


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

**"HIERRO BIODISPONIBLE APORTADO DIARIAMENTE
POR LOS ALIMENTOS VEGETALES MAS COMÚNMENTE CONSUMIDOS
EN LA DIETA BÁSICA GUATEMALTECA"**



**INFORME DE TESIS
PRESENTADO POR
LUIS ALBERTO MONTERROSO GONZÁLEZ
PARA OPTAR AL TITULO DE
QUÍMICO
EN EL GRADO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, JUNIO DE 1,996

**PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central**

Dk
06
T(1772)

JUNTA DIRECTIVA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Lic. Jorge Rodolfo Pérez Folgar

DECANO

Licda. Ana Lucrecia Fortuny Lemus de Armas

SECRETARIA

Lic. Miguel Ángel Herrera Gálvez

VOCAL PRIMERO

Lic. Gerardo Leonel Arroyo Catalán

VOCAL SEGUNDO

Lic. Rodrigo Herrera San José

VOCAL TERCERO

Br. Ana María Rodas Cardona

VOCAL CUARTO

Br. Hayro Oswaldo García García

VOCAL QUINTO

DEDICATORIA

A Dios

Ser supremo que me dio la vida, libertad y capacidad de amar.

A mi madre

Pilar de mi formación; ejemplo de entereza, perseverancia, humildad y entrega al prójimo.

A mi padre

Por su incondicional apoyo brindado en todo momento.

A mi hermanita

Linda criatura que Dios me dio, quien me ha servido como aliciente para seguir adelante y mejorar cada día más.

A mis padrinos

**Lolita Ramírez vda. de Muñoz
Jorge Julio Muñoz (QED)**

Por ser mis segundos padres.

A mi abuelita María

Por su amor y cuidados.

A Jorge Choy "El Chino" (QED)

Por su compañerismo, amistad y momentos compartidos en la Universidad, el INCAP y en el trabajo. Su recuerdo vive entre nosotros.

**A mis hermanos Brahim, Ramiro,
Roberto y Francisco**

Por la certeza de que el vínculo que nos une prevalecerá sobre la distancia y el tiempo.

A mis tías, mi tío y mis primos

En especial a Juan Manuel y Mario Raúl.

AGRADECIMIENTO

A los profesionales:

**Dr. Carlos Enríque Acevedo
Lic. Luis Alberto Velázquez**

Por su ayuda, consejos y asesoría.

A mi novia Paty González

Por su amor, motivación y paciencia.

A la Licda. Lilliam Barrantes

Por sus aportes y valiosa opinión.

A mis amigos:

**Rafa, Mauricio, Carlitos, Javier, Marisa, Hector,
Marwing, Jessica, Ana Isabel, Michelle y
Mónica.**

*Por la convivencia y su apoyo en mis
momentos difíciles.*

**A mis compañeros en la Escuela de Química
especialmente a:**

**Sonia, Julieta, Luis Alberto, Rosita, Sheny,
Bessie, Mariela, el Jose, Marcia, Oswaldo,
Ericka, Willy y Carlos.**

*Por el compañerismo y ser modelo de
ayuda mutua.*

A mis catedráticos especialmente:

**Licda. Jeanete Wyller Parel
Licda. Diana Pinagel
Licda. Yolanda de Chávez**

Por sus enseñanzas y amistad.

Al personal del INCAP especialmente a:

Hugo, Lorena, Carolina y Haydé

Por su colaboración y amistad.

ÍNDICE

	PAGINA
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. ANTECEDENTES	4
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. OBJETIVOS	12
6. HIPÓTESIS	13
7. MATERIALES Y MÉTODOS	14
8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	21
9. RESULTADOS	24
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	34
11. CONCLUSIONES	40
12. RECOMENDACIONES	42
13. REFERENCIAS	43
14. ANEXOS	46

1. RESUMEN

Se determinó el hierro total y hierro biodisponible *in vitro* en los siguientes alimentos: incaparina¹, frijol negro, pan dulce y pan francés (ambos de harina de trigo), tortilla de maíz, arroz, pasta², papa, yuca, plátano, banano, espinaca, chipilín, bledo, zanahoria, tomate, güisquil, ejote y repollo. Estos alimentos están considerados entre los más comunmente consumidos en Guatemala.

Con los valores obtenidos de hierro total y hierro biodisponible, operados adecuadamente con el consumo diario reportado para cada alimento, se calculó el hierro ingerido y hierro absorbido para cada individuo por día.

El método *in vitro* de hierro dializable según Miller *et al*, utilizado para determinar hierro biodisponible en los alimentos estudiados, resultó ser adecuado para evaluar los objetivos fijados, además de resultar ser un método analítico sencillo, rápido, de bajo costo y con resultados aceptables al ser utilizados en cálculos para predecir el hierro absorbido en una muestra de individuos, de la cual se conoce la cantidad de alimento ingerida.

La cantidad diaria ingerida de hierro, al incluir únicamente alimentos de origen vegetal en la dieta, resultó ser 17.8 mg en el área rural y 16.7 mg en el área urbana, de los cuales la cantidad de hierro absorbido resultó ser 0.5 mg y 0.4 mg, respectivamente, lo que equivale a un 2.8% de hierro biodisponible en el área rural y 2.4% en el área urbana. Ambos porcentajes resultaron ser significativamente menores al 10% ($P < 0.1$), valor de biodisponibilidad reportado en la literatura de la OMS en el año de 1969.

Para la dieta a base de alimentos de origen vegetal, en el área rural la tortilla de maíz resultó ser el alimento que aporta la mayor cantidad de hierro para la ingesta diaria, con un valor de 9.2 mg equivalente al 52.8% del total. En el área urbana el aportador mayoritario está constituido por los alimentos a base de trigo, con un valor de 6.5 mg equivalente al 38.8% del total. Con respecto a la absorción diaria de hierro, tanto para el área rural como para el área urbana, al igual que en la ingesta, la tortilla de maíz y los alimentos a base de trigo resultaron ser los contribuyentes mayoritarios, con valores de 0.24 mg y 0.28 mg respectivamente, equivalentes al 51.3% y al 63.1% del total.

¹ Marca comercial registrada para la mezcla de harinas de maíz y semilla de algodón, fortificada con vitamina A, vitamina B₁ (Tiamina) y vitamina B₂ (Riboflavina); procesada en proporciones definidas según fórmula desarrollada por el INCAP en 1966.

² Alimento procesado y precocido a base de harina de trigo.

Al incluir en la dieta el hígado de res como representante de las carnes, la ingesta diaria de hierro aumentó a 19.9 mg en el área rural y a 20.0 mg en el área urbana, la absorción aumentó a 0.9 mg en el área rural y a 1.1 mg en el área urbana, equivalente a un 4.5% y 5.5% de hierro biodisponible, respectivamente; dichos porcentajes resultaron también ser significativamente menores ($P < 0.1$) al 10% reportado por la literatura. Sin embargo el porcentaje globalizado de hierro biodisponible para ambas regiones de la dieta que incluye hígado de res, resultó ser significativamente mayor ($P < 0.1$) en comparación a su similar de la dieta a base exclusivamente de alimentos vegetales.

Al incluir hígado de res en la dieta, éste resulta ser el contribuyente mayoritario de hierro diario absorbido, con un valor de 0.41 mg para el área rural y 0.66 mg para el área urbana, correspondientes al 46.7% y 59.8% del total, respectivamente.

2. INTRODUCCIÓN

La biodisponibilidad de hierro en un alimento expresa el porcentaje que se absorbe de este mineral, en relación al contenido total del mismo en dicho alimento.

En Latinoamérica y demás regiones en las cuales la situación socioeconómica se encuentra deteriorada, la incidencia de anemia por deficiencia de hierro es alta y seguramente se incrementa constantemente. Se estima que en los países de estas regiones, la dieta diaria del individuo se compone casi exclusivamente de alimentos de origen vegetal, los cuales son económicamente más accesibles. Desafortunadamente la biodisponibilidad de hierro en estos alimentos es baja y generalmente la cantidad que puede absorber el ser humano es insuficiente. Por estas razones es importante cuantificar el hierro biodisponible contenido en los alimentos. Esto no ha sido fácil debido a que la mayoría de métodos *in vivo* son costosos, requieren de equipo y metodologías poco accesibles y su aplicación a cualquier tipo fisiológico de individuo no es siempre posible.

El presente estudio evaluó la posibilidad de calcular biodisponibilidad de hierro en la dieta básica del guatemalteco. Para ello se determinó el hierro total y hierro biodisponible en los alimentos de origen vegetal, considerados los más comúnmente consumidos en Guatemala; con los datos reportados de consumo diario de los alimentos y los valores de hierro total y hierro biodisponible obtenidos, se calculó el hierro ingerido y absorbido por día proveniente de cada alimento.

Para determinar el hierro biodisponible en los alimentos se aplicó el método *in vitro* propuesto por Miller *et al*; y para establecer la cantidad diaria consumida de cada alimento, en el área urbana y rural, se tomó como base los resultados de la evaluación nutricional hecha por el INCAP en 1969.

3. ANTECEDENTES

3.1 Aspectos de la realidad nutricional del hierro en Guatemala

Para 1970 en Latinoamérica, solamente en la población adulta, la incidencia de anemia por falta de hierro se estimó en un 39% para mujeres embarazadas, 17% para mujeres no embarazadas y 3% para hombres. Sin contar con datos recientes se estima que la situación debe haberse deteriorado, como resultado del aumento de la pobreza y por ende de un menor consumo de alimentos de origen animal, especialmente de cárnicos (1). Esto es corroborado por los resultados de la evaluación nutricional realizada por el INCAP en 1969 (2), en la cual se evidenció que de 200 familias investigadas, 35 de ellas (17%) consumían de 0 a 2.5 g de proteína animal diarios por persona y del resto la mayoría alcanzaba a consumir de 5 a 15 g diarios de dicho nutriente por persona. El maíz resultó ser la mayor fuente de proteína en la dieta guatemalteca.

En Guatemala para el año de 1983, del total de casos atendidos en la consulta externa de un hospital público, el porcentaje de casos reportados de anemia fue del 3.28% (3).

En la evaluación nutricional de 1969 (2) se estableció el consumo diario por persona, de cada alimento, en la dieta guatemalteca (tabla 1 anexos), encuestando a familias de distintos sectores de la república. Se calculó la ingesta diaria de hierro por persona en un promedio de 14.6 mg para el área rural y 14 mg para el área urbana. Aunque no se realizaron estudios de absorción de hierro, las pruebas hematológicas (saturación de transferrina y hematocrito) evidencian una alta deficiencia de hierro, especialmente en el área rural, por lo cual se concluyó que la ingesta de hierro era en alto grado insuficiente para cubrir los requerimientos de la población.

