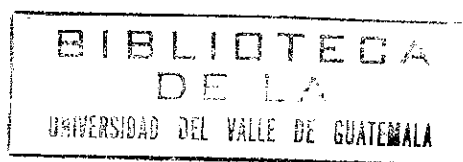


**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ciencias y Humanidades



**Fortificación con hierro de una galleta nutritiva, evaluación  
de su valor nutricional y aceptabilidad en mujeres  
embarazadas**



Trabajo de Investigación presentado para optar  
al grado académico de Licenciado en Nutrición

**MARÍA FERNANDA CARRILLO MELÉNDEZ**

Guatemala, octubre de 2003

**Fortificación con hierro de una galleta nutritiva ,  
evaluación de su valor nutricional y aceptabilidad en  
mujeres embarazadas**

## **Dedicatoria**

**A Dios:**

Por su inmenso amor y porque siempre ha estado a mi lado

**A mis padres:**

Por darme su amor y fortaleza en todos los momentos de mi vida, ya que sin su apoyo esta tesis no habría sido una realidad.

**A mi hermano:**

Porque con su ejemplo me inspiró a ser mejor cada día.

**A mis familiares y amigos:**

Que me brindaron su apoyo.

### **AGRADECIMIENTO:**

**Dr. Ricardo Bressani:**

Que con su apoyo y experiencia hizo que este trabajo fuera posible y se realizara con éxito.

**Licda. Lucía Castellanos de Rodríguez:**

Por su valiosa colaboración en la realización de esta tesis.

# INDICE

	Página
LISTA DE CUADROS .....	i
LISTA DE GRÁFICAS .....	ii
Capítulos	
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
II. SITUACIÓN ALIMENTARIO-NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA .....	3
III. HIERRO .....	14
IV. FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS .....	29
V. ANÁLISIS SENSORIAL .....	37
VI. JUSTIFICACIÓN .....	39
VII. OBJETIVOS .....	40
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS .....	41
IX. CRONOGRAMA .....	51
X. RESULTADOS .....	52
XI. DISCUSIÓN .....	61
XII. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES .....	63
XIII. BIBLIOGRAFÍA .....	64
XIV. APÉNDICES .....	66

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Recomendaciones dietéticas diarias de hierro para niños .....	23
2. Recomendaciones dietéticas diarias de hierro para adultos .....	24
3. Contenido de hierro en ciertos alimentos .....	25
4. Características químicas, biológicas y cantidades de hierro utilizadas en la fortificación de un alimento .....	32
5. Valor nutritivo de la galleta escolar .....	36
6. Materia prima de la galleta formulada .....	41
7. Orden de presentación de las muestras .....	49
8. Resultados de la composición química de las muestras .....	53
9. Valor nutritivo por porción .....	53
10. Resultados del contenido de hierro total en 100g de muestra ....	55
11. Porcentaje de hierro disponible en la masa y en la galleta .....	55
12. Contenido de vitamina C en 100g de muestra .....	56
13. Clasificación de la población del Hospital General San Juan de Dios y Hospital Roosevelt según edad .....	57
14. Resultados de la prueba hedónica en el Hospital General San Juan de Dios y Hospital Roosevelt .....	58
15. Resultados de la prueba de preferencia .....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráficos	Página
1. Tendencia de los indicadores nutricionales en menores de 5 años en Guatemala .....	3
2. Tendencia del indicador T/E en 1987,1995 y1998/99 según Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil .....	4
3. Tendencia del indicador peso/edad .....	5
4. Tendencia del indicador peso/talla .....	5
5. Prevalencia de niveles bajos de retinol en plasma en niños y niñas de 1 a 5 años de edad .....	7
6. Prevalencia de niveles bajos de retinol en plasma en niños y niñas de 1 a 5 años de edad por región en Guatemala .....	7
7. Prevalencia de niveles bajos de retinol en plasma en niños y niñas de 1 a 5 años de edad por lugar de residencia .....	8
8. Prevalencia de anemia en niños y niñas de 1 a 5 años, por edad ..	9
9. Prevalencia de anemia en niños y niñas de 1 a 5 años de edad por regiones .....	10
10. Prevalencia de anemia en niños y niñas de 1 a 5 años de edad por lugar de residencia .....	10
11. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años por grupos de edad .....	11
12. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años por región.....	11
13. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años por lugar de residencia .....	12

## RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se fortificó una galleta nutritiva con hierro y vitamina C. Esta galleta fue elaborada a base de harina de arroz, harina de soya, avena, pepitoria semilla de marañón y mantequilla.

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas. En la primera etapa se hizo un análisis químico proximal del producto para conocer el contenido de macro y micronutrientes. El valor nutricional de una galleta de 33g fue : 0.1g humedad , 0.5g cenizas , 6.58g grasa , 3.39g de proteína, 23g de carbohidratos, 3.45% de fibra dietética aportando un total de 165 kcal.

Se procedió a la etapa de fortificación agregando hierro reducido y vitamina C con el fin de mejorar la absorción del mismo. Se realizaron análisis de hierro total, determinación de vitamina C y se evaluó la biodisponibilidad del hierro in vitro. Los resultados mostraron que una galleta aporta 4.7mg de hierro de los cuales 1.81mg son biodisponibles y 21 mg de vitamina C.

La segunda etapa de la investigación consistió en una evaluación sensorial del producto fortificado y no fortificado. Se trabajó inicialmente con un grupo focal, para mejorar el producto previo a ser evaluada por las madres embarazadas. Esta galleta nutritiva está dirigida a madres embarazadas por lo que se realizaron pruebas de aceptación y preferencia. Se determinó que no existió diferencia significativa en cuanto a sabor, olor y apariencia de ambas galletas. Esto indicó que las madres embarazadas no tuvieron preferencia por una galleta en particular.

# I. INTRODUCCIÓN

En países como Guatemala, la deficiencia de vitaminas y minerales afectan especialmente a madres y niños en áreas rurales y marginales, ya que el consumo de alimentos ricos en estos nutrientes es insuficiente, además de que el síndrome de mala absorción y las infecciones recurrentes son muy comunes.

La fortificación de alimentos de consumo habitual y la suplementación de nutrientes deficitarios en la alimentación previenen la malnutrición de micronutrientes.

Guatemala como muchos otros países del mundo con escasos recursos económicos, sufre los problemas de no contar con alimentos nutricionalmente balanceados al alcance de la población más vulnerable, tanto en términos de cantidad como de calidad nutricional. En respuesta a esta necesidad, el presente trabajo de investigación tiene como propósito presentar una opción alimentaria para la población que se ve afectada por la deficiencia de hierro.

La galleta nutritiva que se desarrollará, será elaborada con ingredientes disponibles en el país, además proporcionará una buena fuente de proteína, calorías y hierro. El contenido de hierro de la galleta nutritiva cubrirá las recomendaciones dietéticas diarias de madres embarazadas, ya que 100g aportarán 15mg de hierro. El tipo de hierro que se utilizará para la fortificación es el hierro reducido. Se decidió utilizar este tipo de hierro ya que se conoce que éste no altera las características organolépticas de un producto. Además para aumentar la absorción del mismo se le adicionará ácido ascórbico.

Se realizará análisis químico proximal para determinar las características químicas de la galleta nutritiva, se analizará también la biodisponibilidad del hierro in vitro y por último se evaluará el efecto del ácido ascórbico sobre el contenido del hierro biodisponible en el alimento.

La galleta nutritiva ya fortificada con hierro será sometida a una evaluación sensorial, donde se determinará la aceptabilidad por medio de un panel no entrenado que estará formado por mujeres embarazadas que asisten a la consulta externa de los hospitales públicos como : Hospital Roosevelt y Hospital General San Juan de Dios.

# I. SITUACIÓN ALIMENTARIO-NUTRICIONAL DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA

## A. Situación nutricional del grupo infantil

Dentro de los principales problemas nutricionales que padece la población guatemalteca se encuentran la desnutrición proteico-calórica, causada principalmente por la baja ingestión de alimentos ricos en proteína y energía; la deficiencia de vitamina A debido a una ingestión deficiente de alimentos fuente de este nutriente, las anemias nutricionales debido a la falta de consumo de alimentos fuente de hierro y el bocio, debida a la falta de ingestión de yodo, considerándose como más vulnerables a la desnutrición los niños preescolares y escolares, adolescentes y mujeres en edad fértil.

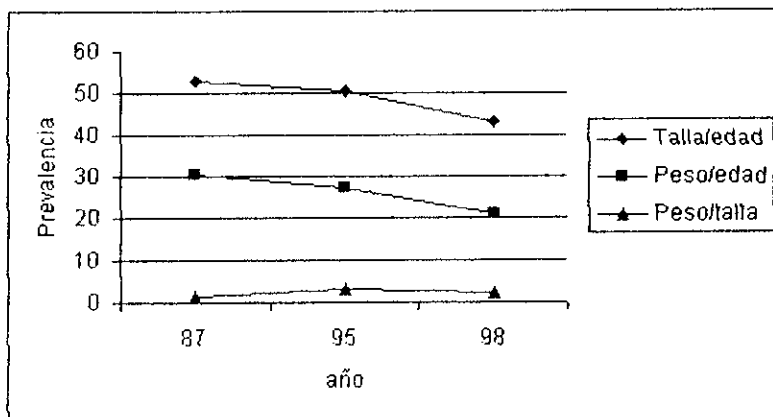
La tendencia de la desnutrición infantil en Guatemala ha mostrado cambios en el tiempo. El retardo en el crecimiento es un indicador nutricional que demuestra la historia nutricional de los niños y refleja las condiciones socioeconómicas del entorno. Para Guatemala, el indicador talla para la edad ha ido disminuyendo de una prevalencia de 52% en 1987 hasta 43% en 1998/99, lo que demuestra una leve mejoría (Avendaño, 2002: 120)

De manera similar, el indicador de peso para edad en niños menores de 5 años ha disminuido, en 1987 se encontraba en 30% y para 1999 alcanzó una reducción del 10%. Sin embargo, la prevalencia de peso para la edad se encuentra en una categoría muy alta. Por otra parte, la tendencia del indicador peso para la talla se ha mantenido constante, todavía dentro de la prevalencia esperada del 10% de acuerdo con la OMS (Avendaño, 2002: 120).

Esto implica que el número de casos de desnutrición en menores de 5 años ha ido disminuyendo con el tiempo. Se ha observado una mejoría en el estado nutricional de este grupo de población

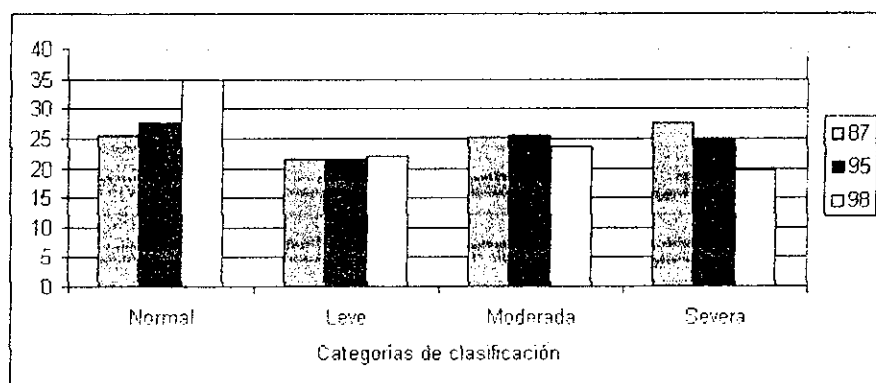
La gráfica número 1 muestra la tendencia de los indicadores nutricionales en menores de 5 años en Guatemala.

Gráfica 1. Tendencia de los indicadores nutricionales en menores de 5 años en Guatemala (Avendaño, 2002: 120)



Al comparar las Encuestas Nacional de Salud Materno Infantil de 1987, 1995 y 1998/99 se encontró que ha existido un incremento de retardo en talla en un 27%, como ha sucedido en países industrializados, donde las condiciones socioeconómicas son mejores y las enfermedades carenciales son escasas. Mientras que el problema de retardo en crecimiento de tipo moderado y severo siguen presentándose elevados, ya que el retardo en talla moderado presenta el 56% del total de casos y la categoría de severo presenta el 44% de los niños con ésta condición. Mientras que la categoría considerada como leve o riesgo de retardo en el crecimiento ha permanecido constante en el tiempo (Avendaño, 2002: 120)

Gráfica 2. Tendencia del indicador talla/edad en 1987, 1995 y 1998/99 según Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil (Avendaño, 2002: 120)



Al analizar el indicador de peso para la edad se hace evidente que el sobrepeso en relación con la edad tiende a aumentar, situación que se ha presentado en Latinoamérica, considerándose un nuevo problema en la población infantil. Este problema es consecuencia de la disminución del ejercicio y la actividad física, y los hábitos y patrones alimentarios de este grupo etáreo (Avendaño, 2002: 120)

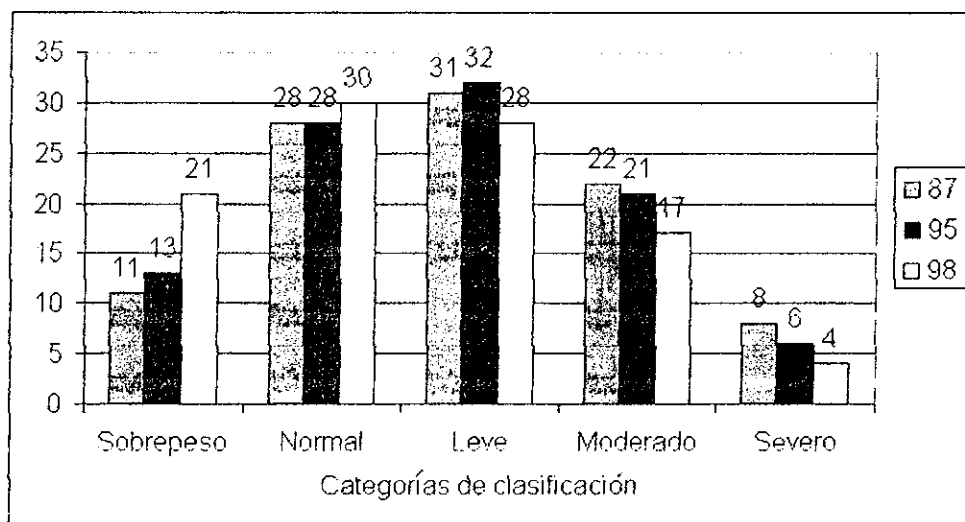
En cuanto a las características demográficas del indicador de talla para la edad, se encontró mayor riesgo de retardo en talla en los siguientes departamentos: Totonicapán, Quiché, Jalapa, Huehuetenango y Alta Verapaz, entre otros (Avendaño, 2002: 120)

En 1987 el retardo en talla se concentraba más en la región Central y Suroriental, mientras que en 1998/99 aumentó la prevalencia de retardo en talla en la región Norte, Nor-occidental y Sur-occidental, con una marcada disminución en la región Central y Metropolitana. La región Noroccidental tuvo el mayor riesgo de desnutrición en las tres encuestas, mientras que la región Metropolitana mostró cierta tendencia al disminuir la prevalencia de retardo en talla (Avendaño, 2002: 120).

Al comparar la tendencia del retardo en talla en el área urbana y rural con otras regiones de Latinoamérica, a partir de la década de 1990 en Guatemala ha habido un aumento en la prevalencia de retardo en talla en niños menores de 5 años en el área rural, con una marcada disminución del retardo en talla en el área urbana (Avendaño, 2002: 120)

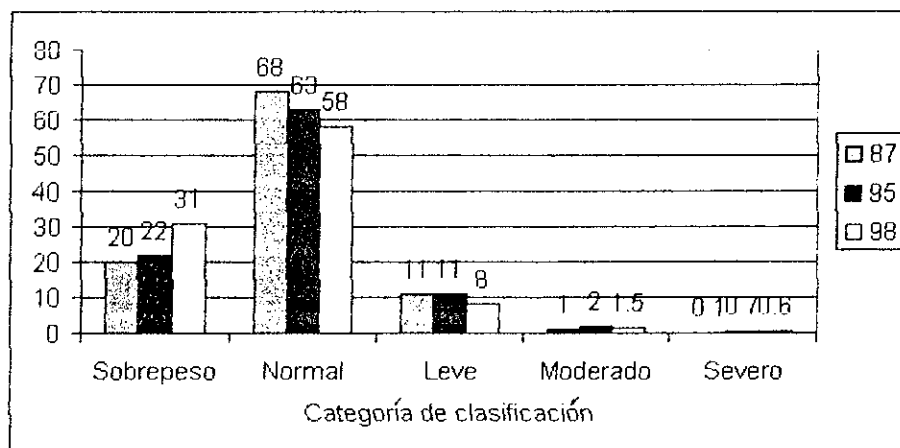
La mayor prevalencia de retardo ocurre a partir de los 12 meses, que coincide con prácticas de lactancia materna y alimentación inadecuadas. Este tipo de retardo fue más común entre las edades 18 y 24 meses (Avendaño, 2002: 120).

Gráfica 3. Tendencia del indicador peso/edad (Avendaño, 2002: 120)



El indicador peso para la talla evidencia el incremento de sobrepeso en menores de 5 años, el cual actualmente es de un 30%, por consiguiente ha disminuido el indicador bajo peso para la talla en su categoría leve, moderada y severa como se observa en la gráfica 4 (Avendaño, 2002: 120).

Gráfica 4. Tendencia del indicador peso/talla (Avendaño, 2002: 120)



## B. Situación nutricional de micronutrientes

El término "micronutrientes" se refiere a las vitaminas y los minerales que son indispensables para el ser humano, los cuales se necesitan en cantidades mínimas para los diferentes procesos bioquímicos y metabólicos del organismo. El cuerpo humano no puede sintetizar las vitaminas ni los minerales y, por tanto, se deben obtener de los alimentos y en circunstancias especiales mediante la suplementación de compuestos sintéticos. Estos

nutrientes son parte esencial de enzimas y proteínas que son vitales para el crecimiento físico y el desarrollo cognoscitivo, el mantenimiento fisiológico y la resistencia a la infección. Como los requerimientos diarios de vitaminas y minerales son relativamente pequeños (microgramos y miligramos), se les denomina "micronutrientes" (Daza, 2001:1)

Durante la etapa de rápido crecimiento en los primeros años de vida y en ciertas situaciones fisiológicas, la ingestión de micronutrientes se debe aumentar o de lo contrario pueden ocurrir retardos en el crecimiento y enfermedades carenciales. Durante estos períodos los síntomas de deficiencia son más notorios. Por esta razón, los niños y niñas en edad preescolar, los adolescentes y las mujeres en edad reproductiva, son grupos de alta prioridad para prevenir la malnutrición de micronutrientes (Daza, 2001:1)

En la actualidad se reconoce la importancia de las deficiencias de micronutrientes en la etiología de procesos infecciosos y en las enfermedades crónicas no transmisibles, pues son esenciales para mantener las defensas adecuadas contra las infecciones y para muchas otras funciones metabólicas y fisiológicas (Daza, 2001:1)

En Guatemala se ha encontrado que las principales deficiencias en la dieta de micronutrientes son de hierro, vitamina A y yodo, según la Encuesta Nacional de Micronutrientes de 1995. Para la evaluación de la situación nutricional de vitamina A, yodo y hierro, se estudió una población a nivel nacional con excepción de Petén, constituida por:

- Se encuestaron 1774 familias en 105 segmentos del país. De éstos 515 fueron del altiplano, 423 de la costa sur, 523 de departamento de Guatemala y 313 del nororiente.
- 1,574 niños preescolares comprendidos entre 12 a 59 meses de edad en quienes se midió retinol en el plasma y hemoglobina.
- 814 individuos (escolares y mujeres adultas) en quienes se midió la excreción de yodo en orina.
- 1,637 mujeres entre 15 y 44 años de edad, a quienes se determinó hemoglobina.
- 351 hogares en donde se efectuó: a) la estimación de la ingesta de equivalentes de retinol por fuentes naturales y por azúcar fortificada en el niño preescolar a quien se determinó retinol en el plasma, b) recolección de 304 muestras de azúcar para determinar vitamina A y c) recolección de 304 muestras de sal para determinación de yodo (González, 2000: 55)

A continuación se presentan los resultados encontrados en la Encuesta Nacional de Micronutrientes. Los resultados se enfocan en las principales deficiencias las cuales son: vitamina A, yodo y hierro.

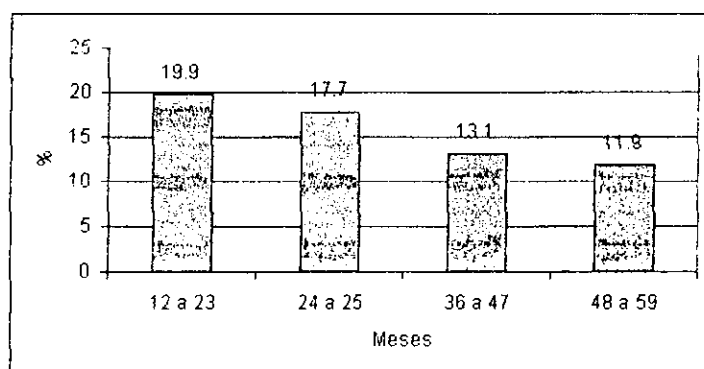
**1. Vitamina A.** La vitamina A está constituida por retinol, retinaldehído y ácido retinóico, que son esenciales para la visión, proliferación y diferenciación celular particularmente de epitelios, crecimiento y funciones del sistema inmunológico. El retinaldehído forma parte de los pigmentos visuales que absorben la luz, por lo que la deficiencia de vitamina A reduce la formación de rodopsina y produce ceguera nocturna, también puede producir xeroflamia (desde xerosis conjuntival hasta ceguera irreversible), hiperqueratosis, retraso en el crecimiento y mayor susceptibilidad a diversas infecciones (Elías, et al. 1996:51)

El estado nutricional de vitamina A se presenta como los niveles de retinol en plasma expresados en mcg/dl. El punto de corte para establecer deficiencia en un

individuo es aceptado internacionalmente en 20 mcg/dl. Según este criterio, de la población de niños de 1 a 5 años 15.8% tiene deficiencia de vitamina A, lo que significa que en este grupo la deficiencia es moderada (entre 2 y 10 es leve; entre 10 y 20 moderada; y más de 20%, la deficiencia es grave).

