universidad del Valle de Guatemala. 54 págs.
8. Espinosa, *et al.* 2002. *Agronomía mesoamericana. Indicadores Económicos para la producción y uso de semilla mejorada de maíz de calidad proteínica (QPM) en México*. 251 págs.
9. Graham, George G.; Lembcke, Jorge; Morales, Enrique. 1990. «Quality-Protein Maize as the Sole Source of Dietary Protein and Fat for Rapidly Growing Young Children». *Pediatrics*, U.S.A. 85 (1): 85-92.
10. Larios Ramírez, José Miguel. 1997. «Producción de atole de maíz a partir de granos de maíz sazón». Tesis Universidad Del Valle de Guatemala. 51 págs.
11. Locatelli, Franca; Manzocchi, Lucia A.; Viotti, Angelo; Genga, Annamaria. 2001. «The nitrogen-induced recovery of α -zein gene expression in in vitro cultured opaque2 maize endosperms depends on the genetic background. *Physiologia Plantarum*». 112 (3): 414-420.

12. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. 1993. *EL MAIZ en la nutrición humana*. Roma. 171 págs.
13. Ortega, Enrique 1, *et al.* 1991. «Changes in Dry Matter and Protein Fractions During Kernel Development of Quality Protein Maize». *Cereal Chemistry* 68 (5):482-486.
14. Paulis, J.W., *et al.* 1991. «Identification of Modified High-Lysine Maize Genotypes by Reversed-Phase High-Performance Liquid Chromatography». *Cereal Chem.* 68(4):361-365.
15. Salas-Salvadó, Jordi. 2002. *Nutrición y dietética clínica*. MASSON, SA. España. 603 págs.
16. Wang, Y. *et al.* 1992. «Thermal and Gelling Properties of Maize Mutants from the OH43 Inbred Line». *Cereal Chemistry* 69(3):328-334.

XII. ANEXOS HUMEDADES

Tabla No 1
Humedades de las harinas de maíz de la semilla

Muestra	% Humedad	% Promedio	Desviación
HSQ-01 semilla	8.51	8.52	0.02
	8.54		
HSQ-03 semilla	8.52	8.65	0.17
	8.77		
HS - 19 semilla	9.07	9.07	0.01
	9.08		

Tabla No 2
Humedades de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la primera etapa de la cosecha

Muestra	% Humedad	% Promedio	Desviación
HSQ-1 No 1	5.60	5.74	0.19
	5.88		
HSQ-3 No1	6.18	6.04	0.20
	5.90		
HS-19 No 1	6.30	6.70	0.56
	7.10		

Tabla No3
Humedades de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la segunda etapa de la cosecha

Muestra	% Humedad	% Promedio	Desviación
HSQ-1 No 2	9.84	9.63	0.30
	9.42		
HSQ-3 No 2	8.69	8.71	0.02
	8.72		
HS-19 No 2	7.78	7.46	0.45
	7.13		

Tabla No 4
 Humedades de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la tercera etapa de la cosecha

Muestra	% Humedad	% Promedio	Desviación
HS-19 inactivado No 3	9.85	10.00	0.21
	10.15		
HSQ-03 inactivado No 3	6.36	6.48	0.17
	6.60		
HSQ-01 inactivado No 3	6.64	6.60	0.06
	6.56		

Tabla No 5
 Humedades de las harinas de maíz con proceso de cocimiento en la tercera etapa de la cosecha

Muestra	% Humedad	% Promedio	Desviación
HS-19 cocido No 3	1.90	1.78	0.18
	1.65		
HSQ-03 cocido No 3	1.07	0.99	0.11
	0.91		
HSQ-01 cocido No 3	3.30	3.31	0.02
	3.33		

Tabla No 6
 Humedades de las harinas de maíz en la última etapa de la cosecha

Muestra	% Humedad	% Promedio	Desviación
HSQ-1 final	10.78	10.40	0.53
	10.03		
HSQ-3 final	10.03	10.11	0.11
	10.19		
HS-19 final	8.16	8.05	0.16
	7.93		

PROTEÍNA

Tabla No 7

Proteínas de las harinas de maíz de la semilla

Muestra	% Proteína	% Promedio	Desviación	% Proteína base seca
HSQ-01 semilla	10.54	10.42	0.16	11.39
	10.31			
HSQ-03 semilla	8.91	9.10	0.27	9.96
	9.29			
HS - 19 semilla	10.74	10.95	0.30	12.04
	11.16			