3.2 Aspectos de interés sobre el metabolismo del hierro en el ser humano

El hierro presente en el organismo puede dividirse en dos componentes, el hierro funcional y el hierro almacenado. El hierro funcional consiste en gran parte en el contenido de la hemoglobina de la sangre, y en menor cantidad en los tejidos del organismo, en la mioglobina y en diversas enzimas heme y no heme. La deficiencia de hierro funcional en la hemoglobina (lo cual produce anemia) es fácil de determinar; aunque la deficiencia en el resto del contenido de hierro funcional es difícil de determinar, es razonable suponer que si el aporte de hierro a la médula eritroide es suficiente (medido por la saturación normal de transferrina y protoporfirina de los glóbulos rojos), las necesidades tisulares de hierro están plenamente cubiertas (4).

El hierro almacenado no tiene ninguna otra función fisiológica más que la de servir como reserva para reemplazar las pérdidas del componente funcional. El organismo tiene depósitos de hierro en forma de ferritina y de hemosiderina en el hígado, el bazo y la médula ósea (4).

Es importante señalar que normalmente no se produce carencia de hierro en la masa de glóbulos rojos o en los tejidos hasta que los depósitos están completamente agotados (4).

3.3 Necesidades de hierro absorbido en el ser humano

Se ha reportado que el organismo pierde pequeñas cantidades de hierro en las excreciones normales (orina, sudor y heces) y en la piel (4,6,7), dicha cantidad oscila entre 0.1 y 1.6 mg por día dependiendo del tipo fisiológico del individuo (ver tablas 14.2 y 14.3 en anexos); a esta pérdida se la ha denominado necesidad basal de hierro (4).

La mujer tiene pérdidas adicionales debidas a los períodos menstruales y durante el embarazo. En recopilaciones de varios estudios realizados, una mujer puede perder en un período menstrual desde 4 hasta 37 mg de hierro (7). De acuerdo a un sumario de datos hecho por la OPS en 1969 (8), las pérdidas de hierro diarias debidas a la menstruación se estiman en un rango de 0.1-0.4mg; reportes de 1991 de la OMS/FAO (4) sitúan la mediana de este valor entre 0.47-0.48 mg por día. En el período de embarazo la formación del feto utiliza de 1.7 a 3.75 mg (8).

El reporte de la OMS/FAO de 1,991 (4) incluye también las necesidades de hierro para el crecimiento en sus distintas etapas cronológicas, oscilando dicho valor entre 0.22mg y 0.66 mg por día.

3.4 Absorción del hierro de los alimentos

En las especies monogástricas, la absorción de hierro toma lugar principalmente en el duodeno (6,11) y con mayor facilidad se absorbe en el estado ferroso (12); lo anterior es apoyado por resultados de varios estudios (13-15) los cuales muestran la reducción del estado férrico al ferroso por acción del lumen intestinal. Pero el estado de oxidación del hierro no es del todo determinante en la absorción, pues también se ha encontrado compuestos férricos que son mayormente disponibles para la absorción que los compuestos ferrosos (16).

Aunque aun no está completamente entendido el mecanismo de absorción del hierro, es un hecho probado que el organismo incrementa la eficiencia de la absorción durante períodos de deficiencia y decrece la capacidad de absorción durante períodos de superávit de este mineral (4,7).

Los estudios hechos con hierro radioactivo, dan soporte a la existencia de dos pools de hierro, los cuales se absorben por mecanismos distintos e independientes entre si.

Por un lado se encuentra el pool del hierro hemínico (hierro hem), el cual está constituido por la hemoglobina y la mioglobina en los alimentos de origen animal, siendo la principal fuente de hierro en los países industrializados; es fácilmente absorbible, por lo general su biodisponibilidad se encuentra por arriba del 20% y no hay factores que afecten significativamente su absorción; a excepción de una ligera influencia debida al estado nutricional del individuo con respecto al hierro (4,7,10,17).

Por otro lado se encuentra el pool del hierro no hemínico (hierro no hem), el cual está constituido por las distintas formas de hierro inorgánico y cualquier otra forma de hierro unido a moléculas orgánicas, exceptuando la hemoglobina y mioglobina. Se encuentra presente en los alimentos vegetales (cereales, legumbres, frutas, hortalizas, etc.) y en los productos lácteos; se constituye en la principal fuente de hierro para los países en vías de desarrollo. Se absorbe con dificultad, su porcentaje de absorción con respecto al ingerido raras veces sobrepasa el 5% y se ve afectado significativamente por factores y sustancias externas que pueden actuar como inhibidores o promotores de la absorción (4,7,10). El estado nutricional del individuo con respecto al hierro modifica substancialmente la absorción del hierro no hem. Los alimentos conocidos que estimulan la absorción del hierro no hem son las carnes, los pescados, mariscos, aves de corral y varios ácidos orgánicos, particularmente el ácido ascórbico (presente en los cítricos). En contraposición, numerosas sustancias, como los polifenoles, incluidos los taninos, los fitatos, determinadas formas de proteína y algunas formas de fibra alimentaria, inhiben la absorción de este hierro; algunos alimentos que contienen estas sustancias son el té, el café, la yema de huevo y el salvado (4, 10).

Otra diferencia entre estos dos pools de absorción es que mientras el hierro no hemínico debe reducirse al estado ferroso (12-15) y liberarse de varios complejos que pueda estar formando con moléculas orgánicas; el hierro hemínico es absorbido sin destruir el complejo Fe-Hem, directamente hacia las células de la mucosa intestinal (18).

Actualmente la información del contenido de hierro en los alimentos es razonablemente adecuada, pero el conocimiento de la biodisponibilidad de este mineral en alimentos es aun incompleta.

El método que más se adecúa a la realidad para determinar la biodisponibilidad de hierro en las dietas, es el consistente en medir la absorción de hierro en humanos, usando la técnica del marcado extrínseco (19,20). En esta técnica se adiciona una cantidad medida de hierro radioactivo a la dieta, de la cual se conoce la actividad total del radionúclido que ingiere el individuo, luego se mide la actividad en una porción de sangre que se le extrae posteriormente y se extrapola a la cantidad de fluido sanguíneo en el cuerpo, con la cual se puede calcular la totalidad de hierro radioactivo absorbido y compararlo con el hierro radioactivo administrado.

Además del marcado extrínseco, se ha desarrollado métodos in vivo en humanos, por medio de balance metabólico (21), en el cual se conoce la cantidad de hierro que se ingiere y se mide el hierro perdido en las distintas excreciones del cuerpo, el hierro no detectado en las excreciones equivale al hierro absorbido. Existen también métodos in vivo con modelos animales, de éstos los más comunes son los desarrollados en ratas (22,23). En mayor cantidad se ha propuesto métodos in vitro que tratan de simular las condiciones gastrointestinales de digestión humana (24-28).

Aunque parece ser que los métodos in vivo proporcionan condiciones reales de absorción y resultados más confiables, los modelos en humanos a base de estudios de balance, son costosos, tediosos y susceptibles a grandes errores (29). Los estudios de absorción animal son limitados por lo incierto acerca de las diferencias entre el metabolismo humano y el metabolismo animal (30). El método del marcado extrínseco tiene el problema de usar sujetos humanos, por lo cual la administración de radionúclidos no es siempre posible. Los métodos in vitro pueden ser simples, rápidos, de bajo costo y pueden proveer de información no proporcionada por los estudios con animales (28).

El método in vitro según Miller et al (28) presenta, a diferencia de otros similares, las siguientes variantes: a) sólo se miden formas de hierro de bajo peso molecular, practicándose un proceso de diálisis al final de la simulación de la digestión (mide hierro dializable); b) se ajusta gradualmente el pH del medio, al pasar de la digestión ácida a la básica, colocando dentro de la bolsa de diálisis una cantidad de bicarbonato de sodio, equivalente a la acidez del medio de digestión.

En un estudio posterior, realizado por Schricker et al (31), se compararon entre sí tres métodos para determinar hierro biodisponible en alimentos, aplicándolos en distintos tipos de carnes: el método in vitro según Miller et al (28), el método in vivo de balance metabólico en humanos según Mosen (20) y un método in vivo de balance metabólico en ratas. La mejor correlación resultó ser entre la metodología in vitro con la metodología

in vivo en humanos, la segunda mejor correlación entre el método in vitro con el in vivo en ratas y la correlación más pobre entre los dos métodos in vivo (en humanos y ratas). De acuerdo a los autores, estas comparaciones soportan la posibilidad de usar el método in vitro propuesto, como alternativa rápida, barata y acuciosa para estimar la biodisponibilidad del hierro no hemínico en dietas compuestas.

Se sabe que el valor de hierro biodisponible de un alimento individual cambia significativamente al consumirse junto a otros alimentos (4,7,10,17), específicamente en el pool de hierro no hemínico, por el efecto que ejercen factores promotores e inhibidores de la absorción en la dieta compuesta. Sin embargo, varios autores han reportado valores de biodisponibilidad para alimentos individuales desde la década de los sesenta.

En un reporte del International Nutritional Anemia Consultive Group (INACG) (10) se presentan los valores de hierro biodisponible para algunos alimentos, determinados por el método del marcado extrínseco, según los distintos autores que los han estudiado y se especifica el año en el cual fue realizado cada estudio. Los rangos de los porcentajes de hierro biodisponible reportados para los distintos alimentos son: alimentos a base de trigo 2.7-25.1, maíz 0.8-3.8, arroz 2.0-4.4, frijoles negros 1.2-2.6 y Soya (frijol cocido) 1.5-11.0.

Layrisse et al (20) reporta porcentajes de absorción de hierro, determinados por un modelo del método de marcado extrínseco, para los siguientes alimentos: espinaca 1.4, frijoles negros 4.0, maíz 4.0, lechuga 4.5, trigo 5.0, frijol de soya 12.0.

Narasinga y Prabhavanthi (25) reportan porcentajes de absorción de hierro, determinados por la metodología in vitro de hierro soluble, para los siguientes alimentos: dieta de trigo para el desayuno 2.6, dieta de trigo para el almuerzo 2.5, dieta de arroz para el desayuno 3.6, dieta de arroz para el almuerzo 3.3 y dieta de sorgo 1.5.

Miller et al (28) reporta porcentajes de absorción de hierro, determinados por la metodología in vitro de hierro dializable, para los siguientes alimentos: trigo entero 2.06, arroz 2.37, trigo entero con jugo de naranja 12.07, espinaca 5.73 y zanahoria 4.95.