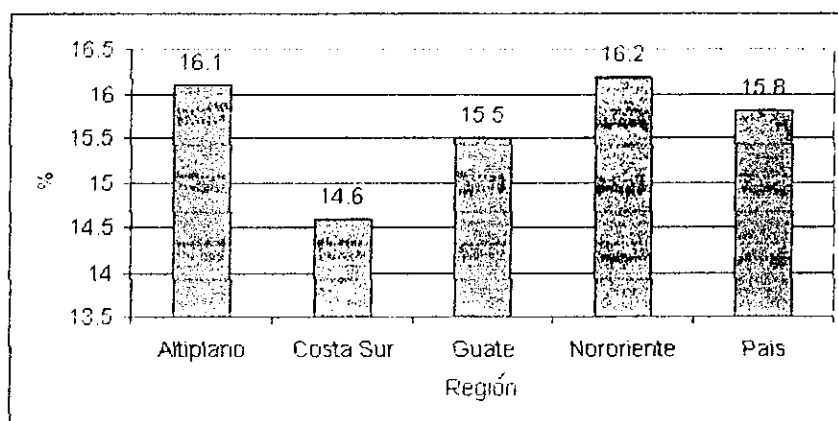
Los niños y niñas más pequeños tienen un estado nutricional más deficiente de vitamina A, y a medida que se incrementa la edad la situación mejora. La gráfica 1 muestra esta situación.

Gráfica 5. Prevalencia de niveles bajos de retinol en plasma en niños y niñas de 1 a 5 años de edad (Guatemala, 1995: 13)



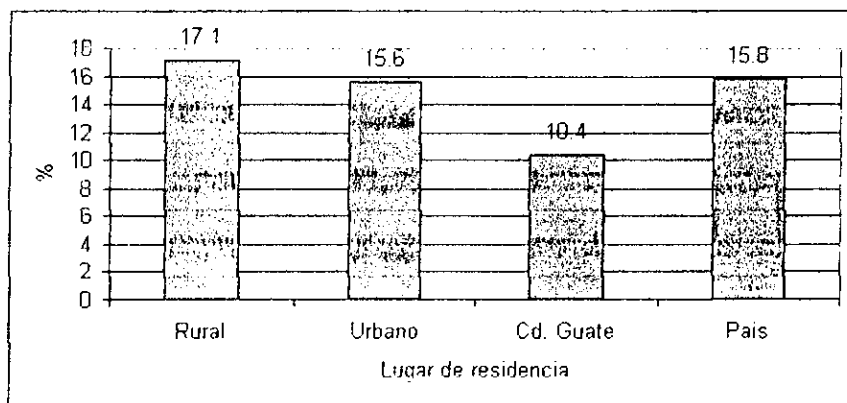
La deficiencia de retinol es más alta en las regiones del altiplano y nor-oriental del país con el 16.2%, la Costa Sur tuvo los resultados más bajos con 14.6%, mientras que el departamento de Guatemala tuvo un índice intermedio en relación a las dos anteriores de 15.5%. Ver gráfica 2 [1]

Gráfica 6. Prevalencia de niveles bajos de retinol en plasma de niños y niñas de 1 a 5 años de edad por región en Guatemala (Guatemala, 1995: 13)



De acuerdo con el lugar de residencia, existe mayor prevalencia de niveles de retinol por debajo de 20mcg/dl en los niños del área rural con 17.1%, intermedia en el área urbana con 15.6% y menor en los niños de la Ciudad de Guatemala con 10.4% (Guatemala, 1995: 13)

Gráfica 7. Prevalencia de niveles bajos de retinol en plasma de niños y niñas de 1 a 5 años de edad por lugar de residencia (Guatemala, 1995: 13)



La deficiencia de vitamina A en Guatemala es moderada y se presenta en niños de 1 a 5 años. En el área rural se observa una mayor prevalencia de esta deficiencia, en especial en las regiones del altiplano y nororiente, así como la Costa Sur.

La fortificación del azúcar con vitamina A es una excelente alternativa para combatir esta deficiencia.

2. Yodo. El yodo forma parte de las hormonas tiroideas, tiroxina y triyodotironina. Los requerimientos de este mineral son muy pequeños, ya que el yodo se secreta en el tubo digestivo es totalmente reabsorbido y la dieta sólo tiene que reponer lo poco que se excreta por la orina. Aún así la deficiencia es común en países donde no se fortifica algún vehículo alimentario (Elías, et al. 1996:51)

La deficiencia de yodo produce un aumento del tamaño de la glándula tiroides, que cuando afecta a una proporción grande de población es llamado bocio endémico. La deficiencia severa de yodo en mujeres embarazadas resulta en una deficiencia severa en sus hijos recién nacidos que, si no se trata pronto con yodo suplementado puede dar origen a cretinismo o trastornos serios en el crecimiento físico y desarrollo mental de los niños (Elías, et al. 1996:51)

La cantidad de yodo en la orina es un buen reflejo de la cantidad de yodo que se ingiere. Este indicador tiene valor a nivel poblacional más que individualmente y se acepta que cuando la mediana (valor que indica lo que se observa en 50% de los individuos), está por arriba de 10mcg/dl, la situación es adecuada (Guatemala, 1995: 13)

La encuesta nacional de micronutrientes encontró que la mediana de excreción de yodo de niños escolares y mujeres en edad fértil en el país fue 22.2mcg/dl, lo que indica una buena situación. Los valores más bajos correspondieron a la región del altiplano (16.2 mcg/dl) y los más altos a la costa sur (25.1 mcg/dl). El departamento de Guatemala y Nororiente tuvieron valores intermedios (24.6 y 24.1 mcg/dl , respectivamente) (Guatemala, 1995:15)

3. - Hierro. El hombre adulto contiene alrededor de 4g de hierro, del cual dos tercios forman parte de la hemoglobina cuya función primordial es el transporte de oxígeno. El hierro también forma parte de la mioglobina y citocromos, que están involucrados en el almacenamiento y utilización celular de oxígeno, así como de los diversos sistemas

enzimáticos. Normalmente, 20 -30% del mineral se encuentra almacenado en el hígado, bazo y médula ósea (Elías et al, 1996: 68)

La deficiencia de hierro es la causa principal de anemia nutricional en niños y adultos. Los grupos más vulnerables son los adolescentes de ambos sexos, las mujeres de edad reproductiva y las embarazadas (Elías, et al. 1996:51)

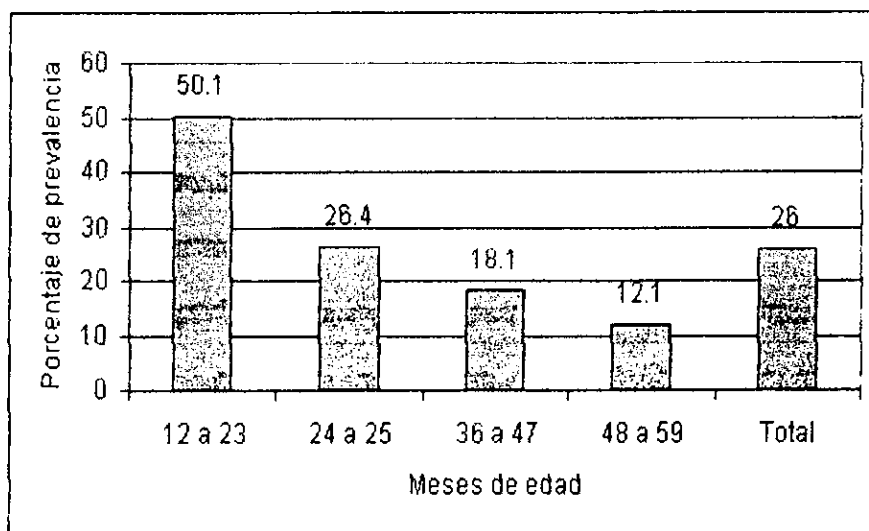
Se ha determinado que la deficiencia de hierro es el factor responsable del 90% de las anemias que se observan, tanto a nivel rural como urbano, esperando un agravamiento ya que la situación de ingreso real de las familias ha llevado cambios en el tipo de alimentación (González, 2000: 76)

La situación nutricional del hierro se estimó a través de la medición de hemoglobina, considerado como un indicador de anemia. Los resultados se presentan en relación a niños de 1 a 5 años, mujeres de 15 a 44 años y mujeres embarazadas (Guatemala,1995: 13)

La encuesta nacional de micronutrientes indicó que la prevalencia de anemia corregida por altitud fue 26% en los niños de 1 a 5 años . Se observó una prevalencia ligeramente mayor en el sexo masculino (26.45% )en relación con el sexo femenino (25.5%) (Guatemala,1995: 15)

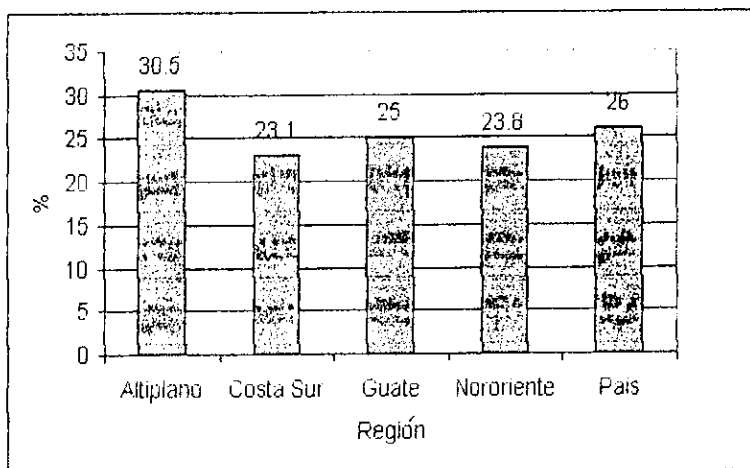
El análisis por edad muestra claras diferencias, la mitad de los niños más pequeños, es decir de 12 a 23 meses padecen anemia, la situación mejora a medida que aumenta la edad (Guatemala,1995: 15)

Gráfica 8. Prevalencia de anemia en niños y niñas de 1 a 5 años, por edad (Guatemala,1995: 15)



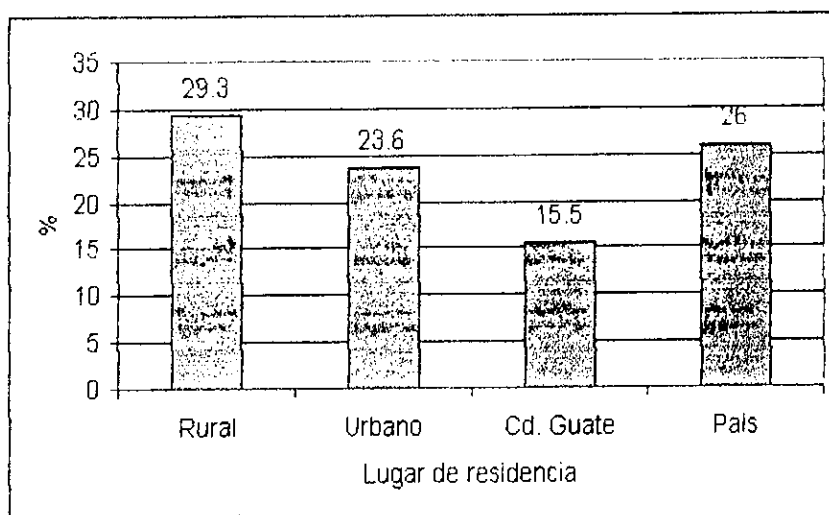
El altiplano es la región del país con mayor índice de niños afectados con anemia con una incidencia del 30.7%. Le sigue el departamento de Guatemala con el 25.1%. Nororiente y la costa sur tuvieron valores de 23.8 y 23.1%, respectivamente.

Gráfica 9. Prevalencia de anemia en niños y niñas de 1 a 5 años de edad por regiones (Guatemala, 1995: 15)



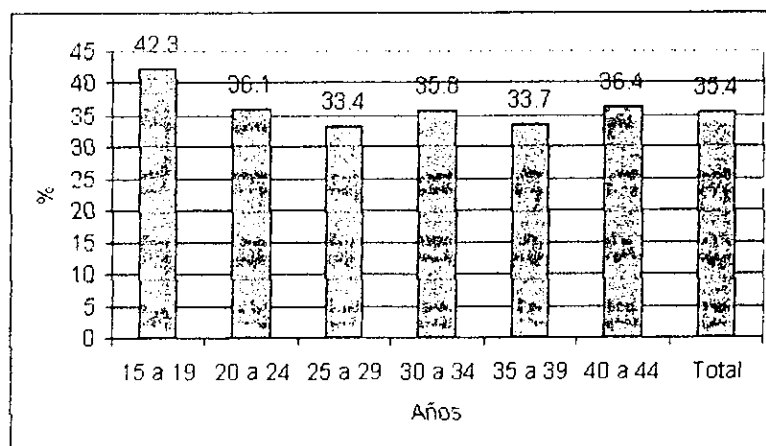
La población rural tiene 29.3% de prevalencia de anemia, cifra que representa casi el doble de lo encontrado en la ciudad de Guatemala (15.5%) en el área urbana, la prevalencia fue de 23.6% (Guatemala, 1995: 15)

Gráfica 10. Prevalencia de anemia en niños y niñas de 1 a 5 años de edad, por lugar de residencia (Guatemala, 1995: 15)



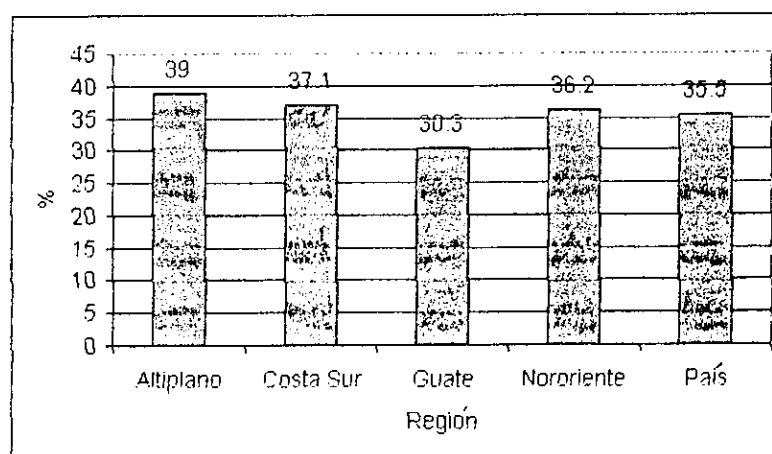
La prevalencia de anemia en la mujer en edad fértil, establecida de acuerdo con los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) como los valores por debajo de 12g/dl y corregidos por altitud y embarazo, fue 35.4%, observándose prevalencias más altas en el grupo de 15 a 19 años (Guatemala, 1995: 13)

Gráfica 11. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años por grupos (Guatemala, 1995: 15)



La prevalencia de anemia para mujeres entre 15 a 44 años fue mayor en la región del altiplano, arrojó un índice de 39.0 %, seguido de la costa sur con el 37.1%, nororiente 36.1% y el departamento de Guatemala 30.5%.

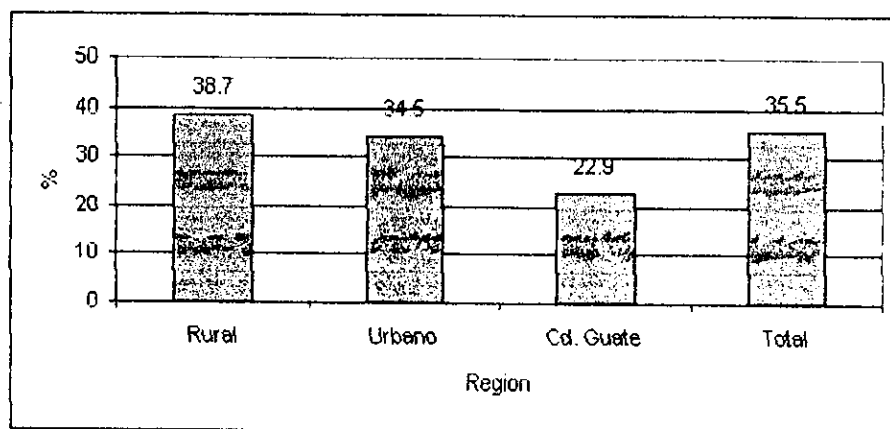
Gráfica 12. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años por región (Guatemala, 1995: 16)



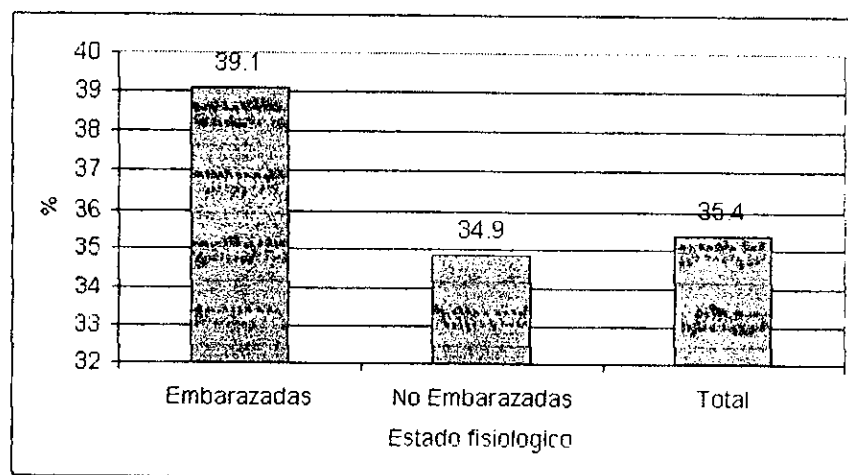
El análisis por lugar de residencia indica que en el área rural, 38.8% de las mujeres tenía anemia, en el área urbana 34.5% y en la Ciudad de Guatemala 23%. En las mujeres embarazadas la prevalencia de anemia fue de 39.1% y en las no embarazadas de 34.9%. (Guatemala, 1995: 16)

Es evidente que la anemia se presenta de igual manera en el área rural como en el área urbana, no observándose una diferencia significativa. Según el estado fisiológico embarazadas como no embarazadas presentan un porcentaje similar de padecer anemia. Lo cual implica que mujeres en edad fértil comprendidas entre los 15-44 años de edad se considera un grupo vulnerable a padecer anemia.

Gráfica 13. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años, por lugar de residencia (Guatemala, 1995: 16)



Gráfica 14. Prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años, embarazadas y no embarazadas (Guatemala, 1995: 16) \*

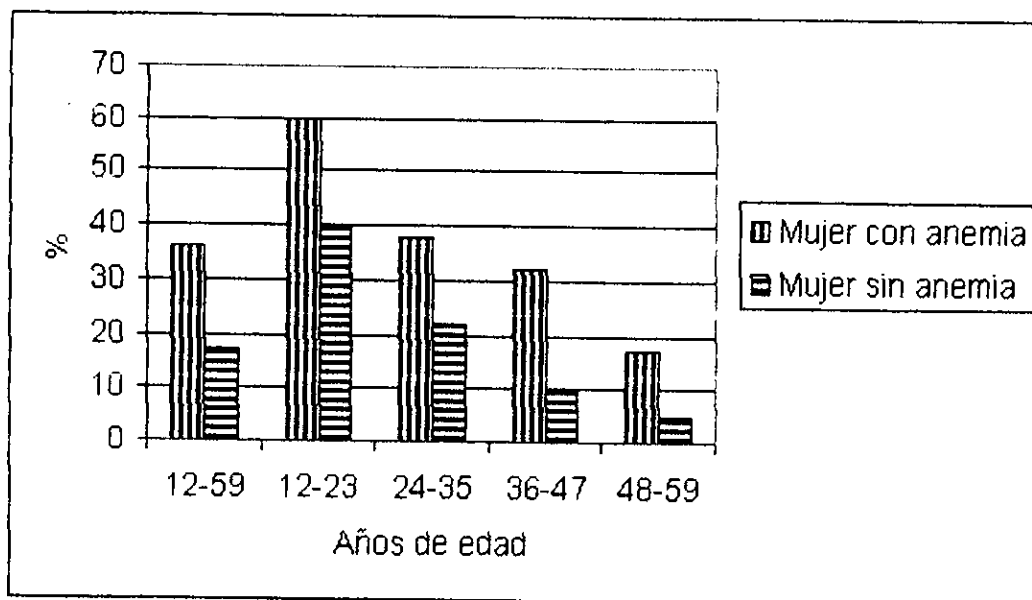


\*Hb <11g/dl en embarazadas y <12g/dl en no embarazadas corregida por altitud y embarazo.

La prevalencia de anemia en mujeres de 15 a 44 años y en niños y niñas de 1 a 5 años guardan relación, lo que corrobora la existencia de factores intrafamiliares que afectan a ambos (Guatemala, 1995: 16)

En los hogares en que existe una mujer anémica, la prevalencia de anemia en los niños/as es de 37.9% prevalencia que casi duplica la observada en niños/as en cuyo hogar la mujer no estaba anémica, que fue de 19.7% (Guatemala, 1995: 16)

Grafica 15. Prevalencia de anemia en niños y niñas en cuyo hogar existe una mujer anémica (Guatemala, 1995: 13)



Se estima que cerca de un billón de los cinco billones de habitantes del mundo sufren de anemia nutricional por deficiencia de hierro. La mayoría de estos individuos viven en países en desarrollo como Guatemala, donde la deficiencia de hierro puede ser tan alta como del 60-70% en niños preescolares y del 60-80% en mujeres embarazadas.

Las consecuencias fisiológicas y económicas de la deficiencia de hierro son bien conocidas, ocurriendo una mayor morbilidad perinatal y una mayor mortalidad. En niños en crecimiento la deficiencia de hierro puede limitar significativamente su potencial intelectual y su desarrollo psicomotor puede estar afectado permanentemente. Desde el punto de vista económico, la deficiencia de hierro afecta la capacidad del adulto para realizar trabajo, lo que lo hace menos productivo y a la larga económicamente más vulnerable.

En los últimos años se ha promovido grandemente la fortificación de alimentos debido a las ventajas que esta tiene, tales como un gran potencial para beneficiar en el menor tiempo a la mayor parte de la población que padece de desnutrición o de algún tipo de deficiencia de micronutrientes, además no requiere el desarrollo de nuevos hábitos alimentarios y tiene un costo relativamente bajo.