Tabla No 8

Proteínas de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la primera etapa de la cosecha

Muestra	% Proteína	% Promedio	Desviación	% Proteína base seca
HSQ-1 No 1	16.11	16.28	0.23	17.27
	16.44			
HSQ-3 No 1	16.23	16.16	0.11	17.19
	16.08			
HS-19 No1	15.16	15.24	0.12	16.23
	15.33			

Tabla No 9

Proteínas de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la segunda etapa de la cosecha

Muestra	% Proteína	% Promedio	Desviación	% Proteína base seca
HSQ-1 No 2	13.45	13.12	0.47	14.52
	12.78			
HSQ-3 No 2	11.63	12.05	0.59	13.20
	12.47			
HS-19 No2	14.57	14.57	0.004	15.75
	14.58			

Tabla No 10
 Proteínas de las harinas de maíz con proceso de inactivación de enzimas en la tercera etapa de la cosecha

Muestra	% Proteína	% Promedio	Desviación	% Proteína base seca
HSQ-01 inactivado No 3	9.28	8.89	0.55	9.88
	8.50			
HSQ-03 inactivado No 3	9.96	9.62	0.48	10.29
	9.28			
HS-19 inactivado No 3	9.34	9.47	0.17	10.14
	9.59			

Tabla No 11
 Proteínas de las harinas de maíz con proceso de cocimiento en la tercera etapa de la cosecha

Muestra	% Proteína	% Promedio	Desviación	% Proteína base seca
HSQ-1 cocido No 3	13.35	12.85	0.71	13.08
	12.34			
HSQ-3 cocido No 3	11.86	12.12	0.37	12.24
	12.38			
HS-19 cocido No 3	11.83	11.81	0.02	12.22
	11.79			

Tabla No 12
 Proteínas de las harinas de maíz en la última etapa de la cosecha

Muestra	% Proteína	% Promedio	Desviación	% Proteína base seca
HSQ-1 final	11.70	11.49	0.30	12.82
	11.28			
HSQ-3 final	11.75	11.58	0.24	12.88
	11.41			
HS-19 final	12.15	12.15	0.01	13.22
	12.16			

ANÁLISIS BIOLÓGICO

Tabla No 13

Proteína y Nitrógeno en las dietas

Muestra	% Proteína	% Nitrógeno	Media	Desv.std.
HSQ-01 inactivado 90 días Dieta 1	10.95 11.37	1.75 1.82	1.79	0.05
HSQ-1 cocido 90 días Dieta 2	11.83 12.05	1.89 1.93	1.91	0.02
HSQ-3 inactivado 90 días Dieta 3	10.88 10.88	1.74 1.74	1.74	0.00
HSQ-3 cocido 90 días Dieta 4	11.04 11.36	1.77 1.82	1.79	0.04
HS-19 inactivado 90 días Dieta 5	10.49 9.84	1.68 1.57	1.63	0.07
HS-19 cocido 90 días Dieta 6	10.93 11.43	1.75 1.83	1.79	0.06
HSQ-1 final Dieta 7	10.19 10.23	1.63 1.64	1.63	0.00
HSQ-3 final Dieta 8	10.03 10.12	1.60 1.62	1.61	0.01
HS-19 final Dieta 9	12.08 12.16	1.93 1.95	1.94	0.01
Caseína Dieta 10	10.53 10.15	1.68 1.62	1.65	0.04

Tabla No 14

Humedad de las heces

Dieta	No. De Rata	% humedad	Media	Desv.std.
Maíz HSQ-01 Dieta 1	R1	22.64	24.25	4.53
	R2	26.41		
	R3	18.78		
	R4	29.19		
Maíz HSQ-03 Dieta 2	R1	18.57	21.74	5.50
	R2	18.07		
	R3	20.50		
	R4	29.84		
Maíz ECB-6363 Dieta 3	R1	19.60	23.88	3.78
	R2	27.73		
	R3	21.89		
	R4	26.29		
Maíz HS-19 Dieta 4	R1	18.77	18.03	1.31
	R2	16.23		
	R3	19.19		
	R4	17.93		
Caseína Dieta 5	R1	15.06	19.20	4.83
	R2	22.86		
	R3	23.87		
	R4	15.00		
Caseína Dieta 6	R1	20.78	19.20	2.99
	R2	22.63		
	R3	16.77		
	R4	16.62		
Caseína Dieta 7	R1	20.55	16.39	2.85
	R2	14.47		
	R3	15.93		
	R4	14.63		
Caseína Dieta 8	R1	17.93	21.13	5.42
	R2	18.68		
	R3	29.24		
	R4	18.67		
Caseína Dieta 9	R1	15.15	15.96	1.93
	R2	16.66		
	R3	13.78		
	R4	18.26		
Caseína Dieta 10	R1	17.32	17.09	1.02
	R2	18.43		
	R3	16.18		
	R4	16.42		