Lombardi-Boccia, Di Lullo y Carnovale (32) reportan porcentajes de hierro dializable, determinados por el método de Miller et al, para un estudio realizado en harinas de las siguientes leguminosas:

- Frijol moteado: harina normal 2.3, harina extruida 1.2.
- Frijol blanco: harina normal 2.4.
- Frijol faba: harina normal 0.12, harina extruida 0.8.

- Garbanzo: harina normal 2.7, harina extruida 1.8.

- Lenteja: harina normal 1.1, harina extruida 0.7.

Para poder hacer recomendaciones nutricionales y poder estimar la absorción a partir de una dieta completa, en el informe de la consulta de expertos OMS/FAO de 1991 (4), se definen tres tipos de dietas: de biodisponibilidad baja, intermedia y alta.

- Dieta de biodisponibilidad baja: Posee una absorción del 5% aproximadamente; consiste en una dieta sencilla, monótona, compuesta por cereales, raíces y/o tubérculos y cantidades poco significativas de carne, pescado o alimentos ricos en ácido ascórbico.

- Dieta de biodisponibilidad intermedia: Posee una absorción de hierro alrededor del 10%. son las dietas que consisten principalmente en cereales, raíces y/o tubérculos y cantidades moderadas de carne, pescado y/o ácido ascórbico.

- Dieta de biodisponibilidad alta: Posee una absorción del orden del 15%. Es una dieta diversificada, que contiene cantidades generosas de carne, aves de corral, pescado y/o ácido ascórbico.

Sin embargo, en el informe se hace la aclaración de que algunas dietas caen fuera de los extremos de esta gama de biodisponibilidad (del 5% al 15%); así la absorción del hierro de las dietas que se componen casi únicamente de cereales pueden ser de sólo del 1% al 2%, mientras que las que son grandes en cárnicos pueden llegar del 20% al 25% (4).

3.5 Necesidades de hierro en la dieta

Para prevenir la anemia nutricional, los alimentos de la dieta deben proporcionar una cantidad suficiente de hierro, de manera que la cantidad absorbida compense las pérdidas fisiológicas normales y cubra las necesidades de cada individuo según sus propias condiciones fisiológicas (crecimiento, embarazo, etc.) (5).

Alvarez (6) reportó que debe consumirse de 10 a 18 mg diarios de hierro en la dieta, no especifica cuál es el porcentaje de hierro absorbible esperado.

En la publicación de la OPS de 1969 (8) aparecen las cantidades de hierro que deben ser ingeridas en la dieta diaria, dependiendo de las condiciones fisiológicas del individuo, estas cantidades oscilan entre 4 y 37.5 mg por día, para poder compensar las pérdidas fisiológicas y cubrir así con los requerimientos del organismo (tabla 14. 2 anexos), en dicha publicación se asume un 10% de absorción del hierro ingerido para cualquier tipo de dieta.

Flores et al (5) recomienda cantidades de hierro que deben ser absorbidas diariamente dependiendo del grupo edad al cual pertenezca el individuo, oscilando éstas entre 0.9 y 2.8 mg. Atendiendo especificaciones como las expuestas anteriormente, se ha sólido recomendar, para cubrir los requerimientos de hierro en el organismo, el consumo de ciertos alimentos en determinadas cantidades, basándose únicamente en su contenido de hierro total (9).

Es hasta 1,991 cuando el reporte de una convención de expertos publicada por OMS/FAO (4), define dos tipos de necesidades de hierro en la dieta: a) la necesidad basal que se refiere a la cantidad de hierro que ha de estar presente en la dieta para mantener un aporte normal de este nutriente a los tejidos y para mantener todas las funciones clínicamente detectables; y b) las necesidades par prevenir la anemia que representa el nivel de ingesta de hierro en la dieta que se necesita para evitar una disminución de la hemoglobina por debajo de los valores límites propuestos por la OMS como indicadores de la probable presencia de anemia. También establecen el consumo de hierro diario recomendado que debe tener un individuo, según su tipo fisiológico, para cubrir sus necesidades tanto para prevenir la anemia como basal; especificando el consumo para los tres tipos de dietas que se definieron (de baja, mediana y alta biodisponibilidad de hierro expuestas en 3.4), se reproducen los datos en las tablas 14.4, 14.5 y 14.6 de los anexos.

4. JUSTIFICACIÓN

El deterioro de la situación socioeconómica en Latinoamérica, ha provocado que la dieta diaria del individuo se constituya casi exclusivamente en alimentos de origen vegetal. Dado que el hierro no hemínico contenido en los alimentos vegetales es absorbido con dificultad e inhibido fácilmente, el problema de la anemia nutricional se ha de estar agudizando a cada momento.

La determinación del hierro biodisponible en un alimento, por medio de una metodología in vitro adecuada, se constituye en una forma rápida, segura y accesible de predecir el hierro que será absorbido por el individuo cuando ingiera dicho alimento.

Al contar con valores de hierro biodisponible de los alimentos más comunes, incluidos en la dieta básica de Guatemala y tomando en cuenta la ingesta diaria reportada de los mismos; es posible calcular, con cierta aproximación, la cantidad diaria de hierro que es absorbida al consumir este tipo de dieta.

Este dato es importante para evaluar la suficiencia de hierro en una dieta para satisfacer las necesidades del mineral en el individuo y puede servir de base para programas de suplementación con dicho nutriente, así como ayudar a interpretar la incidencia de anemia nutricional en nuestro país.

5. OBJETIVOS

- 5.1 *Determinar los valores de hierro total y de hierro biodisponible en los siguientes alimentos de origen vegetal: frijol negro, arroz, tortilla de maíz, pan dulce y pan francés (ambos de harina de trigo), pasta, espinaca, chipilín, bledo, ejote, güisquil, repollo, güicoy, tomate, zanahoria, yuca, papa, plátano, banano e incaparina₂.*
- 5.2 *Calcular el la biodisponibilidad de la dieta diaria guatemalteca, a partir de los valores de ingesta diaria, hierro total y hierro biodisponible de los alimentos estudiados.*

₁ Alimento procesado y precocido a base de harina de trigo.

₂ Marca comercial registrada para la mezcla de harinas de maíz y semilla de algodón, fortificada con vitamina A, vitamina B₁ (Tiamina) y vitamina B₂ (Riboflavina); procesada en proporciones definidas según fórmula desarrollada por el INCAP en 1966.

6. HIPÓTESIS

- El porcentaje de hierro biodisponible aportado diariamente por los siguientes alimentos vegetales: incaparina¹, frijol negro, pan dulce y pan francés (ambos de harina de trigo), tortilla de maíz, arroz, pasta², papa, yuca, plátano, banano, espinaca, chipilín, bledo, zanahoria, tomate, güicoy, güisquil, ejote y repollo; considerados los más comúnmente consumidos en la dieta básica guatemalteca, es significativamente menor al 10%³.

¹ Marca comercial registrada para la mezcla de harinas de maíz y semilla de algodón, fortificada con vitamina A, vitamina B₁ (Tiamina) y vitamina B₂ (Riboflavina); procesada en proporciones definidas según fórmula desarrollada por el INCAP en 1966.

² Alimento procesado y precocido a base de harina de trigo.

³ Dato reportado por la OPS en 1969, considerado valedero para predecir el hierro absorbido de cualquier dieta compuesta.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Universo de trabajo

Muestras cocidas, deshidratadas, molidas y homogeneizadas de los siguientes alimentos: incaparina, frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), pan dulce y pan francés elaborados con harina de trigo (*Triticum aestivum* L.), pasta elaborada con harina de trigo (*Triticum aestivum* L.), tortilla elaborada con harina de maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), espinaca (*Spinacea oleracea* L.), chipilín (*Crotalaria longirostrata* L.), bledo (*Amaranthus* spp. L.), , zanahoria (*Daucus carota* L.), ejote (*Phaseolus vulgaris* L.) vaina y grano verdes, repollo (*Brassica oleracea* L. v. *capitata*), papa (*Solanum tuberosum* L.) y yuca (*Manihot dulcis* L.).

Muestra cocida y homogeneizada de güicoy (*Curbita máxima* L.) güisquil (*Sechium edule* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.).

Muestra cruda, liofilizada, molidas y homogeneizada de banano (*Musa sapientum* L.).

7.2. Recursos humanos

- Autor: Br. Luis Alberto Monterroso González.
- Asesor: Dr. Carlos Enrique Acevedo.
- Colaboradores: Todo el personal de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá.

7.3. Recursos institucionales

El presente estudio es parte de los proyectos de investigación del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, por lo cual será desarrollado en sus instalaciones y financiado con sus fondos.

7.4. Materiales:

- Balanza analítica Ohaus Galaxy 160.
- Agitador magnético Corning PC-160.
- Agitador para tubos de ensayo Vortex Mixer VWR Mod K-550-G.
- Molino Tecator, Cyclotec 1093.

- Baño a temperatura constante y con agitación, Tecator 1024.
- Espectrofotómetro UV-VIS, Varian DMS 100.
- Muffa Thermoline Mod. CP-13310.
- Centrífuga International Equipment Comp., IEC MN-SII.
- Estufa con agitación magnética Corning, PC-35I.
- Horno Lab. Line Instrument Inc., Imperial IV.
- Liofilizadora Virtis, 10-MR-TR.
- Licuadora comercial marca National, 3 velocidades.
- Estufa eléctrica casera, General Electric.
- Potenciómetro digital Cole Parmer, con electrodo Beckman.
- Tubos para diálisis Spectrapor, con corte de peso molecular de 6-8,000, 50mm*25 pies, 8.0 mL/cm.
- Cristalería en general.

7.5. Reactivos

- 200 g de acetato de sodio, grado analítico.
- 250 mL de ácido acético glacial, grado analítico.
- 1 g de 2,2'-Bipiridina (alfa, alfa-Bipiridil), grado analítico.
- 1 L de ácido clorhídrico concentrado (37% p/p), grado analítico.
- 5 g de ácido L(+) ascórbico, grado analítico y para bioquímica.
- 70 g de pepsina (de mucosa gástrica de cerdo) 0.7 Fip- U/mg, para usos bioquímicos.
- 10 g de extracto de bilis (de porcino).
- 70 g de pancreatina (Proteasa: 1400 FIP-U/g, Lipasa: 30,000 FIP-U/g, Amilasa: (30 000 FIP- U/g), 4XUSP.
- 100 g de bicarbonato de sodio, grado analítico.
- 80 g de ácido tricloroacético, grado analítico.
- 80 g de clorhidrato de hidroxilamina, grado I analítico.
- 0.5 g de alambre de hierro metálico, para estandarización.

7.6. Métodos

7.6.1. Preparación de muestras

7.6.1.1. Frijol negro: Se cocinaron 200 g en agua destilada hirviendo, en proporción 3:1 (agua:alimento) durante 120 minutos a presión atmosférica (30 minutos en olla de presión que equivale a 1.5 atmósferas).