### III. HIERRO

#### A. Distribución del hierro en el organismo

En el varón adulto normal (70kg de peso) el contenido total de hierro es de 4 a 5g. De esta cantidad el 60% del hierro corporal total se encuentra en la hemoglobina, aproximadamente el 5% en la mioglobina, el 5% en enzimas que contienen hierro, y el resto en compuestos de depósito como lo son la ferritina (20%) y la hemosiderina (10%). Apenas un 0.1% del hierro se encuentra en el plasma o fluidos extracelulares, unido a la proteína transferrina, que lo transporta hacia los diversos tejidos del organismo. Por otra parte, en los primeros meses de vida, la distribución del hierro en el organismo del niño sufre una serie de cambios que se pueden dividir en tres etapas: en el recién nacido, los niveles de hierro son de 75mg/kg de peso, (aproximadamente 250 mg en un niño de 3.5kg). Tras el nacimiento, los niveles de hemoglobina son particularmente altos, reflejando el ambiente intrauterino pobre en oxígeno, pero también existe una cantidad considerable de hierro almacenado en forma de ferritina y hemosiderina (Periago et al, 1999: 106)

En los primeros dos meses de vida la eritropoyesis está disminuida debido al aumento de oxígeno que llega a los tejidos del neonato y a la corta vida de los glóbulos fetales (el 60% de la de los adultos), por lo tanto, aunque el nivel de hierro total del niño no cambia, la hemoglobina desciende desde 170g/l en el nacimiento hasta 125g/l en la cuarta semana de vida. Paralelamente la ferritina sérica aumenta así como los depósitos de hierro hepático. A partir del segundo mes de vida y hasta el cuarto, apenas hay variaciones en el contenido total de hierro del niño, sin embargo la eritropoyesis aumenta, la concentración de hemoglobina se estabiliza y la ferritina sérica disminuye, así como los depósitos de hierro hepáticos. A partir del cuarto mes de vida, el aumento del tamaño corporal del niño conlleva a un aumento del hierro corporal total, que llega a ser de 420 mg a los 12 meses de vida. En el sexto mes de edad los depósitos hepáticos de hierro se agotan a menos que el niño reciba este elemento a partir de una fuente dietética adecuada (Periago et al, 1999: 106)

A continuación se exponen los diferentes compuestos que poseen hierro en el organismo:

**1. Hemoglobina.** Aproximadamente dos tercios del hierro corporal está presente en la hemoglobina de los glóbulos rojos, siendo esencial esta molécula en el transporte de oxígeno. La molécula de hemoglobina está formada por cuatro subunidades, cada una de ellas es una cadena de polipéptidos unida a una molécula de hemo, con un contenido de hierro de 0.35%. El hierro se encuentra estabilizado en estado ferroso, que permite unirse de forma reversible al oxígeno. La síntesis de hierro hemo y su unión a la globina, tiene lugar en la médula ósea en las últimas etapas de desarrollo del glóbulo rojo. El hierro es transportado a la médula ósea en forma férrica y unido a la transferrina (Periago et al, 1999: 106)

**2. Mioglobina.** Le confiere el color rojo al músculo y su función es almacenar el oxígeno cedido a los tejidos por la hemoglobina para su utilización durante la contracción muscular. Esta proteína constituye del 5% al 10% del total del hierro corporal

**3. Citocromos.** Son enzimas del transporte de electrones que se localizan en la mitocondria así como en otras membranas celulares. Son capaces de sobrellevar oxidaciones reversibles por medio de cambios en el estado de oxidación del hierro (Periago et al, 1999: 106)

**4. Enzimas de hierro.** Están involucrados en el transporte de electrones mediante transiciones reversibles Fe (II) - Fe ( III), incluyen flavoproteínas como la NADH dehidrogenasa, aconitasa y succinildehidrogenasa. Otras enzimas como la catalasa y peroxidasa poseen cuatro grupos hemo, cada uno con un átomo de hierro. Están ampliamente distribuidas en el organismo (Periago et al, 1999: 106)

**5. Transferrina.** Es una glicoproteína que transporta hierro catiónico a través del plasma (Periago et al, 1999: 106)

**6. Lactoferrina.** Se encuentra en alta concentración en la leche materna humana (1mg/ml). Se halla también presente en la saliva, en los granulocitos neutrófilos y en la mucosa superficial del estómago como parte de la capa protectora. La lactoferrina parece jugar un papel importante en la defensa del niño alimentado a pecho frente a infecciones, impidiendo que las bacterias utilicen el hierro necesario para su crecimiento e incrementando el mecanismo microbicida de los fagocitos (Periago et al, 1999: 107)

**7. Ferritina.** Proteína soluble esférica que contiene en su interior un núcleo de aproximadamente 1500 átomos de hierro, constituyendo la principal reserva de hierro del organismo. La ferritina abunda en el hígado, bazo y médula ósea y está presente en baja concentración en plasma y orina (Periago et al, 1999: 108)

## B. Funciones en el organismo

Las funciones del hierro resultan de sus propiedades físicas y químicas, principalmente su capacidad para participar en las reacciones de oxidación y reducción. Desde un punto de vista químico, el hierro es un elemento muy reactivo que puede interactuar con el oxígeno para formar intermediarios capaces de dañar las membranas celulares o degradar el DNA. El hierro debe unirse fuertemente a las proteínas para evitar los efectos destructores (Escott-Strump, 1996: 94)

El hierro participa en el transporte respiratorio de oxígeno y dióxido de carbono y es parte activa de enzimas que actúan en el proceso de la respiración celular. El hierro también parece participar en la función inmunológica y en la función cognitiva. Aunque estas relaciones no se han identificado en forma clara, refuerzan la obligatoriedad de prevenir la anemia por deficiencia de hierro en la población mundial (Escott-Strump, 1996: 94)

La ingesta adecuada de hierro es esencial para el funcionamiento normal del sistema inmunológico. Tanto la sobrecarga de hierro como su deficiencia resulta en cambios en la respuesta inmunológica. Las bacterias requieren hierro y, por lo tanto, la sobrecarga de hierro (en especial cuando es por vía intravenosa), puede resultar en un mayor riesgo de infección. La deficiencia de hierro afecta la inmunidad humoral y celular. Las concentraciones de linfocitos T circulantes se reducen en personas con deficiencia de hierro y se altera la respuesta mitogénica (Escott-Strump, 1996: 94)

Dos proteínas que se unen al hierro, transferrina y lactoferrina, parecen proteger contra infecciones al evitar que el hierro se una a los microorganismos que la necesitan para su proliferación (Escott-Strump, 1996: 94)

El hierro es crítico para la función cerebral normal en todas las edades. Participa en la función y síntesis de neurotransmisores y quizás de mielina. Los efectos a largo plazo de la anemia por deficiencia de hierro temprana en niños persiste por años (Escott-Strump, 1996: 94)

Se han encontrado diferencias entre la ejecución escolar, la competencia sensoriomotriz, la atención, el aprendizaje, la memoria de niños anémicos y sujetos de control. El suplemento de hierro de niños con anemia por deficiencia de hierro se benefician en los procesos de aprendizaje según se mide por el logro de las puntuaciones de los exámenes escolares (Escott-Strump, 1996: 94).

### C. Metabolismo del hierro

En el hombre normal, existe un equilibrio entre la absorción del hierro y su eliminación, existiendo un discreto balance positivo en la absorción. El hierro se pierde continuamente a través de la descamación de las células epiteliales del tracto digestivo, piel y otras; su eliminación total es cerca de 1 miligramo diario en adulto de 70kg (García, 1998:191)

Tres son los factores principales que influyen en el balance y el metabolismo del hierro: la ingesta, los depósitos y las pérdidas. En cuanto a la ingesta, los dos determinantes son la cantidad y la biodisponibilidad del hierro en la dieta y la capacidad de absorción del metal. El metabolismo del hierro tiene la peculiaridad de que el mecanismo regulador fundamental del balance final del metal es su absorción en el aparato digestivo. La cantidad de hierro que se absorbe de los alimentos puede variar desde < 1% a >50%. El porcentaje absorbido depende del tipo de alimento ingerido y de la interacción entre estos y los mecanismos de regulación propios de la mucosa intestinal, que reflejan la necesidad fisiológica de hierro que tiene el organismo en ese momento (Filer, 1997: 560)

**1. Absorción del hierro.** La absorción de hierro depende del contenido del metal en la dieta, de la cantidad de hierro almacenado y de la tasa de formación de eritrocitos (Filer, 1997:560)

La absorción del hierro ocurre en el duodeno y porción alta del yeyuno. A pesar de que no ocurre absorción a nivel gástrico, la secreción del ácido clorhídrico y gastrina a este nivel no solo ayuda a liberar el hierro de los complejos hierro-proteína, sino que también solubiliza el metal, al reducirlo de la forma férrica a la ferrosa. A nivel intestinal, la presencia de bicarbonato aumenta el pH lo que favorece la oxidación a la forma férrica, potencialmente disminuyendo la absorción; pero por otra parte la presencia de enzima pancreáticas favorece la liberación de hierro de complejos con proteínas, haciéndolo más disponible para la absorción (García, 1998:191)

El proceso de absorción desde que el hierro se encuentra en el lumen intestinal hasta el ingreso del hierro a la circulación involucra por lo menos tres etapas: captación del hierro

al interior de los enterocitos, almacenamiento y/o pasaje hasta la membrana basolateral y finalmente el ingreso del hierro a la circulación (García, 1998:191)

Para efectos de absorción se han descrito dos formas principales de hierro en la luz del tracto gastrointestinal; el compartimiento del hierro no-hemínico y hierro hemínico. [28] El hierro hemo, como se ha señalado se encuentra en la hemoglobina y mioglobina de la carne, las aves y el pescado, mientras que el hierro no hemo se encuentra en los cereales y las verduras.[26] El hierro no hemo prevalece sobre el hemo en la dieta, aunque su absorción se haya influida marcadamente por un gran número de factores dietéticos y fisiológicos.

Los alimentos de origen vegetal como los cereales y las leguminosas contienen cantidades relativamente elevadas de hierro no-hemo, sin embargo su biodisponibilidad es baja debido a diversos factores dietéticos. El ácido fítico, abundante en los cereales, los taninos presentes en las hojas del té y ciertas plantas forrajeras, y las pectinas abundantes en frutos, son capaces de reducir la absorción intestinal del hierro formando complejos insolubles. Además, el calcio inhibe la absorción del hierro hemo y no-hemo (Periago et al, 1999: 106)

A continuación, queda reflejado un resumen de los diversos factores que intervienen en la absorción de este mineral (Periago et al, 1999: 106)

- Absorción de hierro hemo
  - a. Cantidad de hierro hemo presente en la carne
  - b. Contenido en calcio de la comida
  - c. Forma de preparación del alimento ( tiempo y temperatura)
- Absorción del hierro no-hemo
  - a. Estado nutricional del hierro del individuo
  - b. Cantidad de hierro no-hemo biodisponible
  - c. Factores que incrementan la absorción del hierro
    - ácido ascórbico
    - carne, pescado, mariscos
    - ciertos ácidos orgánicos
  - d. Factores que inhiben la absorción del hierro
    - fitatos
    - compuestos fenólicos
    - calcio
    - proteína de la soya

**a. Facilitadores de la absorción del hierro no hemo.** Existe por otra parte gran cantidad de componentes de los alimentos capaces de atraer a los minerales desde sus

inhibidores y transferirlos a un aceptor fisiológico molecular. Estos compuestos se denominan promotores. El ácido ascórbico es el promotor más conocido de la absorción del hierro no hemo, sin embargo, no posee ningún efecto sobre el hierro hemo. El efecto de este ácido puede estar relacionado en primer lugar con su efecto reductor, que previene la formación de hidróxido férrico insoluble, y en segundo lugar con la capacidad que posee de formar complejos solubles con iones férricos, manteniéndose esta solubilidad a pH alcalino en el duodeno (Periago et al, 1999:107)

1) Ácido ascórbico. Cuando el ácido ascórbico es añadido a una comida de origen vegetal la absorción de hierro es aumentada en una proporción aproximada a la razón molar de ácido ascórbico/hierro, independientemente de que el ácido ascórbico sea introducido en forma purificada o en forma de frutas con alto contenido de ácido ascórbico. En un estudio, una cantidad tan pequeña como 20mg de ácido ascórbico añadida a un cocimiento de maíz fortificado con 2mg o 4mg de hierro, incrementó su absorción 1.7 y 1.8 veces respectivamente (Carmuego, O' Donell et al. 1997:28)

La absorción del hierro de comidas a base de vegetales se puede aumentar tanto como seis veces con cantidades más importantes de ácido ascórbico. La influencia del ácido ascórbico es más pronunciada en comidas inhibidoras y es efectiva en comidas que contienen niveles altos de los dos inhibidores principales de la absorción del hierro, fitatos y polifenoles [15]. La forma de preparación de las comidas, especialmente la cocción a altas temperaturas o calentamiento prolongado pueden llevar a la oxidación de la vitamina C y la pérdida de sus propiedades benéficas (Carmuego, O'Donell et al.1997:28)

Existen otros ácidos orgánicos menos estudiados que el ácido ascórbico, como el málico, cítrico y tartárico los cuales parecen mejorar la absorción del hierro de dos a cuatro veces (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

2) Tejidos animales. Algunos tejidos animales incluidos carne bovina, pollo, pescado, cordero, hígado y el cerdo mejoran el estado nutricional del hierro al proveer hierro de alta biodisponibilidad y al facilitar la absorción del pool del hierro no heme (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

## **b. Inhibidores de la absorción del hierro no hemínico**

1) Ácido fítico. El ácido fítico se encuentra ampliamente distribuido en el reino vegetal. En las semillas de cereales, los niveles de AF son elevados, en tubérculos, raíces y frutas moderados y en verduras bajos (Ibáñez, M et al. 2002: 219)

El ácido fítico (AF) y sus sales constituyen la principal forma de almacenamiento de fósforo en semillas de cereales y leguminosas. Sin embargo, el fósforo permanece no disponible para el hombre y animales monogástricos, debido a que éstos no están provistos de suficiente actividad de fosfatasas endógenas (fitasas). El AF es además un compuesto con actividad antinutricional, debido a su capacidad de formar complejos insolubles con minerales y proteínas convirtiéndolos en no asimilables por el organismo bajo condiciones fisiológicas. Paradójicamente, el AF, a bajas dosis, presenta también efectos positivos sobre la salud como son su acción protectora frente al cáncer, reducción

de la formación de cálculos renales y prevención de enfermedades cardiovasculares (Ibáñez, M et al. 2002: 219)

Aparentemente, en la semilla el AF se encuentra como sales relativamente solubles de Na o K. Las sales de Ca y Mg son solubles a pH bajos e insolubles a pH elevados, por lo tanto a pH fisiológico serían insolubles, de ahí el descenso de la biodisponibilidad mineral. Por su estructura altamente reactiva, el AF es un excelente agente quelante presentando gran afinidad por todos los elementos traza polivalentes y minerales como  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Co}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}/\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Ca}^{+2}$ , con los que forma complejos insolubles a pH cercano a la neutralidad (Romera, G et al. 2000: 28)

Los efectos adversos del AF en la biodisponibilidad mineral dependen de factores tales como:

- a) las condiciones de procesado del alimento especialmente el pH, así como el tipo de AF añadido o endógeno y las concentraciones de minerales en dicho alimento
- b) si el AF es ingerido en la misma comida que la fuente mineral o en comidas separadas,
- c) la concentración de proteínas de la dieta,
- d) la presencia de otros agentes quelantes como fibra dietética, ácido oxálico, ácido ascórbico, ácido cítrico o taninos, que pueden competir con el AF en su unión con minerales (Ibáñez, M et al. 2002: 219)

En cereales el fósforo fitico constituye el 64-85% del fósforo total, localizándose la mayoría en las aleuronas celulares. Los niveles de AF (g/100g) encontrados en el arroz entero (*Orize sativa*) oscilan desde un 0.86-0.99% localizándose el 80% del fitato en la capa externa del salvado; en el trigo (*Triticum aestivum*) la localización es similar a la del arroz y los valores mayores: 1,13%; en el maíz (*Zeamays*) el AF representa de 0.77-0,99%, y de este más del 90% se encuentra en el germen. En el sorgo (*Sorghum vulgare*) se han encontrado valores de 0,82-0,96% siendo los niveles de AF mayores en las variedades coloreadas.. En la cebada (*Hordeum vulgare*) y en la avena (*Avena sativa*) los niveles de AF obtenidos son del 0.99% y 0,77% respectivamente (Ibáñez, M et al. 2002: 219)

2) Polifenoles. Disler et.al encontraron que el té es un poderoso inhibidor de la absorción del hierro. Estudios posteriores mostraron que ello se debe principalmente a su contenido en taninos. Los polifenoles se encuentran presentes en otras infusiones populares como café y son constituyentes de muchos vegetales incluidos algunos cereales. Los polifenoles parecen ser equivalentes en importancia a los fitatos como inhibidores de la absorción del hierro no hemínico. La magnitud de la inhibición varía inversamente al contenido de polifenoles (Fomon, S; Zlotkin, S. 1992: 200)

3) Productos de digestión protéica. Mientras que los tejidos animales mejoran la absorción del hierro no hemínico algunas proteínas de origen animal o vegetal ejercen un efecto inhibitor. Cuando se agregan a una comida semipurificada - consistente en almidón de maíz hidrolizado y aceite de maíz- fuentes protéicas, de origen animal como la leche entera, caseinato y proteínas derivadas del suero de la leche, queso, huevo entero y

clara de huevo o la albúmina sérica bovina purificada disminuyen la absorción entre 10 y 50% del valor obtenido con la comida base (Carmuego, E ; O'Donell et al. 1997: 28)

Algunas legumbres y miembros de la familia de las nueces reducen la absorción del hierro no-hemo. El procesamiento puede ser importante en el caso de los productos de soja; productos ampliamente utilizados como: harina de soja integral, harina de soja texturizada y aislados de proteína de soja son marcadamente inhibidores, a pesar de ser libres de fitatos (Carmuego, E ; O'Donell et al. 1997: 28)

4) Calcio. El agregado de calcio a una comida en forma de leche o sal inorgánica, disminuye el porcentaje de absorción del hierro no-heme en los seres humanos. El efecto del calcio es complejo y los mecanismos por los cuales interfiere con la absorción del hierro no se conocen totalmente (Carmuego, E ; O'Donell et al. 1997: 28)

**2. Biodisponibilidad.** Para conocer en qué medida un alimento aporta un nutriente en este caso el hierro, no solo basta con determinar su contenido en dicho alimento sino es necesario conocer qué cantidad del mismo puede ser utilizada por el organismo, es decir, su biodisponibilidad. La biodisponibilidad se define como la fracción de nutriente en una dieta o en un alimento, que puede ser utilizada por el organismo. Efectivamente, salvo raras excepciones, sólo una pequeña proporción del total de nutrientes ingeridos en la dieta son utilizados por nuestro organismo. Ello depende de que el nutriente se encuentre presente en la dieta en una forma química que pueda ser transportada a través de la mucosa, o que tras su digestión pueda ser absorbido de forma que pueda ser utilizado en el metabolismo normal. Es necesario aclarar que el término absorción no es sinónimo de disponibilidad, puesto que puede ocurrir que algunos constituyentes de la dieta, a pesar de ser absorbidos de manera efectiva, no sean metabolizados y se eliminen. La utilización comprende pues, los procesos de transporte, asimilación celular y transformación en forma biológicamente activa, de tal manera que dicho nutriente se emplee en el mantenimiento de dichas funciones metabólicas normales (Periago, et al. 1999:106)

La biodisponibilidad de un nutriente se ve influida por distintos factores, en concreto, en la utilización de los elementos traza de los alimentos estos factores se clasifican en dos grandes grupos: los de tipo intrínseco o fisiológicos y los extrínsecos o dietéticos. Entre los primeros cabe mencionar : edad, anomalías genéticas, estados fisiológicos (embarazo y lactancia) y nutricional. Los extrínsecos o dietéticos incluyen: el aporte total del elemento de los alimentos, la forma química, propiedades físicas (solubilidad) y propiedades químicas del nutriente. Se han desarrollado varias técnicas para medir la disponibilidad de este elemento traza en los alimentos. De forma general se puede dividir en métodos *in vitro* e *in vivo* (Periago, et al. 1999:106)

**a. Métodos *in vitro*.** Se basa en medir el hierro que es disponible por absorción, mediante la determinación de hierro dializable utilizando una membrana de diálisis en equilibrio o mediante diálisis en flujo continuo. Los métodos propuestos realizan un tratamiento enzimático en dos etapas, la primera con pepsina a pH 2.5 y la segunda con pancreatina y amilasa a pH neutro determinando la solubilidad tras esta digestión que simula los procesos que tienen lugar en el estómago y en el intestino delgado. Estos métodos no tienen en cuenta los factores fisiológicos que afectan a la eficiencia en la

absorción de hierro como son el estado nutricional, transporte activo, interacciones con la mucosa y flora intestinal. Tienen la ventaja de ser más baratos y de requerir menos medios que las técnicas *in vivo* (Periago, et al. 1999:106)

**b. Métodos *in vivo*.** La incorporación del hierro a la hemoglobina es probablemente el único método que verdaderamente determina la biodisponibilidad de este mineral, ya que es una medida directa de la utilización del hierro. Aproximadamente un 90% del mineral absorbido a partir de la dieta se emplea principalmente para la síntesis de hemoglobina (Periago, et al. 1999:106)

Cada una de estos métodos tiene sus ventajas y desventajas. Estudios en humanos proveen información más directa aplicable a poblaciones humanas. Sin embargo, la falta de facilidades para el uso de radioisótopos limita dichos estudios en países en vías de desarrollo. Además los estudios en humanos son muy caros y requieren mucho tiempo, por lo que los estudios se hacen en ratas (Latunde-Dada. 1997:84)

Se ha demostrado que los humanos absorben mejor la forma ferrosa ( $Fe^{+2}$ ) que la férrica ( $Fe^{+3}$ ), animales como ratas, cerdos y perros absorben ambas de la misma forma.. Además las ratas son menos sensibles que los humanos a factores dietéticos que influyen la absorción del hierro no- heme (Latunde-Dada. 1997:84)

#### **D. Requerimientos nutricionales**

Los requerimientos fisiológicos de hierro se han calculado según la cantidad que se debe de absorber para compensar las pérdidas corporales y para permitir el incremento del volumen sanguíneo ( y por ende, de hemoglobina) durante el crecimiento y el embarazo (Elías, et al. 1996:51)