Tabla No 15

PER

Dieta	No. Rata	Aumento de Peso (g)	Prom. (g)	Desv. Std.	Prot. ingerida	Prom. Prot Ingerida	Desv. Std	PER	Prom. PER	Desv. Std
HSQ-01 inactivado 90 días Dieta 1	R1	69	79.38	11.46	35.94	41.14	5.74	1.92	1.93	0.17
	R2	71			38.06			1.87		
	R3	73			40.07			1.82		
	R4	78			33.82			2.31		
	R5	87			44.98			1.93		
	R6	103			52.01			1.98		
	R7	83			43.59			1.90		
	R8	71			40.63			1.75		
HSQ-1 cocido 90 días Dieta 2	R1	87	84.50	11.84	43.82	40.22	4.50	1.99	2.10	0.13
	R2	70			36.06			1.94		
	R3	80			35.70			2.24		
	R4	84			41.07			2.05		
	R5	97			42.62			2.28		
	R6	105			48.23			2.18		
	R7	81			37.85			2.14		
	R8	72			36.41			1.98		
HSQ-3 inactivado 90 días Dieta 3	R1	89	89.38	7.21	42.88	44.78	3.32	2.08	2.00	0.11
	R2	84			40.92			2.05		
	R3	82			40.60			2.02		
	R4	84			43.32			1.94		
	R5	84			45.98			1.83		
	R6	101			47.34			2.13		
	R7	93			49.52			1.88		
	R8	98			47.67			2.06		

PER

Dieta	No. Rata	Aumento de Peso (g)	Prom. (g)	Desv. Std.	Prot. ingerida	Prom. Prot Ingerida	Desv. Std	PER	Prom. PER	Desv. Std
HSQ-3 cocido 90 días Dieta 4	R1	98	84.00	9.43	41.77	38.61	4.12	2.35	2.18	0.17
	R2	80			36.62			2.18		
	R3	94			41.55			2.26		
	R4	78			31.58			2.47		
	R5	80			39.92			2.00		
	R6	79			39.08			2.02		
	R7	92			43.90			2.10		
	R8	71			34.49			2.06		
HS-19 inactivado 90 días Dieta 5	R1	32	45.25	13.88	25.12	30.06	7.70	1.27	1.49	0.11
	R2	32			22.57			1.42		
	R3	47			30.40			1.55		
	R4	32			21.25			1.51		
	R5	52			35.08			1.48		
	R6	68			42.91			1.58		
	R7	60			37.11			1.62		
	R8	39			26.03			1.50		
HS-19 cocido 90 días Dieta 6	R1	49	41.38	7.41	32.09	28.15	4.36	1.53	1.47	0.15
	R2	36			25.83			1.39		
	R3	52			30.24			1.72		
	R4	41			24.60			1.67		
	R5	28			19.90			1.41		
	R6	43			30.19			1.42		
	R7	40			29.74			1.34		
	R8	42			32.65			1.29		

PER

Dieta	No. Rata	Aumento de Peso (g)	Prom. (g)	Desv. Std.	Prot. ingerida	Prom. Prot Ingerida	Desv. Std	PER	Prom. PER	Desv. Std
HSQ-1 final Dieta 7	R1	70	88.00	12.38	36.77	41.37	3.99	1.90	2.12	0.16
	R2	71			35.03			2.03		
	R3	92			39.63			2.32		
	R4	93			41.62			2.23		
	R5	108			46.37			2.33		
	R6	92			44.22			2.08		
	R7	89			44.94			1.98		
	R8	89			42.38			2.10		
HSQ-3 final Dieta 8	R1	94	92.50	7.19	43.82	41.78	3.78	2.14	2.22	0.16
	R2	99			41.81			2.37		
	R3	95			40.30			2.36		
	R4	85			35.26			2.41		
	R5	88			39.44			2.23		
	R6	81			41.61			1.95		
	R7	96			43.72			2.20		
	R8	102			48.26			2.11		
HS-19 final Dieta 9	R1	36	44.38	6.70	35.04	37.30	3.78	1.03	1.19	0.08
	R2	50			39.89			1.25		
	R3	36			30.31			1.19		
	R4	43			36.37			1.18		
	R5	48			38.80			1.24		
	R6	41			36.37			1.13		
	R7	55			43.16			1.27		
	R8	46			38.43			1.20		