Se deshidrató junto con su caldo en horno con corriente de aire a 60°C durante 16 horas, se molió y homogeneizó en molino de aspas y mesh de 0.5 mm.

7.6.1.2. Arroz: Se cocinaron 200 g en agua destilada hirviendo en proporción 1:1, a presión atmosférica, hasta que se consumió el sobrenadante. Se deshidrató en horno de aire a 60°C durante 16 horas, se molió y homogeneizó en molino de aspas y mesh de 0.5 mm.

7.6.1.3. Incaparina: Se preparó el atol agregando 50 g de la harina a un litro de agua destilada, se hirvió a presión atmosférica durante 10 minutos. Se deshidrató en horno de aire a 60°C durante 16 horas, se molió y homogeneizó en molino de aspas y mesh de 0.5 mm.

7.6.1.4. Pan francés, pan dulce y tortilla: Se analizaron en la forma como son preparados en el mercado, se adquirieron 200 g los cuales se deshidrataron en horno de aire a 60°C durante 16 horas, se molieron y homogeneizaron en molino de aspas y mesh de 0.5 mm.

7.6.1.5. Espinaca, chipilín, bledo, ejote, repollo y zanahoria: 500 g del respectivo alimento se cocinaron en agua destilada hirviendo en proporción 1:1 durante 20 minutos a presión atmosférica. Se deshidrataron junto con sus caldos en horno con corriente de aire a 60°C durante 16 horas, se molieron y homogeneizaron en molino de aspas y mesh de 0.5 mm.

7.6.1.6. Papa, yuca y pasta: 300 g del respectivo alimento se cocinaron en agua destilada hirviendo en proporción 1:1, durante 40 minutos a presión atmosférica. Se decantó el agua de cocción. Se deshidrataron en horno con corriente de aire a 60°C. Se molieron y homogeneizaron en molino de aspas y mesh de 0.5 mm.

7.6.1.7. Plátano, güicoy, tomate y güisquil: Se realizó la cocción de 300 g del respectivo alimento en agua destilada hirviendo en proporción 1:1 durante 30 minutos a presión atmosférica. Se homogeneizó con licuadora casera con todo y su caldo.

7.6.1.8. Banano: 300 g de muestra se liofilizó en crudo, se molió y homogeneizó en molino de aspas y

mesh de 0.5 mm.

7.6.3. Determinación de humedad en alimentos

Se realizó según el manual de métodos para análisis de alimentos del INCAP (33).

7.6.2. Preparación de solución de cenizas para alimentos

Se realizó según el manual de métodos para análisis de alimentos del INCAP (33).

Se pesó de 2-5 g de alimento seco en un crisol de porcelana. Si se trabajó con un slurry (alimento con alto contenido de humedad, su consistencia se asemeja a la de un atol) se pesó de 15-20 g en un crisol previamente tarado, llevado a peso constante, y secado calentando en horno de aire a 60°C durante 8 horas. Se pesó el residuo seco y se calculó el porcentaje de humedad en el slurry. Cada muestra se trabajó por triplicado.

Los crisoles con alimento seco se incineraron con llama de mechero, en una campana extractora de gases, hasta que el desprendimiento de humos y/o gases dejó de ser evidente (5-10 minutos por crisol). Se continuó la incineración de materia orgánica calentando en una mufla a 550°C durante 16 horas (si la combustión fue adecuada las cenizas deben ser blancas).

Se disolvieron las cenizas en 5 mL de ácido clorhídrico 6N y se calentaron suavemente en estufa eléctrica hasta sequedad, se adicionó 5 mL más de ácido clorhídrico 6N y se calentó suavemente durante 20 minutos, la solución obtenida se filtró por gravedad, a través de papel filtro Whatman No. 1, el filtrado se recibió en balones aforados de 100 mL.

Si la combustión fue adecuada, no existiendo residuos negros de carbón, se procedió a quitar el papel filtro de los embudos, se lavaron cuantitativamente con agua destilada y se aforó la solución.

Si quedaron residuos de carbón en el papel filtro, se procedió a colocarlo en su respectivo crisol y a incinerarse con llama de mechero, el remanente se trató con 5 mL de ácido clorhídrico 6N y calentamiento suave durante 20 minutos; se filtró con una pieza nueva de papel filtro Whatman No. 1 hacia su respectivo balón aforado, se lavó cuantitativamente con agua destilada y se aforó la solución.

7.6.4. Determinación de hierro total en alimentos

Se realiza por el método del alfa, alfa-bipiridil, adecuado a escala semi-micro (33).

7.6.4.1. Preparación de estándares: Se desengrasó una sección de alambre de hierro estándar con una longitud de aproximadamente 5 cm, sumergiéndola en acetona durante 15 minutos y secándola en horno

a 100°C, se cortó con una tijera de acero inoxidable, también desengrasada, en pedazos lo más pequeños que sea posible (se utilizó guantes nuevos o papel absorbente para sujetar el alambre de hierro estándar), se pesó en balanza analítica 0.1000 g del estándar o lo más cercanamente posible a este valor, se disolvió en 3-5 mL de ácido clorhídrico concentrado, con calentamiento suave durante aproximadamente 1 hora. La solución resultante se transfirió cuantitativamente a un balón aforado de 100 mL y se llevó a volumen con agua destilada, la solución resultante es de 1000 ppm de hierro.

Se midió con una pipeta volumétrica 10 mL de la solución de 1000 ppm, se vertieron en un balón aforado de 1 L, se llevó a volumen con agua destilada. De la solución resultante, la cual tiene una concentración de hierro de 10.00 ppm, se tomaron alícuotas de 5, 10, 20, 30 y 40 mL, las cuales se llevaron a volumen en balones aforados de 50 mL para obtener estándares de 1, 2, 4, 6 y 8 ppm (mg/L).

7.6.4.2. Procedimiento: Por duplicado se tomaron 2 mL de estándar o de la solución de cenizas del alimento, se vertieron en un tubo de ensayo de 15 mL. Se adicionó 0.3 mL de ácido ascórbico acuoso 0.012g/mL (preparado el mismo día). Se adicionó 2 mL de Buffer de acetato/ácido acético pH 5.4. Se adicionó 0.2 mL de solución de 2,2'-bipiridil al 0.2% en ácido acético al 10%. Se adicionó 5 mL de agua destilada y se agitó en un vortex mixer para tubos de ensayo. Se dejó reaccionar durante 30 minutos y luego se midió la absorbancia en un espectrofotómetro de doble as a 520 nm.

7.6.4.3. Curva estándar: Se midieron absorbancias para al menos 3 puntos de la curva, siguiendo el procedimiento con alícuotas de los estándares preparados. Se obtuvo la ecuación de la recta por mínimos cuadrados para concentración (ppm) vs. absorbancia, un coeficiente de correlación mayor a 0.995 es aceptable.

7.6.4.4. Expresión de los resultados: El hierro total se expresó en mg de hierro por 100 g de alimento. Los valores de las harinas y atoles fueron convertidos a base húmeda; utilizando las humedades reportadas en la tabla de composición de alimentos del INCAP o las determinadas experimentalmente para los alimentos cuyos valores no se encontraban reportados en dicha tabla.

7.6.5. Determinación de hierro biodisponible en alimentos

Se realizó según el método de Miller *et al* (28).

7.6.5.1. Digestión ácida: Se pesó 5 g con una precisión de 0.0005 g de alimento vegetal molido y seco, o

100 g de alimento en forma de atol, por quintuplicado en beakers de 100 mL. Se adicionó 20 mL de solución ácida de Pepsina (16g Pepsina en 1 L de HCl 0.1N). Se agitó en baño de María a 37°C durante 2 horas.

7.6.5.2. Determinación de la acidez del medio de digestión: A uno de los recipientes que se le haya practicado la digestión ácida, se le agregó 5 mL de solución de Pancreatina-bilis (4 g Pancreatina y 25 g de bilis en 1 L de bicarbonato de sodio acuoso 0.1N), se valoró con KOH estándar 0.5 N hasta pH 7.5 (El pH es monitoreado con un potenciómetro), se calcularon los miliequivalentes de acidez en el medio.

7.6.5.3. Digestión básica: Se colocó en secciones de tubos para diálisis (9-10cm) 20 mL de solución de bicarbonato de sodio equivalente a la acidez determinada para el medio de digestión. Se colocó un tubo para diálisis lleno en cada uno de los recipientes que se les ha practicado la digestión ácida, se agitaron durante 30 minutos en baño de María a 37°C, se les adicionó 5 mL de solución de Pancreatina-bilis, se taparon con parafilm y se agitaron en baño de María a 37°C durante 2 horas más.

7.6.5.4. Recuperación y tratamiento del dializado: El contenido final de las secciones de tubos para diálisis (dializado), se vertió en una probeta volumétrica (con tapón esmerilado) de 25mL, se lavaron los tubos para diálisis cuantitativamente con tres porciones de agua destilada, de no más de 1.5 mL, los lavados se vertieron en la probeta. Se aforó 20 mL con agua destilada y se agitó. Se tomaron dos alícuotas de 5.00 mL de esta solución y se colocaron en tubos de ensayo de 10 mL, se les adicionó 1.10 mL de solución de ácido tricloroacético-clorhidrato de hidroxilamina, ambos al 24% p/v, se calentaron en baño de María hirviendo durante 10 minutos (los tubos deben estar tapados), se centrifugaron a 2000 RPM durante 30 minutos. El sobrenadante quedó listo para su análisis posterior.

7.6.5.5. Determinación del hierro dializable: De cada sobrenadante se tomó una alícuota de 4.00 mL, siguiendo la metodología semi-micro para determinación de hierro con 2,2'-bipiridil, las alícuotas se colocaron en tubos de ensayo de 15 mL, se les adicionó 0.3 mL de solución de ácido ascórbico, 4.00 mL de buffer pH 5.4, a un tubo se le agregó 0.2 mL de solución de 2,2'-bipiridil y al otro 0.2 mL de agua destilada, se dejó reaccionar durante 30 minutos y se midieron las absorbancias respectivas en espectrofotómetro de doble haz a 520 nm, la absorbancia del segundo tubo se restó a la del primero (corresponde a cualquier lectura debida a pigmentos del alimento o turbidés del medio y no al color del complejo Fe-bipiridil). Se hizo una curva estándar adecuada a los niveles de hierro dializable, los cuales

están por debajo de 0.1 ppm.

7.6.5.6. Expresión de los resultados: Los mg de hierro en el dializado se comparan con los mg de hierro total contenidos en la porción de alimento analizada (5 g en base seca o 100 g del atol), el hierro biodisponible se expresa en porcentaje (mg de hierro dializable por 100 mg de hierro total en el alimento).