En los niños de 6 meses a 2 años la tasa de crecimiento es elevada, además durante la lactancia los niños tienen unos requerimientos elevados en hierro, por lo que es necesario el hierro de la dieta altamente biodisponible . En los niños nacidos a término, las reservas de hierro son suficientes para cubrir las necesidades hasta los 4-6 meses de edad, de manera que la anemia no se produce hasta pasado este período. Contrariamente los niños prematuros o de bajo peso al nacimiento pueden presentar debido a la escasez de sus reservas anemia en edades más tempranas, esto es a los 2-3 meses. Aproximadamente hacia el año y medio de vida se produce el pico de déficit de hierro, pues las reservas de hierro se han agotado y la dependencia del hierro dietético se hace mayor. Pasados los 2 años , la velocidad de crecimiento disminuye y la alimentación se diversifica, lo cual reduce el riesgo de deficiencia (Purwiyatno,H; Wirakartakusumah,M. 1998: 2)

Los requerimientos de niños mayores de 3 años, incluyen el hierro requerido para la expansión de la masa de glóbulos rojos y músculos durante el crecimiento. Estas cantidades son particularmente grandes en la adolescencia. Las niñas adolescentes requieren, además, hierro para compensar las pérdidas menstruales (Elías, et al. 1996:51)

Las pérdidas por hemorragias menstruales aumentan grandemente los requerimientos de las mujeres. La mediana de las pérdidas menstruales de hierro promediadas a lo largo del ciclo es alrededor de 0.5mg Fe/día, pero 25% de las mujeres pierden más de 0.8mg/día y 5% pierde más de 1.6mg/día.. Esta última cifra agregada a la

estimación de pérdidas basales por descamación celular es la base de los requerimientos fisiológicos de hierro para mujeres en edad fértil (Elías, et al. 1996:52)

Las pérdidas en mujeres después de la menopausia o histerectomía y en hombres adultos, se deben primordialmente a exfoliación celular (alrededor de 2/3 por descamación de las células gastrointestinales y el resto de la piel) (Elías, et al. 1996:52)

Las mujeres embarazadas necesitan absorber suficiente hierro para satisfacer las necesidades del feto y la placenta, y su propia expansión de masa eritrocitaria. Esto implica una absorción de alrededor de 4.4 y 6.3 mg/día durante el segundo y tercer trimestre, respectivamente. Estas necesidades de hierro no pueden ser llenadas únicamente con el hierro de los alimentos, aún con las dietas de alta biodisponibilidad del mineral. A menos que la madre comience el embarazo con reservas corporales del orden de 500 mgFe, es necesario administrar suplementos de hierro para evitar anemia (Elías, et al. 1996:52)

Debido a la amenorrea postparto que se prolonga con la lactancia, los requerimientos de hierro de la mujer nodriza son los de la mujer que no menstrúa más 0.3mg/día para compensar el hierro secretado con la leche (Elías, et al. 1996:52)

Los requerimientos fisiológicos deben ser convertidos en requerimientos dietéticos, tomando en cuenta la biodisponibilidad del mineral en la dieta. Los requerimientos dietéticos fueron definidos de dos maneras por un grupo internacional de expertos, según el estado nutricional de hierro de las personas: requerimientos basales y requerimientos para evitar la anemia. (Elías, et al. 1996:52)

Los requerimientos basales se refieren a la cantidad de hierro dietético necesario para mantener un suministro normal del mineral a los tejidos, sin incluir un incremento apreciable del hierro de reserva, y para conservar todas las funciones evaluables clínicamente. Se aplican a las personas con reservas corporales normales de hierro, y que absorben alrededor de 40% del ascorbato ferroso administrado oralmente (Elías, et al. 1996:52)

Los requerimientos para evitar anemia corresponden a la cantidad de hierro dietético necesario para evitar la reducción de la hemoglobina sanguínea. Esto presupone bajas reservas corporales de hierro, y una absorción de ascorbato ferroso y hierro dietético 50% mayor que la de personas sin deficiencia del mineral. Debido a esta mayor biodisponibilidad, las cantidades de hierro dietético requeridas son 2/3 de los requerimientos basales (Elías, et al. 1996:52)

Los requerimientos normativos corresponden a la cantidad de hierro necesaria para repletar las reservas corporales. El grupo FAO/OMS las estimó en alrededor de 50% más que los requerimientos basales. Esto generalmente requeriría la ingestión de suplementos farmacológicos de hierro, ya que la cantidad necesaria del mineral sobrepasa su contenido en las dietas usuales (Elías, et al. 1996:51)

## **E. Recomendaciones dietéticas**

Las RDD deben tener como meta cubrir las necesidades basales de hierro y no únicamente evitar la aparición de anemia. Dadas las características de las poblaciones latinoamericanas, es conveniente recomendar dos niveles de hierro dietético, aplicables a grupos con dietas que contienen abundantes alimentos de origen animal o dietas con predominio de vegetales (Elías, et al. 1996:52)

Un grupo de expertos latinoamericanos recomienda 10mg de hierro al día para niños de 6 a 12 meses de edad, independientemente de la biodisponibilidad del hierro en sus dietas. Las RDD de hierro aumentan durante la adolescencia en ambos sexos y permanecen altas en las mujeres durante su edad fértil. En el embarazo se acentúan marcadamente, lo que casi siempre requiere la ingestión de hierro suplementario. El siguiente cuadro muestra las RDD basadas en las recomendaciones de FAO/OMS para niños y adultos (Elías, et al. 1996:52)

Cuadro 1. Recomendaciones dietéticas diarias de hierro para niños (Elías, et al. 1996:52)

EDAD	HIERRO	
	A MG DIETA CON ABUNDANTES ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL	B MG DIETA CON PREDOMINIO DE VEGETALES
NIÑOS		
Meses		
0 - 2.9	C	C
3 - 5.9	7b	10
5 - 11.9	10	10
Años		
1 - 3.9	7	10
4 - 6.9	7	10
7 - 9.9	8	12

b RDD para niños alimentados exclusiva y primordialmente al pecho: 4.5mg Fec

c Necesidades de hierro son satisfechas por la disminución fisiológica de hemoglobina y la movilización de reservas corporales de hierro

A Dieta con abundantes alimentos de origen animal

B Dieta con predominio vegetales

Cuadro 2. Recomendaciones dietéticas diarias de hierro para adultos  
(Elías, et al. 1996:51)

EDAD	HIERRO	
	A MG	B MG
<b>HOMBRES</b>		
10 - 12.9	9	14
13 - 15.9	12	18
16 - 18.9	8	11
19 - 64.9	8	11
65 +	8	11
<b>MUJERES</b>		
10 - 12.9	10	15
13 - 15.9	13	20
16 - 18.9	16	24
19 - 64.9	16	24
	6f	9f
65 +	6	9
<b>EMBARAZO</b>	g	g
<b>LACTANCIA</b>	9	13

f RDD para mujeres que no menstruan (e.g. después de la menopausia o histerectomía) 6 mg/día con dieta A y 9 mb/día con dicta B

g Durante los últimos dos trimestres del embarazo es necesario administrar folatos y hierro suplementarios en dosis farmacológicas.

A Dieta con abundantes alimentos de origen animal

B Dieta con predominio de alimentos vegetales

## F. Fuentes alimentarias

El hierro hemo es una importante fuente dietética de hierro, debido a que es absorbido más eficientemente que el hierro no-hemo. Entre el 5 y 35% del hierro hemo de una comida es absorbido, mientras que la absorción de hierro no-hemo puede variar entre 2 y 20%, dependiendo del estado nutricional del individuo y de la proporción de inhibidores y promotores en la dieta. Así, aunque constituye cerca del 10% del hierro de la dieta, el hierro hemo puede proveer hasta un tercio del total de hierro dietético absorbido. El hierro no-hemo, que constituye el 90% del resto del hierro dietético, representa 60% del hierro de origen animal, y 100% del hierro que se encuentra en material vegetal (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

Las principales fuentes de origen animal son las carnes rojas y las vísceras, en especial el hígado, y los moluscos bivalvos que acumulan el hierro en sus tejidos. En el otro

extremo se encuentran la leche (incluyendo la leche materna) y los productos lácteos, que son muy pobres en este elemento. Entre las fuentes de origen vegetal, las legumbres secas lo contienen en porcentajes elevados, incluso mayores que las carnes, aunque su biodisponibilidad es mucho menor. En el cuadro 3 se muestra el contenido de hierro de algunos alimentos. (Periago et al, 1999: 106)

Cuadro 3. Contenido de hierro en ciertos alimentos (Periago et al, 1999: 106)

ALIMENTO	HIERRO (mg/ 100g porción comestible)
<b>Carnes</b>	
Hígado	8- 10 mg
Tenera	2-3.5
Embutidos	2-2.5
Pollo	1.5-2
<b>Pescados</b>	
Sardinias	2.9
Atun	1
Bacalao	0.4
Ostras	26
Mejillones	7.7
<b>Huevos</b>	
Entero	1.9
yema	6.1
Legumbres secas	5.3-8.5
<b>Cereales</b>	
pan blanco	1.7
pan integral	2.5
Corn flakes	6.7
All-Bran	12
<b>Hortalizas</b>	
Espinaca	1.6
Patatas	0.4
Leche de vaca	0.1

## G. Deficiencia de hierro

La deficiencia de hierro es la deficiencia nutricional más frecuente en todo el mundo. Afecta sobre todo a lactantes menores de 2 años de edad, niñas adolescentes, embarazadas. [17]. En los países en desarrollo, se calcula que de 30% a 40% de los niños pequeños y de las mujeres premenopáusicas sufren anemia ferropénica. Los niños pequeños son los más propensos a esta deficiencia, debido a que el rápido crecimiento experimentado durante sus dos primeros años de vida requiere cantidades relativamente

grandes de hierro y a que su dieta habitual contiene poco hierro, a no ser que reciban suplementos nutricionales.

Las adolescentes corren un alto riesgo de deficiencia de hierro, debido a la combinación de su rápido crecimiento y de las pérdidas de sangre menstrual (Filer, L ; Ziegler, E. 1997: 560)

**a. Causas de la deficiencia de hierro según la edad.** Los lactantes mayores de 6 meses y los niños pequeños son muy vulnerables a la deficiencia de hierro debido a la depleción de los depósitos de metal causado por el rápido crecimiento, al bajo contenido de hierro de la mayoría de las dietas de los lactantes y a la alimentación precoz con leche de vaca, que puede provocar un aumento de las pérdidas gastrointestinales de sangre. La combinación de un crecimiento rápido, una depleción de los depósitos y un bajo contenido de hierro en la dieta se traduce a un período de máxima deficiencia de hierro que abarca de los 9 a los 18 meses de edad (Filer, L; Ziegler, E. 1997:560)

Los lactantes alimentados preferentemente con preparaciones reforzadas con hierro apenas corren peligro de desarrollar una deficiencia del metal, pero los alimentados con preparaciones no reforzadas o con leche de vaca completa corren un riesgo de sufrir deficiencia de hierro equivalente a 30% o 40% hasta los 9 meses de edad, y probablemente sea aun mayor hacia los 12 meses. Los lactantes que reciben lactancia materna sin aportes adecuados de hierro procedentes de otras fuentes corren también el riesgo de desarrollar deficiencia entre los 9 y los 12 meses (Filer, L ; Ziegler, E. 1997: 560)

El riesgo de deficiencia de hierro en los niños preadolescentes de los países desarrollados es escaso gracias a su menor tasa de crecimiento y al consumo de dietas mixtas con cantidades suficientes de hierro. Sin embargo, en muchos países en desarrollo la combinación de una escasa biodisponibilidad de hierro en la dieta y las pérdidas de sangre por el aparato digestivo debidas a la infección por anquilostoma pueden ocasionar una elevada prevalencia de anemia ferropénica en los niños en edad escolar (Filer, L ; Ziegler, E. 1997: 560)

Las necesidades de hierro experimentan un salto durante la adolescencia. Los niños ganan una media de 10kg de peso durante el año en que el brote de crecimiento puberal alcanza su máximo valor, mientras que su concentración de hemoglobina se eleva simultáneamente hacia los valores característicos del adulto. Esta doble necesidad de aportar hierro para un mayor tamaño corporal y para una masa eritrocitaria más grande supone un incremento igual o aproximado a 25% del hierro corporal total durante el año de crecimiento máximo. La cantidad de hierro que necesitan las adolescentes es también grande. Su ganancia media de peso es de 9kg durante el año de máximo crecimiento ( a veces entre los 10 y 12 años de edad), casi tan grande como la de los niños , mientras que la aparición de las menstruaciones impone necesidades adicionales de hierro (Filer, L ; Ziegler, E. 1997: 560)

En la mujer existen dos factores que predisponen a la anemia ferropénica: la menorragia (pérdida excesiva de sangre durante la menstruación) y el embarazo. Alrededor de 10% de las mujeres sufren pérdidas importantes de sangre con las reglas (>80ml/mes), lo que a menudo da lugar a anemia ferropénica. Los dispositivos intrauterinos anticonceptivos aumentan la menorragia en 30% a 50%. Por otra parte, los anticonceptivos

orales reducen la pérdida de sangre menstrual y rara vez se asocian a menorragia (Filer, L; Ziegler, E. 1997: 560)

La anemia ferropénica puede desarrollarse durante el embarazo debido al aumento de las necesidades de hierro destinado al volumen sanguíneo materno en expansión y al rápido crecimiento del feto y de la placenta.

De acuerdo con la disponibilidad de este material, ya sea dietético o por suplementos, el volumen eritrocitario total aumenta de una 20 a 30%. La médula ósea activa puede utilizar 500mg adicionales de hierro elemental durante el embarazo, y el feto de término y la placenta acumulan de 250 a 300mg de hierro elemental. En total la embarazada debe de tener entre 700 a 800mg de hierro adicional, cuya mayoría se requiere durante la última mitad del embarazo cuando ocurren las demandas más importantes a nivel materno y fetal. Promediado durante todo el embarazo, esto lleva a un incremento diario de 15mg de hierro.

Sólo rara vez las mujeres entran al embarazo con depósitos de hierro suficientes para cubrir todas las necesidades sin comprometer el bienestar materno. La suplementación de hierro, por lo general en forma de sales ferrosas, se aconseja con frecuencia como una medida necesaria para evitar la anemia por deficiencia de hierro.

La anemia materna, que se define por un hematocrito de menos del 32% y un nivel de hemoglobina de menos de 11g/dl, se presenta en algunas embarazadas que no utilizan suplementos de hierro. Una mujer anémica claramente es menos capaz de tolerar la hemorragia del parto y es más susceptible de padecer infección puerperal.

La Academia Nacional de Ciencia recomienda que todas las embarazadas con una dieta bien balanceada deben de tomar 30mg de suplementos de hierro ferroso durante el segundo y tercer trimestre. Si se detecta anemia por deficiencia de hierro mediante pruebas rutinarias, el tratamiento debe de constar de 60 a 120mg de hierro ferroso en dosis divididas durante todo el día. Cuando la hemoglobina regresa a un nivel adecuado para la etapa de embarazo, puede suministrarse el régimen de 30mg/día.

Los depósitos de hierro aumentan a lo largo de la vida adulta en los varones y en las mujeres postmenopáusicas, quienes raramente muestran deficiencia nutricional de hierro. En los ancianos, la anemia suele asociarse con más frecuencia a cuadros inflamatorios crónicos que a deficiencia de hierro. Los pocos casos de anemia ferropénica encontrados en ancianos suele ser secundarios a pérdidas gastrointestinales de sangre debidas al consumo crónico de ciertos fármacos como aspirina, a lesiones o a tumores, y no a una ingesta inadecuada (Filer, L ; Ziegler, E. 1997: 560)

## **b. Consecuencias de la deficiencia de hierro**

1) Anemia. La anemia es, con mucho, la manifestación mejor conocida de la deficiencia de hierro. las consecuencias de la anemia leve en los individuos sedentarios son escasas, ya que los mecanismos de compensación mantienen suministros de oxígeno a los tejidos. Estos mecanismo son los siguientes: 1) extracción más completa del oxígeno de la hemoglobina por los tejidos; 2) redistribución del flujo sanguíneo a los órganos vitales, especialmente al miocardio y al encéfalo, a expensas de otros tejidos, 3) aumento del gasto cardíaco. Cuando la anemia es grave (hemoglobina <70g/l), estos mecanismos adaptativos no pueden compensar la reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre y se desarrolla una acidosis. Las anemias muy intensas (hemoglobina <40g/l), que pueden ser

provocadas por la deficiencia de hierro en combinación con otras enfermedades, se asocian a un aumento de la mortalidad infantil y materna (Purwiyatno, H ; Wirakartakusumah, M. 1998:2)

2) Rendimiento en el trabajo. La anemia produce una reducción sustancial de la capacidad de trabajo. Este efecto es especialmente evidente cuando la concentración de hemoglobina cae por debajo de 100g/l, lo que supone de 20 a 40g/l menos que el límite inferior de la normalidad en los adultos (Salas- Salvadó, J.2000: 426)

Experimentos efectuados en ratas han demostrado que la deficiencia alimentaria de hierro provoca una importante alteración de la producción oxidativa de energía en el músculo esquelético, puesta de manifiesto por una disminución de la capacidad para el ejercicio prolongado, una oxidación de la glucosa menos eficiente y un aumento del uso de la vía gluconeogénica por la que el hígado convierte en glucosa el lactato procedente del músculo (Filer, L ; Ziegler, E. 1997: 560)

3) Comportamiento y rendimiento intelectual. Crecen las pruebas que indican que la deficiencia de hierro altera el desarrollo psicomotor y el rendimiento intelectual al mismo tiempo que determina cambios del comportamiento. Estudios llevados a cabo en lactantes de 6 meses a 2 años de edad muestran una disminución estadísticamente significativa de la capacidad de la respuesta y de la actividad con incremento de la tensión corporal , el temor y la tendencia a la fatiga, en asociación con anemia ferropénica (Filer, L ; Ziegler, E. 1997:560)

4) Regulación de la temperatura corporal. Otra característica de la anemia ferropénica es la alteración de la capacidad para mantener la temperatura corporal en ambientes fríos. Esta alteración parece relacionada con una disminución de la secreción de la hormona estimulante del tiroides y de hormona tiroidea. La disminución de la producción de calor parece consecuencia de la propia anemia, , ya que la transfusión de sangre corrige la situación. (Filer, L ;Ziegler, E. 1997:560)

5) Efectos adversos para el embarazo. En diversos estudios se ha observado que la anemia de las primeras fases del embarazo se asocia a nacimientos prematuros, bajo peso al nacer y muerte fetal Una mujer embarazada anémica claramente es menos capaz de tolerar la hemorragia del parto y es más susceptible de padecer infección puerperal (Filer, L; Ziegler, E. 1997: 560)

## IV. FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS

### A. Origen y evolución

Una solución parcial para evitar las deficiencias de micronutrientes en el mundo actual podría ser volver a la dieta primitiva, pero eso no es posible. Se atentaría contra el avance cultural y social alcanzado por la especie humana. Entonces, la solución es modificar la "nueva" dieta para que ésta contenga los nutrientes esenciales. Estas modificaciones consisten fundamentalmente en agregar sustancias que se utilizan una y otra vez, y que por ende, también aparecen en muy pequeñas cantidades en los otros seres vivos que constituyen los alimentos del ser humano. Estas sustancias son los micronutrientes

Los conocimientos científicos de los últimos doscientos años han permitido reconocer la importancia de los micronutrientes en la fisiología humana. El primer caso de la adición intencional de uno de estos micronutrientes a un vehículo alimentario que no lo contenía naturalmente - esto es fortificación de alimentos- aparentemente fue la incorporación de yodo a la sal en Francia. Esto sucedió en el siglo XIX, pero no fue hasta principios del siglo XX que la producción de este micronutriente fue lo suficientemente tecnificada para hacer la práctica de yodación de la sal un hábito humano del mundo civilizado. Esta práctica tuvo un impacto enorme en la salud pública, se redujo el cretinismo, la sordomudez, el retraso mental y el aletargamiento físico atribuibles a la deficiencia de yodo.

En los Estados Unidos, durante los años de la Segunda Guerra Mundial, se reconoció que muchos soldados estaban sufriendo de deficiencia de micronutrientes debido a la mala calidad de su dieta. Una de las soluciones fue agregar hierro, tiamina, riboflavina y niacina a la harina de trigo y otras harinas. El efecto final fue impresionante, se redujo la ocurrencia de afecciones como pelagra, beri-beri y ariboflavinosis debidas a la ingesta inadecuada de vitaminas del complejo B.

Con los conocimientos científicos y la experiencia ganada en fortificación de alimentos, los países desarrollados seleccionaron el enriquecimiento de la leche y sus derivados con vitamina A y vitamina D para prevenir las deficiencias de estas vitaminas liposolubles en su población. El efecto fue el control del raquitismo y la ceguera nutricional.

En la década de los sesenta, los Estados Unidos extiende las prácticas de fortificación de harinas de arroz. Lamentablemente hasta la fecha no existe evidencia clara de la eficiencia y efectividad de esta medida. La fortificación del arroz se ha tratado de establecer en muchos otros países, ya que es uno de los cereales más comúnmente consumidos.

Centro América buscó medios para prevenir y controlar la deficiencia de la vitamina A en su población y desarrolló en los años setenta la fortificación del azúcar con este nutriente. Actualmente esta práctica es aplicada como programas nacionales en Guatemala, Honduras, El Salvador (Dary, 1998: 25)

La fortificación de alimentos se ha definido como la adición de una o más nutrientes que no están presentes normalmente en un alimento o en el agua, para usarlo como vehículo de administración del nutriente. Es importante indicar que cuando se fortifica un alimento no se hace únicamente pensando en un micronutriente en especial, sino que se trata que el alimento fortificado contribuya a mejorar el estado nutricional de las principales deficiencias nutricionales tales como la deficiencia de vitamina A, de hierro, ácido fólico, zinc, de vitaminas del complejo B y otras.

En los últimos años se ha promovido grandemente la fortificación de alimentos debido a las ventajas que ésta tiene, tales como un gran potencial para beneficiar en el menor tiempo a la mayor parte de la población que padece de desnutrición, además no requiere el desarrollo de nuevos hábitos alimentarios y tiene un costo relativamente bajo.

Para que la fortificación de alimentos se realice eficientemente es necesario seleccionar adecuadamente el vehículo alimenticio y el compuesto de hierro a utilizar.