PER

Dieta	No. Rata	Aumento de Peso (g)	Prom. (g)	Desv. Std.	Prot. ingerida	Prom. Prot Ingerida	Desv. Std	PER	Prom. PER	Desv. Std
Caseína Dieta 10	R1	152	126.38	20.23	43.21	39.09	2.93	3.52	3.22	0.34
	R2	134			37.83			3.54		
	R3	148			41.24			3.59		
	R4	144			41.76			3.45		
	R5	112			40.42			2.77		
	R6	110			36.39			3.02		
	R7	102			35.35			2.89		
	R8	109			36.49			2.99		

Tabla No 16
DIGESTIBILIDAD

Dieta	Rata	Nitrógeno fecal/ 100g de heces	Media/rata	Recolección heces tot.(g)	Alimento ingerido (g)	% Nitrógeno	Nitrógeno ingerido (g)	Dig. Aparente	Media Dig.	Desv. Std.
						Dieta				
HSQ-01 inactivado 90 días Dieta 1	1	3.64	3.63	8.8002	75	1.79	134	76.18	77.39	0.87
		3.61								
	2	3.08	3.11	9.8179	78		139	78.11		
		3.13								
	3	3.25	3.20	10.3836	82		146	77.33		
3.14										
4	3.25	3.36	8.3335	71	127	77.93				
3.47										
HSQ-1 cocido 90 días Dieta 2	1	3.33	3.25	10.0643	82	1.91	157	79.11	76.42	2.38
		3.17								
	2	4.43	4.26	8.1519	70		134	74.03		
		4.09								
	3	3.82	3.79	8.0869	72		138	77.69		
3.77										
4	3.87	3.90	9.7256	79	151	74.86				
3.94										
HSQ-3 inactivado 90 días Dieta 3	1	3.13	3.03	11.6709	91	1.74	158	77.68	77.80	3.05
		2.93								
	2	1.86	2.46	11.2862	87		151	81.64		
		3.07								
	3	3.19	3.18	13.0168	92		160	74.19		
3.16										
4	2.66	2.68	14.9402	103	179	77.67				
2.70										

DIGESTIBILIDAD

Dieta	Rata	Nitrógeno fecal/ 100g de heces	Media/rata	Recolección heces tot.(g)	Alimento ingerido (g)	% Nitrógeno Dieta	Nitrógeno ingerido (g)	Dig. Aparente	Media Dig.	Desv. Std.
HSQ-3 cocido 90 días Dieta 4	1	3.17	3.11	9.4417	84	1.79	151	80.51	78.44	2.05
	2	3.04								
	3	3.11	3.03	9.1976	76		136	79.51		
		3.20	3.21	9.9954	81		145	77.91		
		3.22		7.1083	56		100	75.82		
4	3.48	3.41								
HS-19 inactivado 90 días Dieta 5	1	3.06	2.99	5.5686	53	1.63	86	80.67	79.96	1.09
	2	2.93								
	3	2.20	2.27	7.3526	52		85	80.31		
		3.13	3.12	7.0024	69		112	80.52		
		3.11		5.7206	50		81	78.34		
4	3.08	3.08								
HS-19 cocido 90 días Dieta 6	5	2.92	2.72	8.9715	61	1.79	109	77.60	74.82	4.65
	6	2.52								
	7	3.44	3.49	7.6967	47		84	68.05		
		3.47	3.28	7.6476	64		114	78.12		
		3.08		6.6256	44		79	75.52		
8	2.89	2.91								
		2.92								

DIGESTIBILIDAD

Dieta	Rata	Nitrógeno fecal/ 100g de heces	Media/rata	Recolección heces tot.(g)	Alimento ingerido (g)	% Nitrógeno	Nitrógeno ingerido (g)	Dig. Aparente	Media Dig.	Desv. Std.
						Dieta				
HSQ-1 final Dieta 7	9	2.35	2.43	10.0981	87	1.63	142	82.74	85.55	1.88
		2.51								
	10	2.28	2.25	7.8780	79		129	86.26		
		2.23								
	11	2.16	2.26	10.1443	104		170	86.52		
		2.36								
12	2.40	2.30	9.6228	102	167	86.70				
	2.21									
HSQ-3 final Dieta 8	13	2.16	2.12	12.4264	106	1.61	171	84.61	85.60	0.71
		2.07								
	14	2.14	2.12	10.2641	94		152	85.63		
		2.10								
	15	2.05	2.11	11.4370	109		176	86.28		
		2.16								
16	2.10	2.10	8.5511	79	127	85.89				
	2.11									
HS-19 final Dieta 9	17	2.40	2.44	7.4521	65	1.94	126	85.59	87.01	2.32
		2.48								
	18	2.10	2.04	7.9069	79		153	89.47		
		1.98								
	19	2.34	2.31	5.8328	60		116	88.42		
		2.28								
20	2.36	2.44	8.3667	68	132	84.55				
	2.51									