7.6.5.7. Nota: Se corrió un blanco por cuadruplicado, practicándose los distintos pasos descritos, para determinar los mg de hierro dializable provenientes de reactivos, tubos de diálisis, etc. Este valor debe restarse a los mg de hierro dializable en cada ensayo.

8. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Es pertinente aclarar varios criterios aplicados durante el desarrollo de la metodología, debido a que presentan factores de variabilidad. Dichos criterios deben considerarse para interpretar los resultados obtenidos o al querer aplicar la metodología, parcial o totalmente, en algún estudio futuro.

8.1 Selección de los alimentos: *Los 20 alimentos para el estudio se escogieron en base a la evaluación nutricional (2) y a la dieta adecuada de costo mínimo (9) (ambas realizadas por el INCAP) y se tomó en cuenta el criterio de los investigadores, atendiendo a la amplia experiencia del asesor en la materia y las opiniones de personalidades reconocidas del INCAP, principalmente del Dr. Ricardo Bressani.*

8.2 Adquisición de los alimentos: *Las muestras de alimentos se adquirieron tal y como se venden en el mercado, el lugar donde se compró cada una se escogió totalmente al azar.*

8.3 Preparación de los alimentos: *Los alimentos, exceptuando el banano, se analizaron cocidos, pues es la forma como generalmente son consumidos por la población guatemalteca. La deshidratación y liofilización se hicieron con el fin de obtener concentraciones detectables de hierro dializable, en la fase final de la determinación de hierro biodisponible. La molienda y homogeneización se hicieron para obtener un tamaño de partícula que permita la actuación eficiente del sistema enzimático de digestión y mayor reproducibilidad en los resultados.*

8.3.1 Cocción: *Se realizó en ollas de acero inoxidable, de 1 litro de capacidad, con agua destilada, calentamiento con estufa eléctrica casera hasta ebullición, a presión atmosférica correspondiente a la ciudad de Guatemala (640 mm de Hg aproximadamente); el tiempo de cocción, proporción agua:alimento y otros detalles, se especifican para cada alimento, en la sección 7.6.1. de métodos, según se acostumbra prepararlos caseramente. Solamente el banano se analizó crudo.*

8.3.2 Deshidratación: *Se realizó por calentamiento en horno de aire a 60°C, durante 16 horas; para el banano el cual contiene sacáridos de bajo peso molecular, se realizó por liofilización. Debido a su alto contenido de humedad y/o su alto contenido de azúcares de bajo peso molecular, lo que provocó inmanejabilidad de sus harinas con la adición de los reactivos como soluciones acuosas; el güicoy, el güisquil, el tomate y el plátano no se deshidrataron.*

8.3.3 Molienda y homogeneización: Se realizó en un molino de aspas con mesh de 0.5 mm, el diseño para pasar las muestras de alimento por el molino es completamente al azar. Debido a que el güicoy, el güisquil, el tomate y el plátano no se deshidrataron, la molienda no fue realizada y la homogeneización se realizó en una licuadora comercial, en la velocidad de bajas RPM durante 3 minutos.

8.4 Determinación de hierro total en alimentos: Cada muestra de alimento se analizó por triplicado.

8.5 Determinación de hierro biodisponible en alimentos: Cada muestra de alimento se analizó por cuadruplicado.

8.6 Estimación del porcentaje de hierro biodisponible aportado diariamente por los alimentos vegetales más comúnmente consumidos en Guatemala

Para cada uno de los 20 alimentos que se analizaron se obtuvo un valor de hierro total (expresados en mg de hierro por 100 g de alimento en base seca, con un límite de detección de 0.01 mg) y un valor de hierro biodisponible (expresado en porcentaje con respecto al hierro total).

Convirtiendo los valores de hierro total en base seca y de los alimentos analizados como atol a los respectivos valores en base húmeda, utilizando el contenido reportado de humedad de cada alimento (33) o el determinado experimentalmente (para los atoles y alimentos cuya humedad no estaba reportada); se procedió a operarlos adecuadamente con los valores reportados de consumo diario de alimentos (referidos para base húmeda) (2), obteniéndose así el cálculo de la cantidad de hierro que aporta cada alimento a la ingesta diaria. Se operó el valor de hierro ingerido para cada alimento con su respectivo valor de hierro biodisponible, obteniéndose así el cálculo de la cantidad de hierro que aporta cada alimento para la absorción diaria.

El porcentaje de hierro biodisponible aportado diariamente por los 20 alimentos en conjunto, resultó de la relación entre el total de hierro absorbido y el total de hierro ingerido. La suma de ambas cantidades se aproximaron a valores enteros de diezmilésimas de gramo.

8.7 Ingesta diaria, en base húmeda, para los alimentos que fueron objeto de estudio (33)

Se asignaron los valores que aparecen reportados en gramos para el área urbana y el área rural (Tabla 1 anexos). Solamente aparecen valores individuales para el frijol negro, tortilla de maíz y arroz. Los valores para tubérculos se distribuyeron equitativamente entre la papa y la yuca; los valores para pan de trigo se distribuyeron equitativamente entre el pan francés y pan dulce; los valores para otros cereales se

asignaron a las pastas, aparecen valores para bananos y plátanos, los cuales se distribuyeron equitativamente entre ambos; los valores para verduras frescas se distribuyeron equitativamente entre bledo, chipilín, espinaca, repollo, güisquil, ejote, zanahoria, güicoy y tomate. Para la incaparina se tomó el valor que aparece en la dieta adecuada de costo mínimo para Guatemala, el cual es de 1 taza de atol, equivalente a 20 gramos de harina.

8.8 Prueba de la hipótesis

Para comprobar la validez de la hipótesis propuesta, se aplicó una prueba de hipótesis concerniente a proporciones de población. El tratamiento de la muestra, constituida por las diezmilésimas de gramo (valores enteros) de hierro consumidos diariamente, cumple con ser un experimento binomial y que la muestra cumple con ser lo suficientemente grande (se obtuvo valores entre 16.7 y 20.0 mg equivalentes a 167 y 200 diezmilésimas de gramo de hierro por día) tal que los casos que muestren la respuesta de interés (diezmilésimas de gramo absorbidas diariamente) tengan una distribución aproximadamente normal (35).

Los elementos del experimento binomial son los siguientes:

- N : diezmilésimas de gramo de hierro ingerido, que constituyen el número de casos sometidos a ensayo.
- Y : diezmilésimas de gramo de hierro absorbidos, constituyen los casos que producen la respuesta de interés o éxito.
- $P = y/n$: probabilidad de que cada ensayo resulte en la respuesta de interés o éxito, probabilidad de que cada diezmilésima de gramo de hierro ingerido resulte ser absorbida.
- $q = (n - y)/n$: probabilidad de fracaso, probabilidad de que cada diezmilésima de gramo de hierro que se ingiera no sea absorbida (quede fijada al alimento).
- Prueba a aplicar

Hipótesis nula: $p = 0.10$

Hipótesis alterna para test de una cola: $H_a: p < 0.10$

Estadístico de prueba

$$z = (p - 0.10) / (0.10 \cdot 0.9/n)^{1/2}$$

Región de rechazo para la hipótesis nula (test unilateral o de una cola):

$$z < -z_{\alpha}$$

9. RESULTADOS

LISTADO DE TABLAS

- TABLA 9.1 HUMEDAD (REPORTADA Y OBTENIDA), HIERRO TOTAL Y HIERRO BIODISPONIBLE OBTENIDOS PARA LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS.
- TABLA 9.2 CONSUMO DIARIO REPORTADO DE ALIMENTO; INGESTA Y ABSORCIÓN DIARIA DE HIERRO CALCULADA POR ALIMENTO EN GUATEMALA.
- TABLA 9.3 CANTIDAD DE HIERRO INGERIDO Y PORCENTAJE DEL TOTAL QUE APORTAN DIARIAMENTE LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS, AGRUPADOS POR SIMILITUDES NUTRICIONALES PARA DIETAS A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES Y AL INCLUIR HÍGADO DE RES (ÁREAS RURAL Y URBANA DE GUATEMALA).
- TABLA 9.4 CANTIDAD DE HIERRO ABSORBIDO Y PORCENTAJE DEL TOTAL QUE APORTAN DIARIAMENTE LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS, AGRUPADOS POR SIMILITUDES NUTRICIONALES PARA DIETAS A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES Y AL INCLUIR HÍGADO DE RES (ÁREAS RURAL Y URBANA DE GUATEMALA).
- TABLA 9.5 ELEMENTOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DIARIO DE ABSORCIÓN OBTENIDO, EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES, CON EL REPORTADO EN LA LITERATURA
- TABLA 9.6 ELEMENTOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DIARIO DE ABSORCIÓN OBTENIDO, AL INCLUIR EN LA DIETA HÍGADO DE RES, CON EL REPORTADO EN LA LITERATURA
- TABLA 9.7 ELEMENTOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DIARIO DE ABSORCIÓN OBTENIDO, ENTRE LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES Y AL INCLUIR EN ESTA HÍGADO DE RES.
- TABLA 9.8 INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LOS PORCENTAJES DE BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO CORRESPONDIENTES A DIETAS DIARIAS A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL Y AL INCLUIR EN ESTA HÍGADO DE RES, PARA LAS ÁREAS RURAL Y URBANA DE GUATEMALA.

LISTADO DE GRÁFICAS

- GRÁFICA 9.1 INGESTA DIARIA DE HIERRO EN GUATEMALA POR GRUPO DE ALIMENTO
- GRÁFICA 9.2 ABSORCIÓN DIARIA DE HIERRO EN GUATEMALA POR GRUPO DE ALIMENTO
- GRÁFICA 9.3 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA, PARA EL ÁREA RURAL EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL.
- GRÁFICA 9.4 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA, PARA EL ÁREA RURAL AL INCLUIR EN LA DIETA HÍGADO DE RES.
- GRÁFICA 9.5 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA, PARA EL ÁREA URBANA EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL.