## **B. Vehículo alimenticio**

Cuando se habla de fortificar con hierro es importante seleccionar adecuadamente el vehículo alimenticio ya que los diferentes compuestos de hierro en menor o mayor grado, pueden afectar las propiedades organolépticas del alimento, así como su vida de anaquel (De León, 1995:16)

Existen varios criterios que deben tomarse en cuenta para seleccionar el vehículo alimenticio. Cook y Reusser dividen estos criterios en dos aspectos, uno relacionado a los aspectos de consumo y el otro relacionado a la factibilidad técnica para la fortificación. Vale la pena mencionar que el vehículo seleccionado debe ser consumido por una alta proporción de la población. Además, el alimento fortificado debe ser consumido por la población a riesgo, que generalmente son niños y mujeres de familias de escasos recursos. Los alimentos comercialmente disponibles llegan a una gran cantidad de consumidores, pero una de las condiciones más importantes es que sean accesibles al grupo humano que se desea favorecer (De León, 1995:16)

Idealmente el vehículo no debe contener otros nutrientes tales como el yodo que afecta el hierro agregado, o el calcio que compite con el hierro en términos de absorción.

## **C. Requisitos de la fortificación**

Muchos años de experiencia en fortificación de alimentos han permitido establecer los requisitos básicos para que ésta pueda fundamentar programas de salud pública exitosos. Entre estos requisitos pueden mencionarse los siguientes: debe de ser un vehículo alimentario consumido por la población a riesgo, los cambios organolépticos en el alimento, deben ser inapreciables o aceptables, el nutriente debe tener una estabilidad adecuada, el costo debe ser razonable y por último debe ser un nutriente fisiológicamente disponible.

## D. Desarrollo de un alimento fortificado

**1. Optimización de los compuestos de fortificación.** El éxito de la fortificación con hierro depende grandemente, al igual que de la buena selección del vehículo, del compuesto de hierro utilizado. La fortificación con hierro es técnicamente más difícil que la fortificación con otros nutrientes debido a que las diferentes formas de hierro biodisponible son químicamente reactivas y algunas veces producen efectos indeseables en los alimentos (De León, 1995:16)

Existen varios criterios importantes para la selección de la fuente de hierro, algunos de ellos relacionados con la influencia del hierro sobre las propiedades organolépticas del producto, otros con la biodisponibilidad de la fuente de hierro y el último relacionado con los costos de dichas fuentes de hierro (De León, 1995:16)

Los compuestos de hierro habitualmente empleados para fortificación de alimentos se pueden dividir en cuatro grupos: a) aquellos que son fácilmente solubles en agua, b) aquellos que son escasamente solubles en agua pero que lo son en soluciones levemente ácidas como el jugo gástrico, c) aquellos que no son solubles en agua pero tampoco en soluciones débilmente ácidas y d) compuestos de hierro protegidos Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

Los compuestos solubles en agua tienen elevada biodisponibilidad en la rata y en el humano, de la misma manera que los compuestos que no son solubles en agua pero que lo son en ácidos débiles. Aquellos compuestos que son pobremente solubles en ácidos débiles tienen una biodisponibilidad de baja a moderada; esto es debido a su variable disolución en el jugo gástrico, además de la características propias del compuesto y a la composición del alimento (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

Si bien parece lógico emplear los compuestos de mayor biodisponibilidad, éstos lamentablemente producen cambios inaceptables para el consumidor en el color y el sabor en numerosos alimentos. Optimización significa, por lo tanto, seleccionar el compuesto con mayor potencial de absorción que no altere las características organolépticas en el alimento vehículo (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

**2. Biodisponibilidad.** La cantidad que se absorbe del hierro en un alimento fortificado va a depender de tres factores. Estos incluyen: la composición de la dieta, el estado anémico del individuo que consume la dieta, y la relativa biodisponibilidad del hierro a utilizar en la fortificación (Bothwell, 1999:23)

La absorción de un compuesto de fortificación depende principalmente de su solubilidad en el jugo gástrico. Los compuestos hidrosolubles como el sulfato ferroso se disuelven instantáneamente en el jugo gástrico, mientras que otros menos solubles como el hierro elemental raramente se disuelven en su totalidad. Una vez disuelto, el hierro de fortificación entra al pool común, donde su absorción (como toda la del pool de hierro) dependerá del contenido en ligandos inhibidores o favorecedores en la comida, y del estado nutricional en hierro del individuo, fitato y polifenoles, por ejemplo, y un estado nutricional satisfactorio disminuirán la absorción ; por el contrario ascorbato o un estado nutricional deficiente aumentarán la absorción (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

En razón de que el estado nutricional en hierro y los diversos componentes de las comidas pueden afectar notablemente la absorción del hierro, la absorción de un compuesto de hierro puede variar desde menos de 1% a casi 100%. Por tanto, cuando se comparan diferentes compuestos, su biodisponibilidad debe de ser medida en relación al compuesto de referencia. El compuesto de referencia es habitualmente el sulfato ferroso al cual se le asigna una biodisponibilidad relativa (BDR) de 100.

En el cuadro # 4 se muestran las propiedades de las fuentes de hierro empleadas para fortificar alimentos :

Cuadro 4 . Características químicas, biológicas y cantidades de sales de hierro utilizadas en la fortificación de un alimento (Bothwell, 1999:23)

Sales de hierro	Contenido aproximado de Fe (%)	Biodisponibilidad relativa		Costo relativo
		Rata	Humano	
<b>SOLUBLES EN AGUA</b>				
Sulfato ferroso	20	100	100	1.0
Sulfato ferroso anhidro	33	100	100	0.7
Gluconato ferroso	12	97	89	5.1
Lactato ferroso	19	-	106	4.1
Citrato férrico amónico	18	107	-	2.1
<b>POCO SOLUBLES EN AGUA/ SOLUBLES EN MEDIO</b>				
ÁCIDO	33	95	100	1.3
Fumarato ferroso	35	119	92	4.1
Succinato ferroso	10	92	74	5.2
Sacarato ferroso				
<b>INSOLUBLES EN AGUA/ POCO SOLUBLES EN MEDIO</b>				
ÁCIDO	28	6-46	25-32	4.1
Ortofosfato férrico	19	-	30-60	-
Ortofosfato férrico amónico	25	45-58	21-74	2.3
Pirofosfato férrico				
Hierro elemental	98	44-48	5-100	0.5
electrolítico	98	39-66	5-20	1.0
Carbonilo	97	24-54	13-148	0.2
Reducido				
<b>COMPUESTOS PROTEGIDOS</b>				
NaFe EDTA	14	-	28-416	6.0
Hemoglobina	0.34	-	100-700	-

**3. Características organolépticas.** Al agregar a las comidas, los compuestos de hierro frecuentemente producen alteraciones en el sabor y en el color que son inaceptables

para el consumidor. Muchos compuestos de hierro son de color y no pueden ser empleados para fortificar alimentos de colores claros. Además los compuestos que son más solubles frecuentemente reaccionan con sustancias en los alimentos dando origen a compuestos coloreados (Carmuego, O'Donell, et al. 1997: 28)

También los sabores extraños pueden derivar del sabor metálico propio del hierro, especialmente en bebidas. Sin embargo, el efecto catalítico del hierro sobre la oxidación de lípidos en cereales durante su almacenamiento es el principal problema. Como en el caso de la decoloración de los productos, son los compuestos solubles en agua, como el sulfato ferroso, los que más promueven la oxidación de las grasas y reducen la vida media (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

**a. Compuestos solubles en agua.** Los compuestos solubles en agua son los compuestos de hierro de más alta biodisponibilidad y a la vez los que tienen más capacidad para afectar el sabor y el color de los alimentos a los cuales se agregan. Son obviamente esenciales para fortificar productos líquidos y habitualmente existe escasa diferencia entre compuestos con respecto a su biodisponibilidad, y a los problemas organolépticos que pueden ocasionar. El sulfato ferroso es el más barato y es ampliamente empleado en la fortificación de fórmulas infantiles, también es utilizado para fortificar pasta o harina de trigo que son almacenados por sólo corto tiempo, ya que este compuesto de hierro es químicamente reactivo y tiende a producir cambios organolépticos indeseables con el tiempo (Bothwell, et al.2002:392)

Otras alternativas son el gluconato ferroso, lactato ferroso y citrato amónico férrico. Aunque no existen evidencias que las sales férricas solubles sean absorbidas en menor medida que las ferrosas cuando el hierro está en forma ionizada, es posible que el hierro férrico se una más fuertemente con inhibidores de la absorción tales como el ácido fítico o polifenoles.

**b. Compuestos solubles en soluciones ácidas débiles.** Estos compuestos son el fumarato ferroso, succinato ferroso y sacarato férrico. Su ventaja es que causan problemas tecnológicos mucho menores que los compuestos solubles en agua, a pesar de que igual entran en el pool común del hierro durante la digestión de los alimentos. Se han propuesto para ser usados en la fortificación de cereales infantiles y en polvos para bebidas de chocolate (Bothwell et al. 2002: 392)

**c. Compuestos de hierro pobremente solubles en ácidos débiles.** Estos compuestos son el pirofosfato férrico, el ortofosfato férrico, el ortofosfato férrico amónico y los polvos de hierro elemental producidos por técnicas de carbonilo, electrólisis o reducción. Son los compuestos más frecuentemente empleados en la fortificación de alimentos siendo su principal virtud no causar problemas organolépticos. Su desventaja es que tienen una absorción muy variable pues no se disuelven con facilidad en el jugo gástrico (Bothwell et al. 2002:392)

**d. Compuestos protegidos NaFeEDTA .** La principal ventaja del NaFeEDTA sobre otros compuestos de fortificación es que evita la unión del hierro con el ácido fítico presente en numerosos cereales y legumbres. Por eso la absorción de hierro de NaFeEDTA en alimentos o comidas con elevado contenido en ácido fítico es de 2 a 3 veces mayor que la del sulfato ferroso (Carmuego, O'Donell, et al. 1997: 28)

De manera parecida al ácido ascórbico, el NaFeEDTA puede ser considerado como un facilitador de la absorción. Tiene además la ventaja de que es estable durante el almacenamiento y durante el proceso de elaboración de los alimentos (Carmuego, O'Donell et al. 1997:28)

El hierro combinado en NaFeEDTA causa menores problemas organolépticos que otros compuestos de hierro hidrosolubles. Puede sin embargo, causar problemas de color en los alimentos. Se ha encontrado que es inapropiado para la fortificación de bebidas chocolatadas y de cereales infantiles que contengan banano y otras frutas (Bothwell, 1999:25)

Aún cuando el NaFeEDTA parece ser el compuesto más adecuado para ser empleado como fortificante en los países en desarrollo, todavía es seis veces más costoso que el sulfato ferroso, pero se absorbe el doble (Bothwell, 1999:25)

**4. Productos nutricionalmente mejorados.** Existen varias intervenciones para combatir o erradicar la deficiencia de hierro, entre las cuales está incrementar la producción y consumo de alimentos fuente de hierro, la cual es una medida a largo plazo; la fortificación de alimentos que es una medida a mediano plazo y la suplementación utilizando cápsulas, pastillas o suspensiones, la cual es una medida a corto plazo, pero requiere de sistemas de salud efectivos (De León, 1995: 10).

Guatemala fue el primer país latinoamericano que fortificó a nivel nacional la sal con yodo en 1956. También fue el primer país del mundo que fortificó el azúcar de consumo interno con vitamina A de forma universal. Lamentablemente el programa se debilitó y en 1982 se suspendió. Sin embargo, éste se reinició en 1988 y ha continuado hasta la fecha por interés de las autoridades de salud y del sector industrial azucarero.

Un importante avance en la fortificación de alimentos fue la promulgación en junio de 1992, de una Ley general, la "Ley de Fortificación, Enriquecimiento y Equiparación de alimentos" (Decreto 44-92). En 1993 se aprobaron los tres reglamentos que operacionalizan la ley: Reglamento para la fortificación de sal con yodo (Acuerdo Gubernativo 496-493), Reglamento para la Fortificación de azúcar con vitamina A (Acuerdo gubernativo 497-493) y Reglamento de Fortificación de Harina de Trigo (acuerdo Gubernativo 498-493). A partir de la Ley General, se conformó la comisión Nacional de Fortificación, Enriquecimiento y Equiparación de Alimentos, que desde 1993 ha desarrollado una labor importante

El reglamento de fortificación de harinas contempla el agregado de hierro a la harina de trigo. De 1977 a 1980 se efectuó en la costa sur y el altiplano del país, la medición de la eficacia a nivel poblacional del azúcar doblemente fortificada con vitamina A y NaFeEDTA (hierro sódico del ácido etilendiaminotetraacético). Los resultados mostraron que en la mayoría de las personas en las comunidades que recibieron azúcar doblemente fortificada los niveles de hierro de reserva aumentaron significativamente en comparación con la comunidad de control.

Recientemente se agregó hierro y vitamina A a la galleta que se distribuye en las escuelas públicas del país (De León, 1995:10)

**a. Fortificación de harinas.** Guatemala ha sido pionero en el mundo en desarrollo, en adoptar la adición de hierro y vitaminas del complejo B ( tiamina,

riboflavina, niacina, ácido fólico) a alimentos de consumo popular (harina de trigo, incaparina, galleta escolar y otros). Se ha logrado reducir la anemia, pero ésta continúa manifestándose en 35% de mujeres y 50% de niños menores de 2 años de edad, por lo que se requieren introducir medidas adicionales (Dary, 2000:25)

A partir de 1998 se fortaleció la práctica de agregar micronutrientes a la harina de trigo y en todos los países centroamericanos que, con la excepción de Guatemala, ya están agregando niveles adecuados de ácido fólico. El retraso de Guatemala con relación a sus vecinos es porque no se ha emitido el Reglamento actualizado, a pesar de que una propuesta del mismo se presentó desde hace varios meses. Se estima que el consumo de productos de panificación suministra del 12 a 18% de la Recomendación dietética diaria (RDD) de hierro y cerca del 25% de ácido fólico (Dary, 2000:25)

La deficiencia de hierro es difícil resolver, debido sobre todo a la baja absorción de este nutriente en dietas predominantemente vegetarianas, como el caso de Guatemala. Por lo tanto, en adición a la fortificación de la harina de trigo y de productos tipo Incaparina, debe de promoverse la fortificación de la harina de maíz nixtamalizado. Se estima que con este último alimento se estaría aportando del 20 al 40% de las RDD de hierro. La harina de maíz nixtamalizado se fortifica obligatoriamente en Costa Rica desde 1999, y varias empresas lo hacen voluntariamente en México (Dary, 2000:25)

La dieta del guatemalteco común, es insuficiente para llenar las necesidades de nutrientes del organismo humano. Esto se debe a varias razones:

- Poca disponibilidad de otros alimentos para satisfacer otros requerimientos nutricionales.
- Baja capacidad de compra en la mayoría de la población de alimentos que, aunque estén disponibles, son caros; y
- Deteriorada utilización biológica de los nutrientes de los alimentos de la dieta, ya sea por ausencia de un nutriente importante o por mal procesamiento de los alimentos o por mala digestibilidad debido a la presencia de infecciones y enfermedades.

Con el propósito de aliviar esta situación, los investigadores del INCAP se dieron a la tarea de buscar alimentos que se elaboraran con ingredientes disponibles en el país, que resultarían económicamente accesibles y que fueran culturalmente aceptables por la población guatemalteca, ejemplo de esto, es la galleta escolar

Las galletas nutricionalmente mejoradas son alimentos originalmente formulados por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), con el objetivo de tener fuentes complementarias de energía, proteína de buena calidad y todas las vitaminas y minerales esenciales para la nutrición humana, y que además sean del más bajo precio. Estos alimentos son elaborados siguiendo el principio de complementariedad de la composición de aminoácidos de las proteínas de diferentes harinas vegetales, con la intención de mejorar la calidad de los alimentos y hacerlos comparables a los alimentos de origen animal, tales como la leche y el huevo.

**b. La galleta escolar.** El gobierno de Guatemala desde hace muchos años, a través del Ministerio de Educación, se ha interesado por mejorar el rendimiento de los escolares y su asistencia a los centros de enseñanza proporcionándoles una merienda escolar, que complemente la dieta que reciben en sus hogares. El programa de alimentación escolar se inició en 1956 con alimentos proporcionados por UNICEF y luego por el

Gobiernos de los Estados Unidos. Posteriormente, el gobierno asumió todos los costos del programa, por lo que se vio en la necesidad de buscar los mejores alimentos y del menor costo, y fue así que desde 1977 a 1985, la merienda escolar consistió en un vaso diario de Incaarina.

En 1986, con el propósito de facilitar el manejo del programa y reducir aún más los costos se introdujo un nuevo alimento, la galleta escolar nutricionalmente mejorada. La galleta escolar tiene como ingredientes maisoy (70% maíz y 30% soya) o fortiharina, una proporción igual de harina de trigo para propósitos de panificación y grasa vegetal (20%) para aumentar la densidad energética. El valor biológico de esta galleta es alrededor de 80% de la calidad protéica de la caseína, una proteína de la leche. El enriquecimiento de la galleta en 1993 se basó en una galleta que llenara 75% de la IDR de hierro y vitamina A para niños de 9-11 años de edad y 50% de las otras vitaminas. En 1996, la composición de la galleta también incluyó ácido fólico y vitamina B<sub>12</sub>.

En resumen, en 1986 a 1996, la galleta nutricionalmente mejorada constituyó el principal alimento de la refacción escolar en Guatemala. La galleta nutricionalmente mejorada proporcionó a los escolares 75-100% de la IDR de retinol, 40-50% de todos los otros micronutrientes agregados, y contribuyó con 7-10% de las necesidades diarias de energía y proteína de buena calidad.

La galleta nutricionalmente mejorada presenta algunas ventajas sobre las harinas compuestas: su manejo es práctico porque no requiere preparación, viene lista para ser ingerida por los alumnos; es de igual o menor costo.

La galleta que se consume en las escuelas oficiales de Guatemala pesa 28g, contiene 140kcal y más de 2g de proteína. En el cuadro 5 se presenta su valor nutritivo.

Cuadro 5 . Valor nutritivo de la galleta escolar

COMPONENTE	CANTIDAD
Peso	28 g, mínimo
Humedad	1.4g, máximo
Proteína	2.0g, mínimo
Calorías	140kcal, mínimo
Lisina disponible	215-250mg/gN
Hierro	7.5mg, mínimo
Vitamina A	525g, mínimo
Tiamina	0.5mg, mínimo
Riboflavina	0.6mg, mínimo
Niacina	6.5mg, mínimo
Calidad protéica	> 80% de la calidad de la proteína de la leche

## V. ANÁLISIS SENSORIAL

Las impresiones sensoriales de los consumidores de alimentos comienzan en el lugar de la compra, donde la selección de alimentos está determinada por los sentidos del olfato, vista, tacto y en algunos casos del gusto. Durante la compra, preparación y consumo de alimentos, el costo del producto, empaque, apariencia cruda y cocida así como facilidad de preparación, son todos los factores que influyen sobre la percepción total del consumidor hacia un producto (Elías, et al. 1992:160).

En el caso de alimentos que son fortificados con hierro, frecuentemente se van a presentar alteraciones en el sabor y en el color que son inaceptables para el consumidor, por eso de la importancia de la realización de varias pruebas sensoriales para obtener un producto final sensorialmente aceptable .

### A. Pruebas orientadas al consumidor

En las pruebas orientadas hacia las preferencias del consumidor se selecciona una muestra aleatoria numerosa, compuesta de personas representativas de la población de posibles usuarios, con el fin de obtener información sobre las actitudes o preferencias de los consumidores. En las pruebas con consumidores no se emplean panelistas entrenados ni seleccionados por su agudeza sensorial; sin embargo, los panelistas deben de ser usuarios del producto (Elías, et al. 1992:160).

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto) (Elías, et al. 1992:160).

**1. Pruebas de preferencia.** Las pruebas de preferencia le permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencias.

**2. Pruebas de aceptabilidad.** Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo).

**3. Pruebas hedónicas.** Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo". Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada.

## **B. Pruebas orientadas al producto**

En las pruebas orientadas hacia el producto, se emplean pequeños paneles entrenados que funcionan como instrumentos de medición. Los paneles entrenados se utilizan para identificar diferencias entre productos alimenticios similares o para medir la intensidad de características tales como el sabor (olor y gusto), textura o apariencia. Por lo general, estos paneles constan de 5 a 15 panelistas seleccionados (Elías, et al. 1992:160)

Las pruebas orientadas a los productos, utilizadas comúnmente en los laboratorios de alimentos, incluyen las pruebas de diferencias, pruebas de ordenamiento por intensidad y pruebas de análisis descriptivo. Estas pruebas siempre se llevan a cabo utilizando paneles de laboratorio entrenados (Elías, et al. 1992:160).

**1. Pruebas de diferencia.** Las pruebas de diferencia se diseñan para determinar si es posible distinguir dos muestras entre sí, por medio de análisis sensorial. Las pruebas de diferencia pueden utilizarse para determinar si ha ocurrido un cambio perceptible en la apariencia, sabor o textura del alimento, como resultado de su almacenamiento o si ha ocurrido un cambio en el proceso de elaboración o alteración en algún ingrediente.

La prueba de triángulo es un tipo de prueba de diferencia utilizada comúnmente para determinar si existen diferencias perceptibles entre dos muestras. Para propósitos similares, se pueden utilizar otras pruebas tales como , la prueba de comparación pareada y la prueba dúo-trío.

## VI. JUSTIFICACIÓN

Guatemala como muchos otros países del mundo con escasos recursos económicos, sufre los problemas de no contar con alimentos nutricionalmente balanceados al alcance de la población más vulnerable, tanto en términos de cantidad como de calidad nutricional. La necesidad de satisfacer estas demandas por parte de la población desposeída se hace cada vez más grande, lo que ha conducido a empezar a establecer estrategias con el objeto de fortificar productos de consumo masivo como el azúcar, algunas grasas vegetales, el pan y otros.

La galleta nutritiva que se propone formular ofrecerá un alto aporte calórico y protéico además de contar con 15mg de hierro. Adicionalmente contendrá ácido ascórbico para que aumente la absorción del hierro.

Tres unidades de esta galleta nutritiva llenará el requerimiento dietético diario de hierro de madres embarazadas el cual es de 15mg/día. Este grupo de población ha mostrado en las estadísticas ser vulnerable a la deficiencia de hierro, por lo cual este alimento será dirigido a madres embarazadas.

## **VII. OBJETIVOS**

### **A. GENERALES**

- Formular un alimento tipo galleta de alto valor nutritivo fortificado con hierro , el cual cumple con los requerimientos dietéticos diarios de hierro de madres embarazadas al consumir tres unidades y que además presente características físicas y organolépticas similares a la de una galleta convencional.