DIGESTIBILIDAD

Dieta	Rata	Nitrógeno fecal/ 100g de heces	Media/rata	Recolección	Alimento ingerido (g)	%	Nitrógeno ingerido (g)	Dig. Aparente	Media Dig.	Desv. Std.
				heces tot.(g)		Nitrógeno Dieta				
Caseína Dieta 10	21	5.65	5.63	3.4667	93	1.65	154	87.30	88.36	0.82
		5.62								
	22	5.32	5.25	2.4678	73		121	89.26		
		5.19								
	23	5.35	5.21	2.4200	65		108	88.28		
		5.07								
	24	5.62	5.68	2.6233	79		131	88.61		
		5.73								

**ANÁLISIS ANOVA PARA EL PORCENTAJE DE PROTEÍNA (BASE SECA)
ENTRE LAS MUESTRAS EN CADA UNA DE LA ETAPAS DE LA COSECHA.**

Anova: Single Factor

Semilla

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
HSQ-1	2	22.78837	11.39418	0.031929
HSQ-3	2	19.92446	9.962231	0.089196
HS-19	2	24.08801	12.04401	0.110497

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	4.537698	2	2.268849	29.38634	0.010703	9.552094
Within Groups	0.231623	3	0.077208			
Total	4.769321	5				

$F > F_{crit}$

se rechaza H_0

por lo que no todas las medias de población son iguales

Anova: Single Factor

Etapas No 1

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
HSQ-1	2	34.53543	17.26771	0.060843393
HSQ-3	2	34.39104	17.19552	0.014060925
HS-19	2	32.45324	16.22662	0.016150582

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1.351897	2	0.675948	22.27057545	0.015852	9.552094
Within Groups	0.091055	3	0.030352			
Total	1.442952	5				

$F > F_{crit}$

se rechaza H_0

por lo que no todas las medias de población son iguales

Anova: Single Factor

Etapa No 2

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
HSQ-1	2	29.03331	14.51666	0.271542644
HSQ-3	2	26.40019	13.20009	0.415468125
HS-19	2	31.50111	15.75055	1.96182E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	6.507125	2	3.253562	14.20706732	0.029512	9.552094
Within Groups	0.68703	3	0.22901			
Total	7.194155	5				

$F > F_{crit}$

se rechaza H_0

por lo que no todas las medias de población son iguales

Anova: Single Factor

Etapa No 3 inactivado

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
HSQ-1	2	19.75767	9.878837	0.378343
HSQ-3	2	20.57394	10.28697	0.266908
HS-19	2	20.27646	10.13823	0.035219

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.170653	2	0.085327	0.376181	0.714866	9.552094
Within Groups	0.68047	3	0.226823			
Total	0.851123	5				

$F < F_{crit}$

No se puede rechazar H_0

Por lo que las media poblacional para todas las muestras es la misma

Anova: Single Factor

Etapa No 3 cocido

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
HSQ-1	2	26.15654	13.07827	0.530193
HSQ-3	2	24.485	12.2425	0.141459
HS-19	2	24.43326	12.21663	0.000583

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.961074	2	0.480537	2.144503	0.264046	9.552094
Within Groups	0.672235	3	0.224078			
Total	1.633309	5				

F<Fcrit

No se puede rechazar Ho

Por lo que las media poblacional para todas las muestras es la misma

Anova: Single Factor

Etapa Final

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
HSQ-1	2	25.64115	12.82058	0.11046
HSQ-3	2	25.76259	12.8813	0.070363
HS-19	2	26.43833	13.21916	5.53E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.184477	2	0.092238	1.529842	0.348343	9.552094
Within Groups	0.180878	3	0.060293			
Total	0.365355	5				

F<Fcrit

No se puede rechazar Ho

Por lo que las media poblacional para todas las muestras es la misma