- **GRÁFICA 9.6 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA , PARA EL ÁREA URBANA AL INCLUIR EN LA DIETA HÍGADO DE RES.**
- **GRÁFICA 9.7 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA , PARA EL ÁREA RURAL EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL.**
- **GRÁFICA 9.8 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA , PARA EL ÁREA RURAL AL INCLUIR EN LA DIETA HÍGADO DE RES.**
- **GRÁFICA 9.9 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA , PARA EL ÁREA URBANA EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL.**
- **GRÁFICA 9.10 PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO EN GUATEMALA , PARA EL ÁREA URBANA AL INCLUIR EN LA DIETA HÍGADO DE RES.**

TABLA 9.1
HUMEDAD (REPORTADA Y OBTENIDA) Y VALORES DE HIERRO TOTAL
Y HIERRO BIODISPONIBLE OBTENIDOS
PARA LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS

ALIMENTO(a)	HUMEDAD(b) %	HIERRO TOTAL				HIERRO BIODISPONIBLE		
		BASE SECA			BASE HÚMEDA	BIODISPONIBLE		
		mg Fe/100g A	S	CV(%)	mg Fe/100g A	%	S	CV(%)
FRIJOL NEGRO	60.4	8.36	0.37	4.43	3.40	1.09	0.19	17.43
TORTILLA DE MAIZ	47.5	3.56	0.15	4.21	1.87	2.62	0.18	6.87
PAN DE TRIGO								
- FRANCÉS	22.9	4.74	0.05	1.05	3.65	6.36	0.36	5.66
- DULCE	9.7(c)	2.89	0.07	2.42	2.69	6.28	0.64	10.19
ARROZ	12.0	2.20	0.31	14.09	1.94	2.38	0.52	21.85
PASTA	16.0	17.45	2.32	13.30	14.66	0.51	0.30	58.82
TUBÉRCULOS								
- YUCA	65.2	2.32	0.23	9.91	0.81	4.24	0.93	21.93
- PAPA	79.2	4.70	1.70	36.17	0.97	4.65	1.88	40.43
BANANO	68.9	1.48	0.13	8.78	0.46	1.04	0.88	84.62
PLÁTANO*	65.6/81.14**	4.69	1.21	25.80	1.61	0.67	0.50	74.63
VERDURAS FRESCAS								
- BLEDO	86.0	37.32	1.56	4.18	5.22	1.76	0.12	6.82
- CHIPILIN	81.6	23.95	0.67	2.80	4.41	0.67	0.13	19.40
- ESPINACA	89.8	52.68	5.37	10.19	5.37	1.98	0.45	22.73
- REPOLLO	91.4	20.27	0.60	2.96	1.74	0.17	0.03	17.65
- EJOTE	90.5	13.69	0.75	5.48	0.30	0.15	0.13	86.67
- GÜISQUIL	90.8/92.19**	6.70	0.27	4.03	0.62	2.15	0.26	12.09
- GÚICOY*	89.1/93.02**	17.77	3.75	21.10	1.79	1.71	0.36	21.05
- TOMATE*	93.8	12.93	0.82	6.34	0.82	1.99	0.29	14.57
- ZANAHORIA	88.7	11.25	0.32	2.84	1.27	0.33	0.13	39.39
INCAPARINA	11.9	9.92	1.65	16.63	8.74	0.30	0.23	76.67

A: ALIMENTO

a: ANÁLISIS REALIZADOS EN LOS ALIMENTOS DESHIDRATADOS

*: ANÁLISIS REALIZADOS EN ALIMENTOS PREPARADOS COMO ATOLES

** : HUMEDAD TOTAL EN EL ATOL

b: DATOS TOMADOS DE LA TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS DEL INCAP (32)

c: HUMEDAD DETERMINADA EXPERIMENTALMENTE, SEGÚN EL MANUAL DE MÉTODOS DEL INCAP (31). NO ESTA REPORTADO EN LA TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS (32)

S: DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

TABLA 9.2
CONSUMO DIARIO REPORTADO DE ALIMENTO, INGESTA Y ABSORCIÓN
DIARIA DE HIERRO CALCULADA POR PERSONA EN GUATEMALA

ALIMENTO(A)	CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO POR PERSONA (B)		INGESTA DIARIA DE HIERRO POR PERSONA (mg)		ABSORCIÓN DIARIA DE HIERRO POR PERSONA (mg)	
	AR (g BH)	AU (g BH)	AR	AU	AR	AU
FRIJOL NEGRO	50.0	45.0	1.70	1.53	0.02	0.02
TORTILLA DE MAÍZ	491.0	155.0	9.18	2.90	0.24	0.08
PAN DE TRIGO						
- FRANCÉS	20.0	67.0	0.73	2.47	0.05	0.16
- DULCE	20.0	67.0	0.5400	1.8000	0.0970	0.1100
ARROZ	16.0	27.0	0.31	0.52	0.007	0.01
PASTA	11.0	15.0	1.61	2.20	0.01	0.01
TUBÉRCULOS						
- YUCA	7.0	11.0	0.06	0.09	0.003	0.004
- PAPA	7.0	11.0	0.07	0.11	0.003	0.005
BANANO	13.0	18.5	0.06	0.09	0.0006	0.0009
PLÁTANO*	13.0	18.5	0.21	0.30	0.001	0.002
VERDURAS FRESCAS						
- BLEDO	7.0	13.3	0.37	0.70	0.01	0.01
- CHIPILÍN	7.0	13.3	0.31	0.50	0.002	0.003
- ESPINACA	7.0	13.3	0.38	0.71	0.01	0.01
- REPOLLO	7.0	13.3	0.12	0.23	0.0002	0.0004
- EJOTE	7.0	13.3	0.09	0.17	0.0001	0.0002
- GÜISQUIL*	7.0	13.3	0.04	0.08	0.0009	0.002
- GÜICOY*	7.0	13.3	0.13	0.24	0.002	0.004
- TOMATE*	7.0	13.3	0.06	0.11	0.001	0.002
- ZANAHORIA	7.0	13.3	0.09	0.17	0.0003	0.0005
INCAPARINA	20(B)	20(B)	1.75	1.75	0.01	0.01
		TOTALES	17.81	16.67	0.4681	0.444

A: TOMADO DE LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE CENTRO AMÉRICA, GUATEMALA, INCAP 1969 (2).

B: VALOR TOMADO DE LAS RECOMENDACIONES NUTRICIONALES PARA CENTRO AMÉRICA Y PANAMÁ, FLORES et. al., INCAP, 1969 (4).

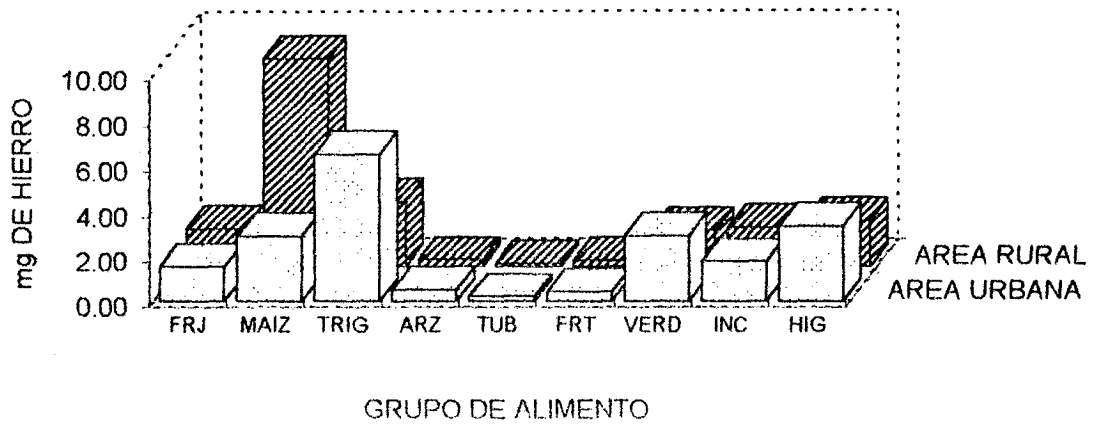
AR: ÁREA RURAL

AU: ÁREA URBANA

BH: BASE HÚMEDA

*: ALIMENTOS ANALIZADOS COMO ATOL

GRAFICA 9.1 HIERRO TOTAL DIARIO INGERIDO POR INDIVIDUO EN GUATEMALA



GRAFICA 9.2 HIERRO BIODISPONIBLE DIARIO POR INDIVIDUO EN GUATEMALA

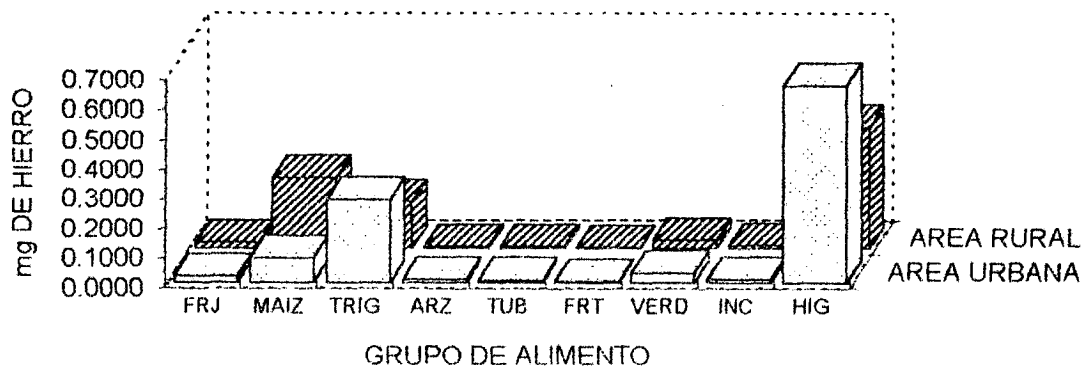


TABLA 9.3
CANTIDAD DE HIERRO INGERIDO Y PORCENTAJE DEL TOTAL QUE APORTAN DIARIAMENTE
LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS, AGRUPADOS POR SIMILITUDES NUTRICIONALES,
PARA DIETAS EXCLUSIVAMENTE DE ALIMENTOS VEGETALES Y CON HÍGADO DE RES,
(ÁREAS RURAL Y URBANA DE GUATEMALA)

GRUPO DE ALIMENTOS	HIERRO INGERIDO					
	ÁREA RURAL			ÁREA URBANA		
	(mg)	(%)SH	(%)CH	(mg)	(%)SH	(%)CH
FRIJOL NEGRO	1.70	10.24	8.75	1.53	9.18	7.65
TORTILLA DE MAÍZ	9.18	52.81	47.27	2.90	17.40	14.51
ALIMENTOS DE TRIGO	2.88	13.63	14.83	6.47	38.81	32.37
ARROZ	0.31	1.78	1.60	0.52	3.12	2.60
TUBÉRCULOS	0.13	0.75	0.67	0.20	1.20	1.00
PLÁTANO Y BANANO	0.27	1.55	1.39	0.39	2.34	1.95
VERDURAS	1.59	9.15	8.19	2.91	17.46	14.56
INCAPARINA	1.75	10.07	9.01	1.75	10.50	8.75
HÍGADO DE RES	2.04	NA	10.50	3.32	NA	16.61
TOTALES (SH = SIN HÍGADO)	17.81	100.00	NA	16.67	100.00	NA
TOTALES (CH = CON HÍGADO)	19.85	NA	102.21	19.99	NA	100.00