### **B. ESPECÍFICOS**

- 1) Formular una galleta nutritiva que aporte 5mg Fe/100g para llenar requerimientos dietéticos diarios de madres embarazadas al consumir tres unidades.
- 2) Suplementar la galleta formulada con 100mg/100g de ácido ascórbico para promover la utilización del hierro reducido.
- 3) Evaluar biodisponibilidad del hierro reducido in vitro antes y después del homeado.
- 4) Llevar a cabo un análisis sensorial del producto para determinar la aceptabilidad del producto en una población de mujeres embarazadas.

## VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales

**1. Materia prima.** La formulación original de la galleta era a base de semilla de marañón, harina de arroz, avena tostada, harina de soya, pepitoria, lecitina de soya, jarabe de azúcar y aceite de ajonjolí. Se hicieron modificaciones a la receta original, y como materia grasa se utilizó la margarina en lugar del aceite de ajonjolí, azúcar en lugar de jarabe de azúcar además se agregó huevo para darle una mejor consistencia y textura a la masa. A continuación se muestra un listado de los ingredientes que se utilizaron para su elaboración.

La materia prima que se indica a continuación rinde para 20 galletas con un peso de 33g cada una, siguiendo la receta que aparece en el apéndice 4.

Cuadro 6. Materia prima de la galleta formulada

Ingredientes	Cantidad
Harina de arroz	120 g
Avena tostada	60g
Harina de soya	60g
Semilla de marañón	30g
Pepitoria	30g
Lecitina de soya	15 cc
Azúcar	200 g
Huevo	1 unidad (50g)
Margarina	100 gramos

Se utilizó una mezcla de cereales en una proporción del 60-80%, constituidos por: harina de arroz, harina de soya y avena tostada. Se combinó con un 20-40% de oleaginosas, para que se obtuviera como resultado un producto de alto valor protéico. Las oleaginosas que se utilizaron fueron: la semilla de marañón y la pepitoria. Se decidió utilizar estas oleaginosas ya que son de producción nacional por lo tanto son de fácil adquisición.

Se recomienda utilizar esta galleta como un tipo "snack" o merienda. El costo aproximado por unidad es de Q 0.60.

**2. Equipo.** La galleta nutritiva se elaboró en los laboratorios de la Universidad del Valle. El equipo que se necesitó para la preparación de la galleta fue:

- 1 espátula
- mesa de trabajo de acero inoxidable
- 1 balanza Kitchen Scale Poyear 5lbs de capacidad/ modelo PS-28
- 1 batidora Kitchen Aid
- 1 procesador de alimentos marca Toastmaster
- 1 bol para mezclar los ingredientes de capacidad 2500ml
- 1 juego de cucharas medidoras

- 1 juego tazas medidoras
- 2 bandejas de hornear 44cm largo x 32 cm de ancho. Cada bandeja contenía 10 galletas.
- horno de convección, 1 bandeja por cada tanda.
- 1 molde redondo para galletas de acero inoxidable

## B. Métodos

**1. Formulación del producto.** A continuación se muestran los pasos que se siguieron para formular la galleta:

- a. Se hizo un listado de los ingredientes.
- b. Se registraron las cantidades y el procedimiento a seguir.
- c. Se pesaron todos los ingredientes que se utilizaron en la preparación.
- d. Se siguió el procedimiento que indicaba la receta (ver apéndice 4).
- e. Se realizó evaluación sensorial del producto terminado.
- f. Se hicieron los cambios sugeridos y pertinentes a la formulación según los resultados de la evaluación sensorial.
- g. Después de realizados los cambios se realizaron cuatro pruebas hasta que se obtuvo el producto deseado.

**2. Análisis proximal de la galleta nutritiva.** Luego de haber estandarizado la receta se procedió a hacer el análisis químico proximal en la siguiente forma:

- a. mezcla de ingredientes en crudo
- b. mezcla de ingredientes en crudo fortificados
- c. galleta nutritiva horneada
- d. galleta nutritiva horneada fortificada

El análisis químico proximal incluyó lo siguiente:

a. Determinación de la humedad

1)Equipo:

- a) Platos metálicos: diámetro de aprox. 55mm, altura aprox 15mm con tapadera.
- b)Desecador sellado, Horno con vacío: conectar la bomba capaz de mantener vacío parcial en horno con presión equivalente a 25mmHg (3.3Kpa) y que tenga termómetro que entra al horno de modo que el bulbo esté cerca de las muestras. Conectar botella secadora de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gaseoso con horno para admitir aire seco al liberar el vacío.

2)Reactivos

- a) CaO como agente secante

3) Procedimiento:

Se pesaron 2g de mezcla en un plato cubierto previamente secado a 98-99°C, se enfrió en desecadora y luego se pesó rápidamente al alcanzar temperatura ambiente.

Se aflojó la tapadera (sin removerla) y se calentó a 98-100°C (aprox 5 horas) en vacío parcial tendiendo una presión de 25mmHg (3.3 kPa). Admitir aire seco al horno para llevar a presión atmosférica.

Inmediatamente después se cubrió bien el plato, se transfirió al desecador y se pesó rápidamente después de que alcanzó temperatura ambiente. Se reportó residuo de harina como sólidos totales y pérdida de peso como humedad.

b. Determinación de proteína: método Kjeldahl

1) Equipo:

a) Para digestión: Usar frascos Kjeldahl de vidrio moderadamente grueso con capacidad de 500-800ml. Conducir digestión sobre aparato calentador ajustado para llevar 250ml de H<sub>2</sub>O a 25° a ebullición en 5 minutos. Para probar calentadores, precalentar 10 minutos si es de gas o 30 si es eléctrico. Agregar de 3-4 perlas para evitar sobrecalentamiento.

b) Para destilación: usar frascos Kjeldahl de 500-800ml ajustado con tapón de hule a través el cual pasa el extremo inferior de un bulbo depurador o trampa para prevenir el acarreamiento de NaOH durante la destilación. Conectar parte superior del tubo del bulbo al tubo del condensador por entubamiento con hule. Atrapar salida del condensador de manera que se asegure la completa absorción del NH<sub>3</sub> destilado al recipiente ácido.

2) Reactivos

- a) Ácido sulfúrico 93-98%
- b) Óxido de mercurio o mercurio metálico – HgO o Hg grado reactivo
- c) Sulfato de potasio (o sulfato de sodio anhídrido)- grado reactivo
- d) Ácido salicílico grado reactivo
- e) Sulfito o solución de tiosulfato. Disolver 40g con K<sub>2</sub>S en 1L H<sub>2</sub>O (solución de 40g Na<sub>2</sub>S o 80g Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O en 1L puede ser usado).
- f) Hidróxido de sodio. Pellets o solución. Para solución disolver 450g de NaOH sólido en agua, enfriar y diluir a 1L.
- g) Gránulos de zinc: grado reactivo
- h) Polvo de zinc. Polvo impalpable
- i) Indicador metil rojo. Disolver 1g metil rojo en 200ml de alcohol.
- j) Solución de ácido hidroclicóric o sulfúrico 0.5N o 0.1N cuando la cantidad de N es pequeña.
- k) Solución estándar de hidróxido de sodio 0.1

3) Procedimiento. Se colocaron muestra pesada (0.7-2.2g) en frasco de digestión. Se agregaron 0.7g HgO o 0.65g Hg metálico 15g K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o anhídrido de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 25 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se colocó frasco en posición inclinada y se calentó gentilmente hasta que cesara la ebullición. Se retiró cuando la solución se aclaró.

Se dejó enfriar a una temperatura menor a 25°, y se agregó aproximadamente 200ml H<sub>2</sub>O, se agregó además 25 ml de la solución de sulfito o tiosulfito y se mezcló para precipitar el Hg. Se agregaron gránulos de Zn para evitar una ebullición violenta, se sacudió el frasco y se agregó una capa de NaOH sin agitar (por cada 10ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilizado se agregó 15g de NaOH sólido o suficiente solución para convertir los componentes fuertemente alcalinos). Inmediatamente se conectó el frasco al bulbo de digestión en el condensador y con la punta del condensador inmersa en solución ácida estándar se agregaron 5-7 gotas de indicador. Se rotó el frasco para mezclar componentes; después se calentó hasta que todo el NH<sub>3</sub> se había destilado (aprox 150ml de destilado). Se removió el frasco receptor, se lavó la punta del condensador y se tituló el exceso de solución ácida estándar, el destilado con solución estándar de NaOH. Se corrigió por determinación en blanco de reactivos

$$\%N = [(ml \text{ std } \text{ácida} \times \text{normalidad del ácido}) - (ml \text{ std NaOH} \times \text{normalidad de NaOH})] \times 1.4007/g \text{ de la muestra}$$

$$\text{Proteína} = N \times 6.25$$

#### c. Determinación de grasa

##### 1) Equipo

- a) beaker de 200ml
- b) embudo con vacío
- c) papel filtro

##### 2) Reactivos

- a) Eter anhídrido

3) Procedimiento. Se lavó el éter con 2 ó 3 porciones de agua, se agregó NaOH sólido y se dejó estar hasta que la mayoría de H<sub>2</sub>O había sido extraída del éter. Se decantó a un frasco seco. Se agregaron pequeñas piezas de Na metálico y se dejó estar hasta que la ebullición terminara. Se dejó éter sobre Na metálico en el frasco con el corcho flojo. Se extrajeron aproximadamente 2g de muestra y se colocaron en embudo con 5 porciones de 20 ml H<sub>2</sub>O. Se extrajo aproximadamente 2g de muestra secada con el método de humedad con éter anhídrido. Se utilizó un thimble con porosidad permitiendo el rápido paso del éter. El período de extracción varió de 5-6 horas a una velocidad de condensación de 5-6 gotas/seg. Se secó el extracto por 30 minutos a 100 °C, se enfrió en la desecadora y se pesó.

#### d. Determinación de cenizas

##### 1) Equipo

- a) balanza analítica
- b) horno de alta temperatura
- c) platos metálicos
- d) desecador

## 2) Reactivos

a) CaO como agente secante

3) Procedimiento: Se pesa de 3 gr de la muestra bien mezclada en un plato de cenizas poco profundo que ha sido calentado y enfriado en desecador y pesado al alcanzar temperatura ambiente. Se calentó el horno a 550° (rojo vivo) hasta que se observó una ceniza gris clara. Se dejó enfriar en desecadora y se pesó cuando la muestra alcanzó temperatura ambiente. CaO fue un agente secante satisfactorio para el desecador.

## e. Determinación de la fibra dietética

## 1) Equipo

a) Para digestión: colocar en el condensador un beaker de 600ml, un plato térmico ajustable a una temperatura que lleve 200ml de H<sub>2</sub>O a 25° por 15 minutos.

b) Plato de cenizas: sílica, vitreosil 70x15mm, o de porcelana No. 450 tamaño 1

c) Desecador

d) Filtro de succión

## 2) Reactivos

a) solución de ácido sulfúrico: 0.255±0.005N 125g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100ml

b) solución de hidróxido de sodio: 0.313±0.005N 1.25g NaOH/100ml

c) Preparación de la fibra cerámica: coloque 60g de fibra cerámica en la batidora, agregar 800ml de H<sub>2</sub>O y batir por 1 minuto a baja velocidad. La determinación en blanco se hace con 2g de fibra cerámica con ácido y alcali. Corregir los resultados de la fibra cruda para cualquier blanco que sea despreciable (aprox. 2mg).

d) Alcohol al 95%, isopropanol

e) Perlas de ebullición

3) Procedimiento. Se molió la muestra hasta que se obtuvo una finura uniforme. Determinación: Se extrajo 2g de la muestra con éter o éter de petróleo. Se transfirió a un beaker de 600ml. Se agregó aproximadamente 1.5-2.0g de fibra cerámica seca, 200ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.25% ebullición y 1 gota de antiespumante. Se agregaron también perlas de ebullición. Se colocó el beaker en frasco de digestión, y se calentó con una camisa térmica por 30 minutos, se rotó el beaker periódicamente para que los sólidos no se adhieran a las paredes. Se removió el beaker y se filtró con un California Buchner. California Buchner: Se lavó el beaker con 50-75ml de agua caliente y se lavó a través del buchner. Se repitió con 3 porciones de 50ml de H<sub>2</sub>O y se dejó secar. Se agregaron 200ml de NaOH al 1.25% caliente, y se dejó ebullición por 30 minutos. Se filtró. Se lavó con porciones de 25ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1.25% caliente, 3 porciones de 50ml H<sub>2</sub>O y 25ml de alcohol. Tratamiento del residuo: se colocó el residuo a 130° por 2 horas. Se dejó enfriar en el desecador y se pesó. Luego se colocó en la mufla a 600° por 30 minutos. Se dejó enfriar y se volvió a pesar.

% de fibra cruda :

$$\left[ \frac{\text{peso crisol muestra seca} - \text{peso crisol muestra calcinada}}{\text{peso inicial}} \right] \times 100$$

f. Determinación del hierro total

1) Equipo:

- a) Balanza analítica
- b) Mufla
- c) Agitador

2) Reactivos

- a) Solución de orthophenanthroline: disolver 0.1g de o-phenanthroline en aproximadamente 80ml H<sub>2</sub>O a 80°, enfriar y diluirlo hasta 100ml.
- b) Solución alpha, alpha-dipiridilo: disolver 0.1g  $\alpha$ - $\alpha$ -dipiridol en agua y diluir hasta 100ml
- c) Solución estándar de hierro: 0.01mg Fe /ml. Disolver 0.1g de hierro en 20ml de HCl y 50ml de H<sub>2</sub>O y diluirlo a 1L. Diluir 100ml de esta solución a 1 L. O disolver 3.512g Fe (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O en agua, añadir 2 gotas de HCl y diluirlo hasta 500ml. Diluir 10ml de esta solución a 1L
- d) Solución de hidrocloreuro de hidroxilamina: disolver 10g H<sub>2</sub>NOH. HCl en H<sub>2</sub>O y diluirlo hasta 100ml.
- e) Solución buffer de acetato: disolver 8.3g NaOAc anhidrido (previamente secado a 100°) en agua, agregar 12ml HOAc y diluirlo hasta 100ml.
- f) Solución de acetato de sodio 2M: disolver 272g NaOAc. 3H<sub>2</sub>O en H<sub>2</sub>O y diluirlo hasta 1L
- g) Solución de buffer pH 3.5: diluir 6.4ml de la solución NaOAc 2M y 93.6ml HOAc 2M a 1L con H<sub>2</sub>O

3) Procedimiento. Preparación de las curvas estándar Se prepararon

once soluciones de 0.0, 2.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0, 25.0, 30.0, 35.0, 40.0 y 45.0 ml de la solución estándar de hierro además de 2.5ml de HCl en 100ml. Se usaron 10ml de cada una de estas soluciones.

Determinación: Cenizas en seco. Se pesar 10g de la muestra en un plato de porcelana. Se calentó el horno a 550° (rojo vivo) hasta que se observó una ceniza gris clara. Digestión en húmedo. Se transfirieron 10.00g de muestra a una frasco de Kjeldahl de 800ml de capacidad, se lavó previamente con ácido diluido, luego con agua ; se añadieron 20ml de H<sub>2</sub>O y se mezcló, se pipeteó 5ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y se mezcló. Se añadieron 25ml HNO<sub>3</sub> y se mezcló bien. Después de unos minutos, se calentó el frasco gentilmente en intervalos breves hasta que el NO<sub>2</sub> dejó de hacer gas. Se continuó calentando hasta que el material se carbonizó, luego se agregaron unos ml de HNO<sub>3</sub> en intervalos hasta que se obtuvo gas del SO<sub>3</sub> y el líquido se tornó incoloro o amarillo pálido (60-65ml HNO<sub>3</sub> en total en un período de 2 horas). Se dejó enfriar y agregaron 50 ml de H<sub>2</sub>O y perlas de ebullición, se dejó ebullicir para que salieran los gases de SO<sub>3</sub>, se dejó enfriar y se agregaron 25ml H<sub>2</sub>O y se filtró en papel de 11cm en un frasco de 100ml. Se pipetearon 10ml en un beaker de 25ml, y se agregó 1ml de solución H<sub>2</sub>NOH.HCl, se rotó el beaker, y se dejó reposar por unos minutos. Se agregaron 9.5ml NaOAc 2M y 1ml o-phenanthroline y se dejó por 5 minutos . Se determinó en el espectrofotómetro a 521nm.

- g. Carbohidratos. Se determinaron por diferencia
- h. Calorías. Se calcularon multiplicando el contenido de proteína por 4, el de carbohidratos por 4 y el de grasa por 9.

**3. Fortificación con hierro.** La galleta nutritiva se fortificó con hierro reducido, ya que este tipo de hierro se conoce por su virtud de no causar problemas organolépticos. El vehículo que se utilizó para la fortificación fue la harina de arroz. A ésta se le mezcló el hierro reducido antes de que se mezclara con los otros ingredientes. La cantidad de hierro que se utilizó fue 15mg Fe/100g de mezcla. Lo que significa que una madre embarazada para poder llenar su requerimiento de hierro necesita consumir 3 galletas nutritivas. Cada galleta pesó 33g y aportará 4.7mg de hierro. Además se agregó vitamina C 100mg/100g con el fin de mejorar la absorción del hierro.

Se evaluó la biodisponibilidad del hierro in vitro, antes del horneado y después, y se determinó las pérdidas que ocurren durante el procesamiento.

El procedimiento para la evaluación de la biodisponibilidad del hierro in vitro fue el siguiente :

a. Disponibilidad del hierro in vitro. A muestras de 10-11g se agregó HCl 6N de manera tal de obtener 100g de suspensión homogénea de pH 2. A continuación se incubó con 3.2ml de una suspensión de pepsina (sigma-P-7000) en ácido clorhídrico 0.1N (4g:100ml) a 37° por 2 horas, con agitación. Dos alícuotas de 15g del digerido pepsínico se vertieron en recipientes en los cuales se había colocado previamente bolsas de diálisis que contenían 18.75ml de solución tampón PIPES (sal disódica del ácido piperazine-N, N-bis2 etano sulfónico; sigma P-3768) 0.5M pH 6.3. Las muestras se incubaron en baño de agua a 37°C con agitación hasta que el digerido alcanzó pH 5. Luego se agregaron 3.75ml de una mezcla de 0.5g de pancreatina porcina (sigma P-1750) y 3g de bilis (sigma B8631) en 250ml de NaHCO<sub>3</sub> 0.1N y se incubaron durante 90 minutos más. Se retiraron las bolsas de diálisis, y sus contenidos se llevaron a un volumen de 25ml con agua destilada. El hierro dializado se midió directamente con el espectrofotómetro a 521nm. Como hierro disponible in vitro se considera al hierro dializado que se obtuvo de la relación:

$$\% \text{ de Fe dializado} = \frac{D}{P} \times F \times 100$$

donde

D = hierro dializado (g)

P = peso de la muestra digerida (g)

F = hierro total en la muestra digerida (g)

Los análisis se realizaron por duplicado.

**4. Evaluación sensorial del producto terminado.** La evaluación sensorial de la galleta fortificada se hizo inicialmente con un grupo focal y luego con un grupo de mujeres embarazadas.

Se trabajó con un grupo focal, con el fin de que éste diera opiniones y recomendaciones para hacer los cambios necesarios en el producto.

a. Grupo focal

1) Lugares de realización . Laboratorio de Análisis Sensorial de la UVG  
Se presentó la galleta fortificada y la no fortificada en una bandeja de un color neutro, sobre platos descartables. En la bandeja también se colocaron dos vasos uno para enjuague y el otro para los residuos que quedaran en la boca.

2) Características de los panelistas

- a) Número: 8
- b) Edad: mayores de 18 años
- c) Sexo: femenino y masculino

En este tipo de método el productor estuvo presente durante la sesión, dirigiendo la mecánica. Se hicieron preguntas en cuanto a los atributos de color, olor, sabor, textura, dureza y presentación y se tomó notas de las respuestas y comentarios que expresaron todos los miembros del panel. En el apéndice 5 se presenta la guía que se utilizó para la dirección del panel.

b. Aceptabilidad y preferencia

1) Lugares de realización. Hospital Roosevelt y Hospital San Juan de Dios Para las pruebas de aceptabilidad y preferencia las muestras se presentaron en una bandeja de color neutro, sobre platos descartables con un código de tres dígitos, el cual se obtuvo de la tabla de números aleatorios (ver apéndice 2). En el cuadro 7 se puede observar en el orden en que se presentaron las muestras, y sus respectivos códigos. La muestra P se refiere a la galleta sin fortificar y la muestra F corresponde a la galleta fortificada.

La prueba de aceptabilidad y la prueba de preferencia se hicieron en forma de entrevista, en la cual personalmente se iba llenando la boleta (ver apéndice 1). Se utilizó la misma boleta para ambas pruebas.

Los atributos que se evaluaron en la prueba de aceptabilidad fueron: color, sabor, apariencia y olor.

En la prueba de preferencia se les pidió a las panelistas que señalaran la galleta que más les había gustado

c. Características de los panelistas

- 1) Número: 50
- 2) Edad: mayores de 18 años
- 3) Estado fisiológico: embarazadas
- 4) Sexo: femenino

Cuadro 7. Orden de presentación de las muestras

No.	Muestra P	No.	Muestra F
1	362	1	954
2	899	2	600
3	415	3	859
4	460	4	244
5	741	5	008
	Muestra F		Muestra P
6	889	6	583
7	861	7	253
8	875	8	458
9	314	9	660
10	798	10	480
	Muestra P		Muestra F
11	645	11	753
12	438	12	220
13	682	13	393
14	683	14	880
15	841	15	986
	Muestra F		Muestra P
16	708	16	068
17	189	17	230
18	264	18	878
19	919	19	847
20	628	20	538
	Muestra P		Muestra F
21	390	21	389
22	712	22	548
23	505	23	144
24	723	24	480
25	989	25	244

## 5. Análisis de datos

a. Grupo focal. Para presentar los resultados se hizo una interpretación de las opiniones de los panelistas.

b. Aceptabilidad y preferencia Los datos obtenidos de cada boleta se revisaron y tabularon. Luego se procedió hacer un análisis de los datos.

1) Prueba hedónica de aceptabilidad. Para el análisis de los datos se hizo una sumatoria de todos los números que fueron asignados a cada muestra, obteniéndose los promedios, y se consideró como aceptable un promedio de 6.5 Además se utilizó la prueba estadística de t-student, donde se recurrió a la hipótesis nula de que las muestras son idénticas y que la diferencia en los resultados ( $x_1 - x_2$ ) se debió a errores indeterminados. Para probar estadísticamente esta hipótesis, se empleó la siguiente ecuación:

$$x_1 - x_2 = \pm tS_{\text{ponderada}} \sqrt{\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2}}$$

Donde:

$$S_{\text{ponderada}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum_{j=1}^{N_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 + \sum_{k=1}^{N_3} (x_k - \bar{x}_1)^2 + \dots}}{N_1 + N_2 + N_3}$$

Donde  $N_1$  es el número de datos en la serie 1,  $N_2$  es el número de datos en la serie 2, y así sucesivamente.

2) Prueba de preferencia. Para el análisis se sumó el número de panelistas que prefirieron cada muestra y se determinó la significancia de los totales con la prueba binomial de dos extremos. En esta tabla,  $x$  representó el número total de panelistas que prefirieron una muestra y  $n$  representa el número total de panelistas que participaron en la prueba. Si el resultado es significativo este tuvo que ser menor o igual a 0.05 y así la conclusión fue que los panelistas prefirieron más una muestra que otra.

## IX. CRONOGRAMA

FECHA	ACTIVIDAD
4 de septiembre	1. Determinación de humedad a. mezcla de ingredients en crudo b. galleta nutritiva horneada 2. Determinación de cenizas a. mezcla de ingredients en crudo b. galleta nutritiva horneada
5 de septiembre	1. Determinación de la grasa a. mezcla de ingredients en crudo b. galleta nutritiva horneada
8- 9 de septiembre	1. Determinación de la proteína a. mezcla de ingredients en crudo b. galleta nutritiva horneada 2. Determinación de la Fibra dietética a. mezcla de ingredients en crudo b. galleta nutritiva horneada
10 de septiembre	1. Determinación del hierro total a. mezcla de ingredients en crudo b. galleta nutritiva horneada
11 de septiembre	1. Determinación de humedad a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada fortificada 2. Determinación de cenizas a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada fortificada
12 de septiembre	1. Biodisponibilidad del hierro in vitro a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada fortificada 2. Determinación de la grasa a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada fortificada 3. Evaluación sensorial a. Hospital Roosevelt
16 de septiembre	1. Evaluación sensorial a. Hospital General San Juan de Dios 2. Determinación de la Fibra dietética a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada fortificado
17 de septiembre	1. Determinación del hierro total a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada 2. Determinación del Proteína a. mezcla de ingredients en crudo fortificado b. galleta nutritiva horneada fortificada
18- 30 de septiembre	Elaboración del informe final

## X. RESULTADOS

Se estandarizó la receta de la galleta nutritiva. Se realizaron cuatro pruebas, en las cuales se iban mejorando las características de forma, tamaño, y apariencia hasta que se obtuvo el producto deseado. En el apéndice 4 se encuentra la receta estandarizada.

La galleta nutritiva se elaboró con materias primas de producción nacional. Esta fue formulada a base de harina de arroz, avena tostada, harina de soya, semilla de marañón y pepitoria, margarina y huevo. El peso por unidad fue de 33g. Esta galleta nutritiva está fortificada con 15mg/100g de hierro reducido y suplementada con 100mg/100g de vitamina C. Contiene además vitamina C, por tener la característica de ser un facilitador de la absorción del hierro.

Esta galleta nutritiva está dirigida a mujeres embarazadas ya que éstas necesitan absorber suficiente hierro para satisfacer las necesidades del feto, la placenta y su propia expansión de masa eritrocitaria. Se buscó que cada galleta aportara 5mg de hierro, por lo que para poder cumplir con el requerimiento dietético diario de madres embarazadas de 15mgFe/día, tendrían que consumir tres unidades.

Se realizó un análisis químico proximal tanto de la masa y galleta no fortificadas como en las fortificadas, para conocer de esta forma el contenido de macronutrientes y micronutrientes de interés en este estudio.

Además de que se hizo determinación de vitamina C, contenido de hierro total y contenido de hierro disponible. A continuación se presenta los resultados obtenidos en estos análisis.

### A. Análisis químico proximal del producto final

El cuadro 8 se presenta la composición química proximal de la masa y la galleta tanto fortificadas como no fortificadas. No se observan diferencias significativas en cuanto al valor nutricional ya que la fortificación no altera el contenido de macronutrientes. Ambas galletas tienen un alto valor calórico, aproximadamente de 500kcal/100g de las cuales 36% provienen de las grasas, 56% de los carbohidratos y 8% de las proteínas.

En cuanto a la humedad, se encontró que esta es mayor en la masa, ya que no es sometida a proceso térmico, en este caso horneado, el cual va a evaporar el agua presente en el alimento.

Al comparar el contenido de grasa en la masa y la galleta se observa que el contenido de la misma es menor en la galleta. Esto se debe posiblemente a que la grasa se volatiliza parcialmente cuando es sometida a altas temperaturas y la galleta en este caso necesita un horneado 350°F por 15 minutos.

Cuadro 8. Resultados de la composición química de las muestras (g/100g)

ANÁLISIS QUÍMICO	MASA NO FORTIFICADA	MASA FORTIFICADA	GALLETA NO FORTIFICADA	GALLETA FORTIFICADA
Humedad	7.76 ± 0.66	8.51 ± 0.66	0.79 ± 0.04	0.31 ± 0.11
Cenizas	1.90 ± 0.13	1.46 ± 0.01	2.40 ± 0.27	1.53 ± 0.01
Grasa	26.49 ± 1.08	21.82 ± 0.21	22.81 ± 0.64	19.95 ± 1.45
Proteína	11.33 ± 0.4	10.35 ± 0.18	11.87 ± 0.08	10.30 ± 0.73
Carbohidratos	62.19 ± 1.5	67.82 ± 0.38	65.32 ± 0.72	69.76 ± 2.18
Calorías totales	532.49 kcal	509.06 kcal	514.04 kcal	499.79 kcal
Fibra dietética	11.03%	9.9%	12.35%	10.46%

Por lo tanto 1 galleta fortificada vendría a aportar 165kcal, 3.39g de proteína, 23g de carbohidratos y 6.58g de grasa, además de 4.7mg de hierro y 21mg de vitamina C. El valor nutritivo de la misma se presenta en el cuadro 9

Cuadro 9. Valor nutritivo por porción

NUTRIENTE	CANTIDAD
Humedad	0.1g
Cenizas	0.5g
Grasa	6.58g
Proteína	3.39g
Carbohidratos	23 g
Caloría totales	165 kcal
Fibra dietética	3.45%
Hierro	4.7mg
Vitamina C	21mg

## B. Hierro

A continuación se presenta la gráfica 16, la cual muestra la curva de calibración de hierro. Se calculó la recta de regresión de absorbancia (y) versus concentración de hierro [Fe] en mg/dL y se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y = 0.033x + 0.0097$$

Se calculó la concentración de hierro de la muestra (mg/L) directamente de la recta de regresión, despejando la ecuación para (x) y sustituyendo en el valor de (y), la absorbancia de la muestra.

$$x = \frac{y - 0.0097}{0.033}$$

Para reportar el contenido de hierro en mg de hierro por 100g de alimento, se multiplicó el resultado obtenido en (mg/L) así:

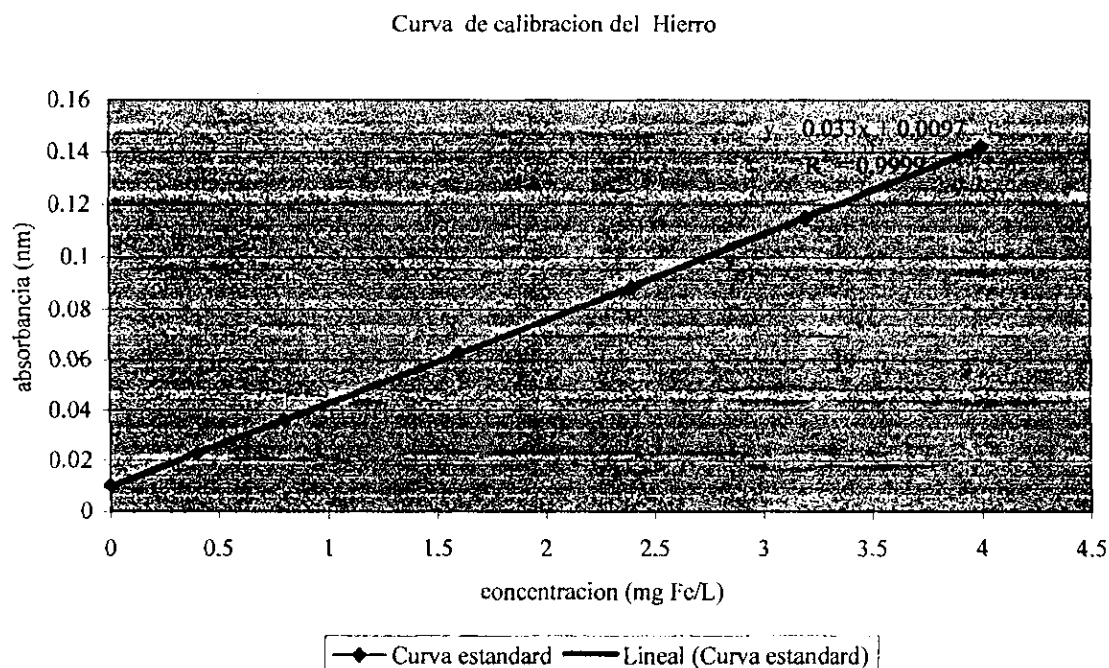
$$\text{Hierro (mg/100g)} = C_{\text{fe}} \times \frac{V_{\text{inicial}}}{1000} \times \frac{D}{P_m} \times 100$$

$V_i$  = volumen inicial de la solución de la muestra (ml)

$D$  = inverso de la dilución de la solución de la muestra

$P_m$  = peso de la muestra (g)

Gráfica 16. Curva de calibración del hierro



Los datos obtenidos del contenido de hierro total en las muestras se presenta en la tabla 3. Se puede observar que los valores de la masa y la galleta fortificados son 14.12 y 14.46 mg/100g. En teoría se debió haber obtenido alrededor de 20mg de hierro en la masa fortificada, porque se agregaron 15mg Fe /100g y la masa no fortificada contenía 4.81mg, Se obtuvo pérdidas de un 6% de hierro que posiblemente ocurrieron durante el mezclado y amasado de la muestra. No se obtuvo pérdidas significativas ya que el hierro es muy estable cuando es sometido a procesos térmicos.

Cuadro 10. Resultados del contenido de hierro total en 100g de muestra

MUESTRA	CONTENIDO DE HIERRO TOTAL (MG/100G)
No fortificado	
Masa	4.81 ± 0.35 mg
Galleta	6.36 ± 0.31 mg
Fortificado	
Masa	14.12 ± 0.14 mg
Galleta	14.46 ± 0.69 mg

El cuadro 10 muestra los resultados obtenidos en el hierro disponible, los cuales se calcularon con la misma ecuación que el hierro total. Se puede observar que la masa fortificada contiene un porcentaje mayor de hierro disponible que en la galleta fortificada.

La galleta fortificada contiene un 12.54% de hierro disponible, lo que significa que el organismo solamente va a absorber 1.81mg del contenido de hierro total que son 14.44mg en la galleta fortificada.

Al comparar el contenido de hierro biodisponible en los productos no fortificados con los fortificados se observa un aumento significativo del 5.81% del hierro biodisponible en los productos fortificados. Este incremento se le atribuye a la adición de la vitamina C, la cual se conoce como facilitador de la absorción del hierro.

Cuadro 11. Porcentaje de hierro disponible en la masa y en la galleta.

MUESTRA	HIERRO DISPONIBLE (MG/ 100G)	PORCENTAJE DE HIERRO DISPONIBLE *
NO fortificado		
Masa	0.40 ± 0.01mg	8.81±0.01%
Galleta	0.42 ± 0.1mg	6.73 ± 1.87%
Fortificado		
Masa	2.16 ± 0.01mg	15.33 ± 0.24%
Galleta	1.81±0.20mg	12.54 ± 0.79%

\* hierro disponible como porcentaje del hierro total

### C. Vitamina C

Se agregaron 100mg de vitamina C/ 100g de muestra, y se observaron pérdidas de tanto en la masa como en la galleta. Las pérdidas en la masa se asocian a una ineficiente distribución de la misma durante el proceso de amasado y moldeado y las pérdidas en la galleta se asocian al horneado. En total se perdió un 36% de la vitamina C que se agregó inicialmente, considerándose esta pérdida como significativa. Porque conforme más vitamina C contenga la galleta mayor será la absorción del hierro.

Cuadro 12. Contenido de vitamina C en 100g de muestra

MUESTRA	CONTENIDO DE VITAMINA C (MG /100G)
NO fortificado	
Masa	5.54 ± 0.01 mg
Galleta	2.38 ± 0.84 mg
Fortificado	
Masa	89.29 ± 3.88 mg
Galleta	64.00 ± 3.40 mg

#### D. Evaluación sensorial del producto final

La evaluación sensorial se hizo del producto final y se dividió en dos partes. La primera se trabajó con un grupo focal, constituido por panelistas semi-entrenados, quienes dieron su opinión a cerca del producto, y conforme a los comentarios y opiniones hechas, se procedió hacer los cambios necesarios para mejorar el producto.

La segunda consistió hacer una evaluación sensorial en mujeres embarazadas, ya que el producto esta dirigido a ellas. Esta evaluación se realizó en dos distintos Hospitales públicos: Hospital General San Juan de Dios y Hospital Roosevelt. Las pruebas utilizadas en esta evaluación fueron: prueba hedónica y la prueba de preferencia.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sensorial.

**1.Grupo focal.** El grupo focal lo conformaron ocho panelistas semi-entrenados de ambos sexos y de 21 años de edad. Los productos que evaluaron fueron: la galleta fortificada y la galleta no fortificada.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el grupo focal para evaluar la aceptabilidad y los atributos de color, olor, sabor, dureza, y textura.

a. Presentación. El panel manifestó que en cuanto a la presentación de la muestra, debía mejorar la forma, haciéndola redonda, delgada y de un tamaño estándar.

b. Color . En cuanto al color, los ocho panelistas opinaron que el color era oscuro y opaco en ambas galletas, posiblemente porque se pasaron de tiempo de horneado. Para mejorar su color los panelistas recomendaron agregar azúcar glasé o ajonjolí encima para hacerla más vistosa.

c. Olor. Los resultados que se obtuvieron en cuanto al olor fueron que seis de los panelistas encontraron un olor particular a manía, responsable de este olor, la semilla de marañón y la pepitoria. Sin embargo todos a todos les agradó el olor.

e. Sabor . Al evaluar el atributo de sabor, se observó que a todos los panelistas les gustó el sabor de ambas galletas, pero seis de ellos opinaron que preferían la galleta fortificada por no ser ésta tan dulce, la adición del hierro disminuyó la dulzura de la galleta.

Hubo un panelistas que comentó haber sentido un sabor a quemado, esto se debió a que se pasó del tiempo de horneado.

f. Dureza. El 100% de los panelistas opinaron que ambas galletas son suficientemente crujientes y suaves al paladar.

g. Textura. A continuación se presentan los resultados obtenidos por el grupo focal en cuanto a su textura. Todos los panelistas opinaron que la textura en ambas galletas fue arenosa y granulosa, esto se debe a la semilla de marañón, pepitoria y la avena fueron trituradas dejándolas como polvo, sin embargo algunas veces quedan partículas más grandes sin triturar.

Con las sugerencias y opiniones de los panelistas se procedió a mejorar el producto. La presentación de la galleta se mejoró utilizando un molde para hacerla más redonda, uniforme, delgada y se trató de mantener un tamaño estándar. Se prestó mucha atención al tiempo de horneado, disminuyendo la temperatura a 300F, porque se observó que una temperatura de 350F tostaba demasiado y adquiría sabor a quemado el producto.

**2. Aceptabilidad y preferencia.** La evaluación sensorial se realizó en el Hospital General San Juan de Dios y en el Hospital Roosevelt, donde se entrevistaron a un total de 50 mujeres embarazadas mayores de 18 años quienes asistieron a la consulta externa del departamento de Gineco – obstetricia. En el cuadro 13, se muestra la clasificación de la población en ambos hospitales según la edad.

Cuadro 13. Clasificación de la población del Hospital General San Juan de Dios y Hospital Roosevelt según edad

EDAD	HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS	HOSPITAL ROOSEVELT	TOTAL
18-25 años	14	12	26
25-35 años	7	10	17
35-40 años	4	3	7
TOTAL	25	25	50

El cuadro número 14 presenta los resultados de la prueba de aceptabilidad clasificados por atributos. Se presenta una sumatoria de todos los valores que fueron asignados a cada muestra por parte de los panelistas. Se utilizó promedios considerando como aceptable un promedio mayor a 6.5.

Se encontró que el olor fue el único atributo no aceptable, tanto en la galleta no fortificada como en la fortificada ya que sus valores fueron de 6.48 y 5.94 respectivamente. La mayoría de las panelistas opinaron que el olor a manía era fuerte, proviniendo éste de la semilla de marañón y la pepitoria, sin embargo no les molestó. Algunas argumentaron haber sentido olor a hierro. Los resultados anteriores sugieren que muchas mujeres embarazadas son capaces de detectar el hierro con facilidad, probablemente debido a que toman suplementos del mismo.

En los atributos de apariencia y sabor la galleta no fortificada obtuvo valores mayores a la no fortificada.

Cuadro 14. Resultados Prueba hedónica en el Hospital General San Juan de Dios y Hospital Roosevelt

Panelista	Apariencia		Olor		Sabor	
	P	F	P	F	P	F
1	8	5	8	5	9	5
2	3	3	5	4	7	5
3	7	7	7	4	7	6
4	8	7	7	6	8	4
5	7	7	7	7	6	7
6	8	8	7	8	9	8
7	8	7	8	3	7	2
8	7	3	7	4	7	6
9	8	7	8	7	7	3
10	8	7	7	3	7	7
11	7	5	4	7	7	7
12	8	8	7	7	9	8
13	9	8	9	8	9	8
14	7	7	6	4	8	5
15	8	9	8	9	8	9
16	7	7	3	3	7	7
17	2	2	2	2	2	2
18	2	3	2	3	2	3
19	8	6	7	3	6	7
20	8	8	6	6	7	8
21	7	7	6	5	8	9
22	6	6	7	7	8	9
23	7	8	6	7	8	9
24	6	7	7	7	8	9
25	6	7	6	6	8	7
26	7	7	3	9	9	6
27	7	2	4	3	3	4
28	7	8	7	7	7	8
29	7	6	6	3	8	7
30	7	6	7	5	8	3
31	6	2	6	2	6	1
32	6	7	8	7	8	6
33	7	6	7	7	9	8
34	4	7	7	6	4	7
35	7	7	6	6	9	8
36	8	6	7	8	6	8
37	8	8	8	8	8	9
38	6	5	4	4	8	7
39	8	8	7	8	8	9
40	8	8	7	7	6	9
41	7	7	7	7	8	8
42	7	7	8	8	9	8
43	4	5	5	5	4	8
44	8	8	8	8	7	9
45	9	8	9	8	8	7
46	6	7	6	6	7	9
47	7	8	7	7	7	9
48	8	7	7	7	8	6
49	8	8	8	8	9	7
50	8	8	8	8	8	9
TOTAL	345	325	324	297	361	340
PROMEDIO	6.9	6.5	6.48	5.94	7.22	6.8

a. Análisis estadístico de la prueba hedónica: Se utilizó la prueba estadística de t-student, donde se recurre a la hipótesis nula de que las muestras son idénticas y que la diferencia en los resultados ( $x_1 - x_2$ ) se debe a errores indeterminados. Para este caso se usa t para 98 grados de libertad, y una confiabilidad del 95%. Los resultados obtenidos del análisis estadístico son los siguientes:

1) Apariencia

$$x_p - x_f = 0.4 \%$$

$$\pm \tau S_{\text{ponderada}} \sqrt{\frac{N_p + N_f}{N_p N_f}} = \pm 0.647036 \%$$

Cinco de 100 veces, el error aleatorio será responsable de una diferencia tan grande como 0.647036%. Por lo tanto, con un nivel de confiabilidad del 95%, no hay diferencia significativa en la apariencia entre ambas galletas.

2) Olor

$$x_p - x_f = 0.54 \%$$

$$\pm \tau S_{\text{ponderada}} \sqrt{\frac{N_p + N_f}{N_p N_f}} = \pm 0.7097 \%$$

Cinco de 100 veces, el error aleatorio será responsable de una diferencia tan grande como 0.7097%. Por lo tanto, con un nivel de confiabilidad del 95%, no hay diferencia significativa en el olor entre ambas galletas.

3) Sabor

$$x_p - x_f = 0.42 \%$$

$$\pm \tau S_{\text{ponderada}} \sqrt{\frac{N_p + N_f}{N_p N_f}} = \pm 0.7581 \%$$

Cinco de 100 veces, el error aleatorio será responsable de una diferencia tan grande como 0.7581%. Por lo tanto, con un nivel de confiabilidad del 95%, no hay diferencia significativa en el sabor entre ambas galletas.

El cuadro número 15 presenta los resultados obtenidos en la prueba de preferencia. Se observó que 31 de los 50 panelistas prefirieron la galleta no fortificada, lo que representa más de la mitad.

Para el análisis estadístico de esta prueba se utilizó la Prueba Binomial de dos extremos en la cual se sumó el número de panelistas que prefirieron cada muestra y se determinó la significancia de los totales (ver apéndice 3). En esta tabla, x representó el número total de panelistas que prefirieron una muestra en este caso 31 y n representó el número total de panelistas que participaron en la prueba, en este caso 50. Se obtuvo un

resultado de 0.119. Se consideró significativo un resultado menor o igual a 0.05, por lo que 0.119 es mayor a 0.05, por lo tanto se concluyó que los panelistas no tuvieron preferencia por una galleta en particular .

Cuadro 15. Resultados de la prueba de preferencia

Tipo de galleta	Hospital General San Juan de Dios	Hospital Roosevelt	TOTAL
Galleta no fortificada	17	14	31
Galleta fortificada	6	11	17
Ninguna	2	-	2
TOTAL	25	25	50

## XI. DISCUSIÓN

La galleta que se formuló en este estudio se elaboró con materias primas disponibles en el país, como el arroz, la semilla de marañón y la pepitoria. Por lo que se podrá producir en cualquier industria alimenticia que cuente con el equipo industrial necesario para su producción en gran escala. Se debe ampliar el uso de estas materias primas de producción nacional, en alimentos nutricionalmente mejorados ya que puede brindarles un mejor sabor y además son de fácil acceso.