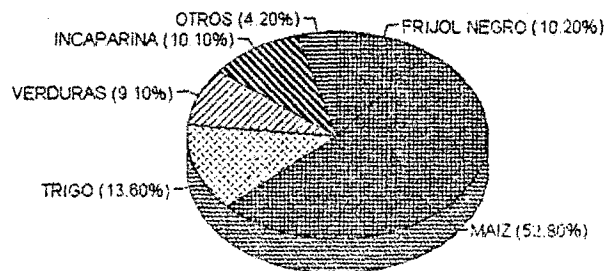
NA: NO APLICA

TABLA 9.4
CANTIDAD DE HIERRO ABSORBIDO Y PORCENTAJE DEL TOTAL QUE APORTAN DIARIAMENTE
LOS ALIMENTOS ESTUDIADOS, AGRUPADOS POR SIMILITUDES NUTRICIONALES,
PARA DIETAS EXCLUSIVAMENTE DE ALIMENTOS VEGETALES Y CON HÍGADO DE RES,
(ÁREAS RURAL Y URBANA DE GUATEMALA)

GRUPO DE ALIMENTOS	HIERRO ABSORBIDO					
	ÁREA RURAL			ÁREA URBANA		
	(mg)	(%)SH	(%)CH	(mg)	(%)SH	(%)CH
FRIJOL NEGRO	0.0200	4.27	2.28	0.0200	4.50	1.81
TORTILLA DE MAÍZ	0.2400	51.27	27.33	0.0800	18.02	7.25
ALIMENTOS DE TRIGO	0.1570	33.54	17.88	0.2800	63.06	25.36
ARROZ	0.0070	1.50	0.80	0.0100	2.25	0.91
TUBÉRCULOS	0.0060	1.28	0.68	0.0090	2.03	0.82
BANANO Y PLÁTANO	0.0016	0.34	0.18	0.0029	0.65	0.26
VERDURAS	0.0265	5.66	3.02	0.0321	7.23	2.91
INCAPARINA	0.0100	2.14	1.14	0.0100	2.25	0.91
HÍGADO DE RES	0.4100	NA	46.69	0.6600	NA	59.78
TOTALES (SH = SIN HÍGADO)	0.4681	100.00	NA	0.4440	100.00	NA
TOTALES (CH = CON HÍGADO)	0.8781	NA	100.00	1.1040	NA	100.00

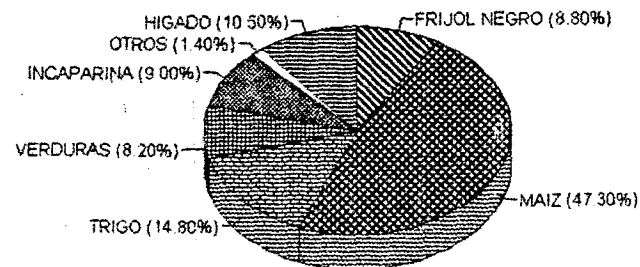
NA: NO APLICA

GRAFICA No. 9.3



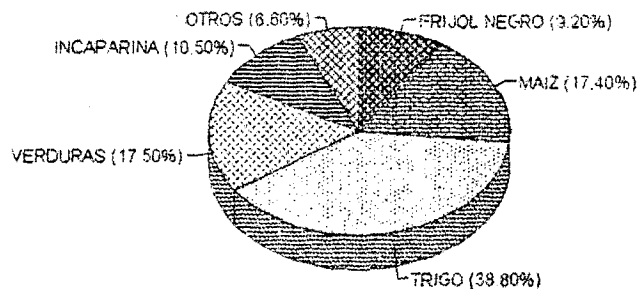
PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
 AREA RURAL DE GUATEMALA, DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

GRAFICA No. 9.4



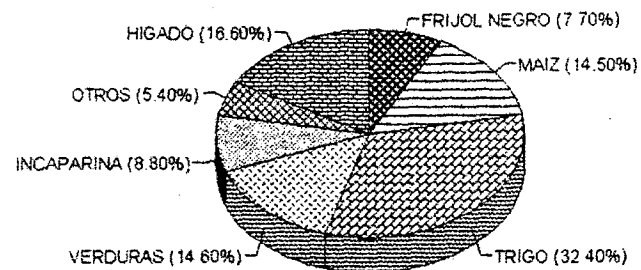
PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
 AREA RURAL DE GUATEMALA, AL INCLUIR EN LA DIETA HIGADO DE RES

GRAFICA No. 9.5



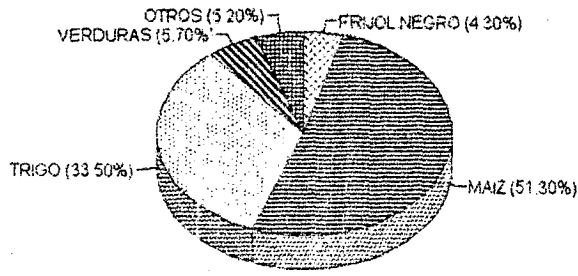
PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
 AREA URBANA DE GUATEMALA, DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

GRAFICA No. 9.6



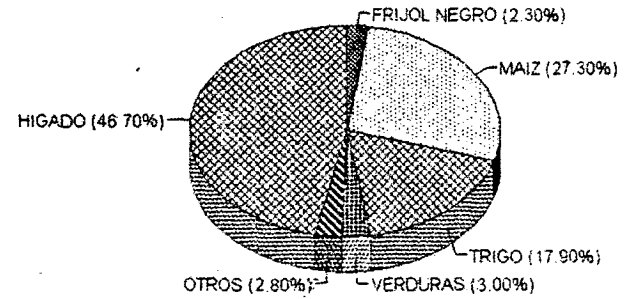
PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO INGERIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
 AREA URBANA DE GUATEMALA, AL INCLUIR EN LA DIETA HIGADO DE RES

GRAFICA No.9.7



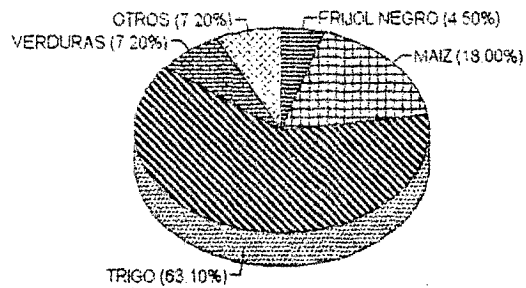
PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
AREA RURAL DE GUATEMALA, DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

GRAFICA No. 9.8



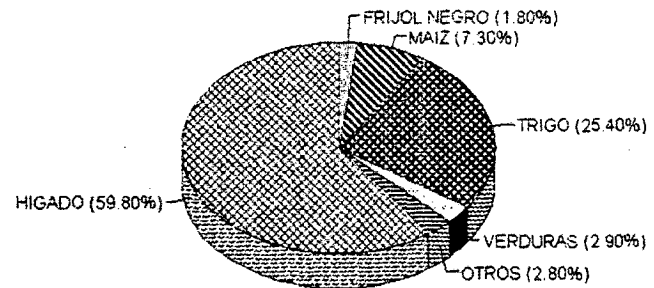
PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
AREA RURAL DE GUATEMALA, AL INCLUIR EN LA DIETA HIGADO DE RES

GRAFICA No. 9.9



PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
AREA URBANA DE GUATEMALA, DIETA A BASE DE ALIMENTOS DE ORIGEN VEGETAL

GRAFICA No. 9.10



PORCENTAJE DIARIO APORTADO, CON RESPECTO AL TOTAL, DE HIERRO ABSORBIDO POR GRUPO DE ALIMENTO
AREA URBANA DE GUATEMALA, AL INCLUIR EN LA DIETA HIGADO DE RES

TABLA 9.5
ELEMENTOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA COMPARACIÓN
DEL PORCENTAJE DIARIO DE ABSORCIÓN OBTENIDO
EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES
CON LO REPORTADO EN LA LITERATURA

	N (0.1 mg)	Y (0.1 mg)	P = Y/N	Z _{EXP}		-Z _{0.1}
				P _T = 0.1	P _T = 0.05	
ÁREA RURAL	178	5	0.028	-3.20	-1.35	-1.282
ÁREA URBANA	167	4	0.024	-3.27	-1.54	

PT: porcentajes reportados en la literatura contra los cuales fueron comparados los porcentajes de biodisponibilidad obtenidos para las dietas.

TABLA 9.6
ELEMENTOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA COMPARACIÓN
DEL PORCENTAJE DIARIO DE ABSORCIÓN OBTENIDO
EN LA DIETA A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES E HÍGADO DE RES
CON LO REPORTADO EN LA LITERATURA

	N (0.1 mg)	Y (0.1 mg)	P = Y/N	Z _{EXP}		-Z _{0.1}
				P _T = 0.1	P _T = 0.05	
ÁREA RURAL	198	9	0.045	-2.57	-0.32	-1.282
ÁREA URBANA	200	11	0.055	-2.12	+0.32	

PT: porcentajes reportados en la literatura contra los cuales fueron comparados los porcentajes de biodisponibilidad obtenidos para las dietas.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

TABLA 9.7
ELEMENTOS DEL ANALISIS ESTADISTICO PARA LA COMPARACION
DEL PORCENTAJE DIARIO DE ABSORCION OBTENIDO
ENTRE DIETAS A BASE DE ALIMENTOS VEGETALES
AL INCLUIR Y EXCLUIR HIGADO DE RES EN LAS MISMAS

	N (0.1 mg)	Y (0.1 mg)	P _{PAR}	P _{TOT}	Q _{TOT}	Z _{EXP}	+Z _{0.1}
SIN HIGADO DE RES (SH)	345	9	0.026	0.039	0.961	1.685	1.282
CON HIGADO DE RES (CH)	398	20	0.050				

$$P_{PAR} = Y_{SH}/N_{SH} \text{ ó } Y_{CH}/N_{CH}$$

$$S = \sqrt{P_{TOT} * Q_{TOT} * [(1/N_{SH}) + (1/N_{CH})]}$$

$$P_{TOT} = (Y_{SH} + Y_{CH}) / (N_{SH} + N_{CH})$$

$$Z_{EXP} = (P_{CH} - P_{SH}) / S$$

$$Q_{TOT} = 1 - P_{TOT}$$

$$H : P_{CH} - P_{SH} = 0$$

$$H_a : P_{CH} - P_{SH} > 0$$

TABLA 9.8
INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LOS VALORES DE BIODISPONIBILIDAD OBTENIDOS

	LIMITES EXPRESADOS EN PORCENTAJE (%)		DEFINICION DEL INTERVALO
	AREA RURAL	AREA URBANA	
SIN HIGADO DE RES	2.25 - 3.35	1.86 - 2.94	INT = $P \pm Z_{0.12} * \sqrt{P * Q / N}$
CON HIBADO DE RES	3.92 - 5.08	4.47 - 6.53	

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Análisis de hierro total y hierro biodisponible

Los valores de hierro total obtenidos (tabla 9.1 de RESULTADOS), no muestran una diferencia aparente con respecto a los reportados en la tabla de composición de alimentos para América Latina (34), a excepción del pan francés (experimental 3.65 vs. reportado 1.8), pasta (experimental 14.66 vs. reportado 2.1), plátano (experimental 1.65 vs. reportado 0.8) y ejote (experimental 0.3 vs. reportado 1.7), todos expresados como mg de hierro en 100 g de alimento en base húmeda. Los valores obtenidos considerablemente más altos que los reportados son comprensibles, lo cual pudo deberse a la fácil contaminación de óxido férrico en el polvo, hornos, agua, recipientes, etc.