Para la formulación del producto fue necesario hacer cuatro pruebas, en las cuales se mejoró las características de forma, tamaño y apariencia hasta que se obtuvo el producto deseado. Al inicio la forma de la galleta nutritiva era una barra, pero su textura, dureza y presentación no fueron aceptables, por lo que se decidió cambiar su forma a redonda, los ingredientes pasaron por el procesador dos veces para mejorar la textura y se disminuyó el grosor de la galleta haciéndola más delgada para disminuir la dureza.

Para la industria de alimentos que desee producir esta galleta se le recomienda utilizar molino y tamiz, para que los ingredientes tengan una textura más fina. También se puede utilizar harina refinada o especial para panificación.

La formulación también se vio afectada por el equipo que se utilizó ya que el horno, no calentaba en forma homogénea y tostaba demasiado las galletas, aumentando su dureza además de proporcionarles sabor a quemado. Luego de varias pruebas de horneado, se decidió que la temperatura se debía disminuir al igual que el tiempo de cocción. Para la formulación de esta galleta es muy importante que todo el equipo esté en perfectas condiciones, ya que puede afectar las características del alimento dando resultados no deseados.

El valor nutritivo de la galleta fortificada es muy similar al de la galleta escolar, en cuanto al aporte calórico y protéico. En lo que respecta a micronutrientes la galleta escolar además de estar fortificada con hierro, contiene vitamina A y vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, y niacina), los cuales se podrían adicionar a la galleta formulada para hacerla similar a la galleta escolar y utilizarla en programas de alimentación escolar.

Es recomendable hacer un análisis biológico de la galleta para estimar la digestibilidad in vivo de la proteína y su calidad protéica ya que el valor nutricional de un alimento alto en proteína va a depender de su composición de aminoácidos. Si contiene un porcentaje menor que el necesario de algunos de los aminoácidos esenciales, su valor nutricional será proporcionalmente menor que el que tendría si contuviera una proporción suficiente de todos ellos.

En la fortificación, se observaron pérdidas tanto de hierro como de vitamina C. Estas pérdidas posiblemente a los procesos de amasado y moldeado que causaron una ineficiente distribución de los micronutrientes en la masa. Debido a las cantidades de micronutrientes utilizadas es necesario aplicar un sistema más eficiente de mezclado usando un mezclador

en vortex o bien aplicar los micronutrientes en forma de spray para que la mezcla sea más homogénea. Al fortificar, se debe tomar en cuenta estas pérdidas, y adicionar las cantidades de micronutrientes necesarios.

El tipo de hierro utilizado en este estudio fue hierro reducido, el cual frecuentemente se emplea en la fortificación de alimentos como: cereales y alimentos infantiles, siendo su principal virtud no causar problemas organolépticos. Muchos compuestos de hierro son de color y no pueden ser empleados para fortificar alimentos de colores claros, sin embargo debido a que la galleta era de un color oscuro, no se observaron alteraciones en el color.

En cuanto al sabor, la dulzura en la galleta fortificada era menor, debido a que el hierro pudo haber derivado un sabor metálico disminuyendo de esta forma la dulzura. La desventaja de este tipo de hierro es que tiene una relativa intermedia o baja disponibilidad. Pero la cantidad de hierro que se absorbe de un alimento fortificado no dependerá solamente de la biodisponibilidad del hierro sino también de la composición de la dieta que se consume. Por otra parte, ante un estado nutricional deficiente, la absorción del hierro aumenta, y este es el caso de las mujeres embarazadas de nuestra población.

Por último, se hizo una evaluación sensorial con el fin de saber si la galleta era sensorialmente aceptable por el grupo al cual estaba dirigido: mujeres embarazadas. Durante las pruebas sensoriales, las respuestas pudieron verse influenciadas por factores psicológicos, uno de ellos fue el error de expectación, ya que a las panelistas se les informó que el producto a evaluar estaba dirigido a mujeres embarazada, lo cual pudieron relacionarlo que el producto iba a estar fortificado. Otro de los errores debidos a los miembros del panel pudo ser el de benevolencia, ya que las panelistas pudieron no haber contestado su verdadero sentir acerca de la aceptabilidad y preferencia de las galletas por no causar disgusto en el investigador, este error se trató de controlar utilizando una escala hedónica de nueve puntos.

El análisis estadístico indicó que no hubo diferencia significativa entre ambas galletas y que las panelistas no tuvieron preferencia por una galleta en particular, por lo que se concluye que la galleta fortificada es aceptada por las personas que conformaron el panel.

## **XII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Este producto puede ser útil en programas de alimentación . Para este caso se recomienda fortificar además con otros micronutrientes como: vitamina A y ácido fólico.
- Como materia prima utilizar harinas más finas o especiales para panificación, para evitar una textura granulosa o arenosa.
- Como complemento a este estudio se podría hacer un análisis biológico para evaluar la digestibilidad in vivo de la proteína, así como su calidad protéica in vivo.
- Se considera conveniente ampliar el uso de materias primas de producción nacional como la pepitoria y semilla de marañón en alimentos nutricionalmente mejorados

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

Avendaño, A. 2002. *Análisis de la tendencia de factores de riesgo asociados con desnutrición infantil en Guatemala*. Tesis Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. 120pp.

Bothwell, Th. 1999. *Iron Fortification with special reference to the role of iron EDTA*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 49. (2-S) :23-31

Bothwell, T et.al . 2002. *The usefulness of Elemental Iron for Cereal flour Fortification* *Nutrition Review* 60 (12.): 391-406

Calderón, E. 1996. *Conocimientos, Actitudes y Prácticas de madres en la alimentación de niños preescolares en la comunidad de las Tapias, Guatemala*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 220 págs.

Carmuego E, O'Donnell A, Viteri F. 1997. *Deficiencia de Hierro. Desnutrición oculta en América Latina*. Centro de Estudios sobre Nutrición Infantil. 35 págs.

Dary, O. 1998. *Importancia de la fortificación de alimentos en el mundo* Seminario Internacional de Fortificación de Alimentos, Santa Fé, Bogotá, Colombia.

Dary, O. 2000. *Fortificación de alimentos: estrategia esencial para cumplir los compromisos para la prevención de la deficiencia de micronutrientes en Guatemala*. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. 45 págs.

Daza, C. 2001. *Malnutrición de micronutrientes. Estrategias de prevención y control*. Escuela de Salud Pública. Universidad del Valle de Cali, Colombia

De León, L. 1995. *Experiencia de la industria de alimentos en la fortificación con hierro*. Primer simposio nacional sobre micronutrientes. San José Costa Rica. 104 págs.

Elías, L, et al. 1996. *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP*. Edición XLV. Guatemala . 134 págs.

Elias, L et al. 1992. *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. Canadá 170págs.

Escott-Stump, S, Mahan, L. 1996. *Nutrición y Dietoterapia de Krause*. Novena edición. Mc Graw Hill. México .1200págs.

Encuesta Nacional de consumo aparente de alimentos. 1991. SEGEPLAN, CADESCA, INE.

- Filer, L, Ziegler, E. 1997. *Conocimientos actuales sobre Nutrición*. Séptima edición. USA. 730 págs.
- Fomon, S, Zlotkin S. 1992. *Nutritional Anemias*. Nestlé Nutrition Workshop Series. Volumen 30. Raven Press. USA. 220 págs.
- García, M; Layrisse, M. 1998. *Absorción del hierro de los alimentos. Papel de la vitamina A*. Archivos latinoamericanos de Nutrición. 48 (3): 191-195
- González, A. 2000. *Estudio Técnico y económico para producir una bebida nutritiva en estado líquido y envasado, a base de maíz y soya, fortificada con micronutrientes*. Tesis Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala. 94 págs.
- Ibáñez, MV, et al. 2002. *Ácido fólico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas*. Archivos latinoamericanos de Nutrición. España . 52 (3): 219-227.
- Latunde-Dada, G. 1997. *Sources and forms of iron in Nigerian foods and effects of processing on availability*. Food and Nutrition Bulletin. 18 (1): 84-89.
- MacPhail, A. 2001. *Iron deficiency and the developing world*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 51 (1) 2-5
- Mazza, G. 1998. *Alimentos Funcionales*. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza, España. 457 págs.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. Informe de la Encuesta Nacional de Micronutrientes. 1995. Guatemala
- Periago, M, et al. 1999. *Biodisponibilidad del hierro de los alimentos*. Archivos latinoamericanos de Nutrición. 49 (2 ):106-112
- Purwiyatno, H; Wirakartakusumah, M. 1998. *Technical Aspects of Food fortification*. Food and Nutrition Bulletin. 19. (2)
- Romera, et al. 2000. *Análisis in vitro de la disponibilidad del hierro en el arroz fortificado*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50 (3)
- Salas-Salvadó, J. 2000. *Nutrición y Dietética Clínica*. Masson. España. 604 págs.

## XIV. APÉNDICES

### Apéndice 1

Panelista

Edad:

#### BOLETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PRUEBA HEDÓNICA

A continuación se le presentan dos muestras de galletas, primero vamos a trabajar con la muestra que tiene a su izquierda. Evalué los siguientes atributos: apariencia, olor, sabor. No consumir toda la muestra porque se utilizará posteriormente.

Indique el grado en que le agrada o desagrada cada muestra seleccionando el puntaje en el cuadro 1 y colocando su puntuación en el cuadro 2 al lado del atributo evaluado.

Cuadro 1

PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta un poco
6	Me gusta levemente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta levemente
3	Me disgusta un poco
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Cuadro 2

ATRIBUTO	CÓDIGO	CÓDIGO
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Apariencia		
Olor		
Sabor		

#### PRUEBA DE PREFERENCIA

Después de que ya probaron las dos muestras, se le pedirá a la entrevistada que señale la que más le guste y se circulará el código que haya escogido.

\_\_\_\_\_

## Apéndice 2

### TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS

92	73	35	54	98	26	56	39	28	82	91	43	06	93	24	72	00	82	80	75	85	19	70	64	43
16	51	87	38	01	90	16	71	58	81	97	58	00	77	86	36	00	66	83	36	01	19	53	58	68
33	17	94	03	07	27	41	40	81	74	55	96	82	24	83	90	41	63	36	50	48	18	86	67	17
27	57	83	36	77	07	53	58	09	94	24	00	21	76	21	58	55	77	99	65	52	38	17	40	90
61	29	94	65	15	91	54	01	44	49	97	49	97	99	48	94	72	47	63	35	36	06	68	95	71
83	81	58	29	20	93	72	49	83	27	06	73	46	53	80	05	74	62	18	31	95	28	64	99	86
19	73	59	65	95	16	27	57	65	41	36	49	07	54	07	43	91	74	14	40	95	28	57	76	51
32	47	42	59	60	96	19	56	32	02	16	03	06	41	98	79	75	15	66	64	63	29	50	27	92
19	44	93	63	76	45	72	47	25	60	18	69	63	00	95	80	72	06	98	19	73	61	99	74	05
75	87	08	73	42	32	58	61	49	91	95	40	38	76	23	84	49	63	08	97	68	61	99	05	55
09	88	60	27	23	44	53	22	40	86	35	87	80	47	11	96	23	64	69	33	80	49	89	24	01
40	69	87	66	60	64	95	99	77	03	79	67	71	05	99	00	48	94	87	42	18	98	77	33	81
53	54	06	47	69	72	03	60	45	24	21	42	53	79	70	87	15	89	22	45	71	80	10	29	10
48	52	50	77	53	33	50	89	98	24	19	74	34	26	41	12	11	50	40	11	58	08	97	80	25
91	52	19	84	90	77	32	15	76	35	44	71	26	06	01	91	57	51	20	03	84	44	32	90	30
56	32	08	70	52	62	85	85	53	60	00	26	26	76	80	43	56	95	78	65	20	81	11	25	21
68	54	50	25	19	38	80	73	89	22	63	34	31	24	12	88	25	99	34	44	19	08	20	74	51
41	46	28	06	13	95	62	19	35	63	90	94	04	59	81	16	57	45	02	98	97	35	35	17	44
11	91	09	05	33	02	68	19	97	21	67	79	26	16	91	54	10	56	58	61	31	24	22	34	95
78	96	49	50	26	57	35	48	61	03	38	80	07	08	00	83	09	42	96	63	45	24	01	96	21
39	00	27	47	60	83	45	25	28	77	57	99	02	56	59	98	38	25	89	65	07	91	84	67	81
58	08	80	92	56	85	62	98	67	67	95	03	17	42	26	96	44	19	06	74	31	39	97	94	27
56	81	87	37	10	56	34	49	22	78	50	96	35	45	40	21	51	98	10	18	07	06	48	96	58
36	35	32	43	44	69	88	75	56	07	86	01	84	12	25	39	71	66	87	17	89	23	53	07	31
51	93	66	36	87	42	90	04	20	32	09	36	63	34	92	02	34	96	00	65	37	61	22	15	69
68	28	29	88	56	53	00	66	27	29	08	05	73	10	47	05	21	45	98	77	01	01	48	45	39
73	21	85	37	49	94	48	60	83	76	34	69	65	58	41	14	79	53	32	88	87	69	97	80	92
02	50	08	84	77	23	90	50	36	16	69	81	53	97	43	48	06	85	37	06	81	00	48	13	19
28	49	35	23	70	84	43	13	05	94	47	13	65	25	13	95	29	93	65	45	50	12	61	20	06
84	95	64	21	30	40	87	75	49	77	07	51	00	99	20	55	96	12	18	61	80	37	92	91	91
61	67	92	67	17	03	92	42	50	75	01	98	45	10	05	78	87	90	47	73	02	98	19	89	04
25	01	68	34	92	17	99	59	73	84	82	75	01	78	64	10	09	07	09	56	08	95	86	18	94
70	72	90	17	09	02	64	44	68	72	65	83	44	44	05	96	85	90	55	00	36	28	10	04	88
72	30	42	62	43	21	12	23	11	00	08	84	12	22	08	32	56	55	63	16	06	86	46	28	40
79	89	79	56	56	52	17	07	58	37	33	20	07	40	39	35	33	98	80	47	54	03	31	08	17
41	32	02	75	96	74	65	72	58	01	74	79	29	05	29	97	26	91	36	36	20	07	46	35	19
24	59	60	88	81	13	46	20	67	80	84	81	97	94	32	14	22	07	84	10	75	77	18	14	65
48	51	76	58	18	11	55	87	94	27	60	26	92	09	00	71	97	72	05	30	14	21	83	95	46
27	05	35	96	75	06	17	26	28	05	31	20	79	16	72	27	09	62	94	26	06	78	56	42	82
19	73	48	30	37	22	73	62	86	68	06	92	82	65	10	44	54	09	11	70	91	01	26	15	61
10	59	61	30	64	18	52	97	24	80	81	40	99	83	02	28	97	79	99	29	82	37	41	79	33
06	20	64	72	63	79	92	43	52	33	86	12	76	48	29	77	02	34	49	00	40	83	62	63	94
92	42	30	97	23	74	83	22	11	41	73	53	48	10	58	00	06	97	25	53	36	01	06	61	74
86	79	11	15	34	00	26	83	82	10	48	32	37	41	48	60	89	27	58	07	74	48	23	98	74
60	88	55	02	30	59	97	88	69	09	05	03	63	84	72	26	71	02	18	54	16	61	94	44	07
74	09	21	65	09	32	54	78	17	61	41	84	72	37	06	92	44	02	30	78	43	56	00	74	48
90	75	09	73	22	45	70	71	03	26	14	31	86	14	46	21	97	96	81	73	88	04	88	37	99
14	72	51	66	03	84	60	44	03	15	66	73	62	29	38	49	58	81	94	87	98	66	17	22	98
23	20	32	85	06	98	69	68	60	11	73	40	29	11	30	95	57	54	85	83	44	82	12	48	80
47	71	02	68	97	71	72	57	50	28	00	05	44	94	39	01	47	28	79	18	60	97	87	65	41

### Apéndice 3

## PRUEBA BINOMIAL DE DOS EXTREMOS PROBABILIDAD DE X O MÁS JUICIOS CONCORDANTE EN N PRUEBAS (P=1/2)

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
020	212	067																																		
000	218	031																																		
	483	126	018																																	
	727	280	070	008																																
		508	180	039	004																															
		254	344	100	071	002																														
			649	227	086	011	001																													
			774	308	146	079	006																													
				881	287	092	072	003																												
				791	474	180	067	013	002																											
					807	307	118	036	007	001																										
					804	464	210	077	021	004	001																									
						979	322	143	049	013	002																									
						815	481	238	096	031	008	001																								
							648	289	167	064	019	004	001																							
							874	602	263	115	041	012	003																							
								664	393	189	078	077	007	001																						
								922	923	286	174	062	017	064	001																					
									678	405	210	093	035	011	003																					
									820	841	307	162	064	022	007	002																				
										690	474	230	108	042	015	004	001																			
										845	557	327	180	079	029	009	002	001																		
											701	442	248	127	062	019	006	002																		
											861	572	345	185	087	036	013	004	001																	
												711	458	266	126	061	024	008	002	001																
												658	585	362	200	099	042	018	005	001																
													120	472	281	150	071	030	011	003	081															
													300	597	377	215	100	060	070	007	002	001														
														739	487	296	163	080	035	014	006	001														
														864	608	392	229	121	068	024	009	003	001													
															739	500	210	175	090	041	012	006	002													
															668	601	405	242	122	065	029	011	004	001												
																743	511	324	188	099	042	020	006	002	061											
																971	627	418	256	142	023	034	014	006	002											
																	749	522	337	200	108	062	024	008	003	001										
																	875	636	430	268	154	081	038	012	006	002	001									
																		765	533	340	211	117	060	028	012	004	001									
																		878	644	441	280	184	098	044	020	006	003	001								
																			761	547	390	222	128	066	032	014	006	002	001							
																			880	652	461	291	174	096	049	027	010	004	001							
																				746	651	321	233	130	072	036	016	007	002	001						
																				863	660	481	302	184	104	064	026	011	005	002	001					
																					771	690	382	243	144	079	040	016	008	003						
																					885	665	471	312	183	111	059	029	013	006	002	001				
																						775	568	392	253	152	085	044	001	039	004	001				
																						888	872	480	322	203	119	066	033	015	001	002	001			

x: Se ha omitido el coma del decimal inicial.

## Apéndice 4

### RECETA ESTANDARIZADA

No. Receta: 1 Nombre de la Preparación: galleta nutritiva Tamaño de la Porción: 33 g Número de porciones que se obtiene al preparar la receta: 20			
<b>INGREDIENTES:</b>  Harina de arroz Avena tostada Pepitoria Semilla de marañón Hierro Vitamina C  Azúcar Margarina Huevo  Harina de soya Lecitina de soya	<b>CANTIDAD</b>  120g 60g 30g 30 g 15mg 100mg  200 g 100 g 1 unidad  60g 15cc	<b>PROCEDIMIENTO</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se pesaron todos los ingredientes en una balanza Kitchen Scale .</li> <li>○ Se tostó en el horno la avena y la pepitoria por 5 minutos.</li> <li>○ Se trituró la avena , pepitoria y semilla de marañón en un procesador por 8 minutos , hasta que los ingredientes estuvieran polvorosos.</li> <li>○ En un bowl se colocó la harina de arroz y se agregó los 15mg de hierro y los 100mg de vitamina C. Se mezcló en seco.</li> <li>○ Se batió la mantequilla con el azúcar por 10 minutos, hasta que se habían cremado.</li> <li>○ Se agregó un huevo y se continuó batiendo por 3 minutos más.</li> <li>○ A la mezcla de mantequilla se le agregó los demás ingredientes: harina de arroz, harina de soya, avena, pepitoria, semilla de marañón y la lecitina de soya, se batió hasta que la mezcla se homogenizara</li> <li>○ Se agregó la lecitina de soya y se mezcló por 5 minutos más</li> <li>○ Se colocó harina sobre la mesa de trabajo.</li> <li>○ Se formaron bolas de 33g y se procedió a darle forma redonda</li> <li>○ Se untaron las bandejas de grasa (mantequilla) y se espolvorearon con harina.</li> <li>○ Se colocaron las galletas en las bandejas y se horncaron por 15 minutos a 300F.</li> </ul>	
Temperatura de cocción: 300F Tiempo de cocción: 15 minutos Tiempo de enfriamiento: 10 minutos			
<b>VALOR NUTRITIVO POR PORCIÓN</b>			
Calorías 165 Kcal	Proteínas 3.39 g	Carbohidratos 23 g	Grasa 6.58g

## Apéndice 5

### GUÍA PARA LA DIRECCIÓN DEL PANEL

#### 1. Introducción

Muy buenas tardes, muchas gracias por su presencia y colaboración. En esta ocasión necesitamos conocer cual es el grado de aceptación de la galleta nutritiva que se les presenta. Con nosotros se encuentra el productor de la galleta quien tomó en cuenta sus sugerencias para el mejoramiento del producto.

#### 2. Discusión

a. Color. Todos los panelistas observaron detenidamente el producto con la finalidad de expresar su aceptabilidad por la apariencia y presentación del producto.

- i. ¿Qué piensan acerca de la apariencia y presentación de la galleta?
- ii. ¿Qué piensan del color?
- iii. ¿Le agrada o desagrada?

b. Olor. Para detectar el olor se le indicó al panel que olfatee la galleta y que relacione el olor con los ingredientes que tiene el producto.

- i. ¿Se relaciona el olor percibido con los ingredientes que lleva el producto?
- ii. ¿Le agrada o desagrada?

c. Sabor. Para detectar el sabor se le indicó a los panelistas que probaran el producto

- i. ¿El sabor les parece agradable o desagradable?
- ii. ¿El sabor percibido se relaciona con los ingredientes que lleva el producto?

d. Dureza. Se pidió a los panelistas que muerdan la galleta con los dientes molares y que detecten el grado de dureza del producto.

- i. ¿La dureza del producto les parece agradable o desagradable?

e. Textura. Se le pidió al panel que señale la sensación que percibe en la boca después de probar la galleta.

- i. ¿La textura del producto les parece agradable o desagradable?

#### 3. Cierre

Al finalizar las pruebas se les preguntó si tenían algo más que agregar y se dio las gracias por participar.

**Imprenta "GORA"**  
**25 Av. 25-71, Zona 5**  
**Telefax: 335-5733 - 218-7292**