En general los valores de hierro total obtenidos muestran un coeficiente de variación menor al 10%; a excepción de la pasta, el plátano y el güicoy.

Se cuenta con valores de hierro biodisponible para pocos alimentos y éstos han sido determinados por varios métodos. El método del marcado extrínseco, el cual es el más aceptado (7.9,15), lo han utilizado varios autores para hacer determinaciones en dietas compuestas y en alimentos individuales de amplio consumo; así al compararse los valores reportados con los obtenidos en el presente estudio, para alimentos similares se tiene: a) alimentos a base de trigo el rango reportado oscila entre 4.8% y 14.5% (9), experimentalmente se obtuvo 6.36% para el pan francés y 6.28% para el pan dulce (ver tabla 9.1); b) alimentos a base de maíz los valores reportados oscilan entre 0.96% y 2.4% (9), experimentalmente se obtuvo 2.62% para la tortilla de maíz (ver tabla 9.1); c) alimentos a base de arroz el valor reportado oscila entre 0.48% y 4.64% (8), experimentalmente se obtuvo 2.38% para el arroz cocido (ver tabla 9.1); y d) frijol negro el valor reportado oscila entre 1.2% y 2.6%, experimentalmente se obtuvo 1.09% (ver tabla 9.1).

Para la zanahoria y la espinaca Miller reporta porcentajes de hierro biodisponible de 4.95 y 5.73, respectivamente, determinados por el método de hierro dializable, por el mismo método en el presente estudio se obtuvo 0.33% para la zanahoria y 1.98% para la espinaca.

No se encontró valores reportados de hierro biodisponible para el resto de alimentos estudiados, por lo que los valores obtenidos, se constituyen de gran utilidad para hacer recomendaciones nutricionales de ingesta de alimentos, con una mejor predicción de absorción de hierro.

El coeficiente de variación (CV) en la determinación de hierro biodisponible fue bastante alto. Solamente para la tortilla de maíz, pan francés, pan dulce y bleido se obtuvieron CV menores al 10%; entre el 10% y el 20% se encuentra el frijol negro, chipilín, repollo, güisquil y tomate; entre el 20% y 30% se encuentran el arroz, la yuca, la espinaca y el güicoy; entre el 30% y 50% se encuentran la zanahoria y la papa; la pasta, el banano, el plátano el ejote y la incaparina presentaron CV mayores al 50%.

La baja reproducibilidad del método analítico, para algunos alimentos no incide en las ventajas encontradas, las cuales son principalmente su sencillez, bajo costo, accesibilidad en el equipo utilizado, aplicabilidad y valores obtenidos dentro del rango reportado al aplicar métodos más sofisticados. La baja reproducibilidad es comprensible si se toma en cuenta la baja concentración de hierro dializable que fue detectado, lo cual era de esperarse en los alimentos de origen vegetal. En la práctica se evidenció el problema que dio la deshidratación de alimentos con alto contenido de humedad (la deshidratación de alimentos ha sido un criterio aplicado por los investigadores del INCAP para obtener concentraciones más altas y más fácilmente detectables de ciertas analitas); problema que se logró solventar analizando los alimentos que presentaron este problema (güicoy, plátano, tomate y güisquil), en forma de atol (proporción 1:1, alimento en base húmeda : agua) y utilizando 20 g (en lugar de 5 g que se utilizó para alimentos deshidratados). Se observa en la tabla 9.1 que a excepción del plátano (CV = 74%), para los otros alimentos analizados en forma de atol el CV obtenido se encontró entre el 12% y 21%, los cuales indican una excelente reproducibilidad para métodos que implican simulación de digestión in vitro. Esto sugiere que sería recomendable en un estudio posterior, evaluar la reproducibilidad de los resultados obtenidos al analizar los alimentos en forma de atol (estableciendo un modelo con distintas cantidades de alimento) y hacer comparaciones con los resultados obtenidos al analizar los alimentos deshidratados.

10.2 Ingesta y absorción diaria de hierro en Guatemala

Se encontró que en el área rural la cantidad diaria ingerida de hierro, al incluir únicamente alimentos de origen vegetal en la dieta, es de 17.8 mg y 16.7 mg en el área urbana, de los cuales se absorben únicamente 0.5 mg y 0.4 mg, respectivamente, lo que equivale a un 2.8% de biodisponibilidad en el área rural y 2.4% en el área

urbana. Ambos porcentajes de absorción resultaron ser significativamente menores al 10% de biodisponibilidad que reporta la OPS (8) en 1969 para cualquier tipo de dieta; y también significativamente menores al 5% de biodisponibilidad que reporta la convención de expertos FAO/OMS (4) en 1991 para dietas clasificadas como de baja biodisponibilidad (dietas que incluyen pequeñas cantidades de carne), de acuerdo al análisis estadístico aplicado ($p < 0.1$, ver tabla 9.5).

Al tomar en cuenta los 40g y 65g reportados para el consumo de carnes en el área rural y área urbana, respectivamente (2), escogiendo el hígado de res como carne representativa, tomando el valor de 20% de absorción de hierro para músculo de víscera de res (reportado en un estudio de la universidad de Washington, aplicándose el método del marcado extrínseco) (8), tomando el valor de 5.1 mg de hierro en 100 g de hígado de res (tabla de composición de alimentos INCAP) (34), se tiene una ingesta diaria adicional de 2.04 mg de hierro para el área rural y 3.32 mg para el área urbana; además se tiene una absorción diaria adicional de 0.41mg para el área rural y 0.66 mg para el área urbana. Considerado así, el hierro total ingerido por día sería 19.8 mg y 20.0 mg, el hierro total diario absorbido sería 0.9 mg y 1.1mg, equivalentes a 4.5% y 5.5% de hierro biodisponible en la dieta, referidos los tres aspectos para el área rural y el área urbana, respectivamente.

De esta manera, al incluir en la dieta el hígado de res, los porcentajes de biodisponibilidad en la dieta para las áreas rural y urbana (4.5 % y 5.5 %) también resultaron ser significativamente menores al 10% de biodisponibilidad que reporta la OPS (8) en 1969 para cualquier tipo de dieta, de acuerdo al análisis estadístico aplicado ($p < 0.1$, ver tabla 9.5); pero aplicando el mismo análisis estadístico no se encontró suficiente evidencia estadística como para afirmar que hay una diferencia significativa de estos porcentajes de biodisponibilidad con el valor de 5% de biodisponibilidad que reporta la convención de expertos FAO/OMS (4) en 1991 para dietas clasificadas como de baja biodisponibilidad (dietas que incluyen pequeñas cantidades de carne). Dado que para poder afirmar que estos porcentajes de biodisponibilidad son significativamente diferentes al valor teórico del 5%, habría que calcular el error de tipo 2 para evaluar si es lo suficiente pequeño y poder así aceptar la hipótesis nula sin hacer inferencias falsas, lo cual implicaría cálculos cuya complejidad está fuera de los objetivos del presente estudio. Es aceptable calcular los intervalos de confianza para los porcentajes encontrados, con lo cual se puede afirmar con un 90% de certeza que los valores verdaderos para éstos se encuentran entre 3.92-5.08 % para el área rural y entre 4.47-6.53 % para el área urbana (ver tabla 9.8). Con la misma certeza se puede afirmar que los porcentajes de biodisponibilidad de hierro para la dieta a base exclusivamente de alimentos vegetales se

encuentran entre 2.25-3.35 % para el área rural y entre 1.86-2.94 % para el área urbana.

Es importante observar que al realizar una prueba de hipótesis para diferencia de proporciones de dos poblaciones, considerando los lineamientos de un experimento binomial, se evidencia que el porcentaje de biodisponibilidad de hierro al incluir hígado de res en la dieta, es significativamente mayor ($p < 0.1$) al de una dieta exclusivamente a base de alimentos vegetales (ver tabla 9.7).

Para hacer esta comparación se calcula un único porcentaje de absorción, que incluya tanto el área urbana como el área rural para cada población experimental (dieta con hígado de res y dieta sin hígado de res).

La fórmula para estos porcentajes (probabilidad de acierto) es:

$$P = (Y_{AR} + Y_{AU}) / (n_{AR} + n_{AU})$$

Donde: Y = hierro absorbible, n = hierro ingerido, AR = área rural y AU = área urbana.

Los porcentajes globalizados para las áreas urbana y rural obtenidos son de 2.6 % de absorción al excluir de la dieta el hígado de res y 5.0 % al incluir hígado de res, los elementos del análisis estadístico se resumen en la tabla 9.7 de la sección de resultados.

Vale la pena apuntar que al momento de la planificación y ejecución del presente estudio, la literatura sobre absorción y biodisponibilidad de hierro en la dieta eran escasos y poco recientes. Fue hasta el momento de redactar el informe final cuando se contó con la monografía sobre el informe de la consulta de expertos FAO/OMS (N); y es por esta razón que se incluyen comparaciones con el valor del 5 % de biodisponibilidad de hierro correspondiente a dietas de baja disponibilidad (escasas en el consumo de carnes y cítricos), las cuales son consumidas en los países de Latinoamérica y demás regiones en vías de desarrollo.

La concordancia de los valores de biodisponibilidad encontrados para las dietas propuestas, con lo reportado en la literatura más reciente, le dan soporte a la aplicación tanto de la metodología analítica para determinación de hierro biodisponible *in vitro* en alimentos (28), como a la aplicación metodología para calcular la biodisponibilidad de dietas diarias compuestas partiendo del consumo y valor de hierro biodisponible de cada alimento por separado.

Es congruente que aún incluyendo hígado de res en la dieta, las cantidades de consumo diario reportado son muy pequeñas (40 g en el área rural y 65 g en el área urbana) como para aumentar la biodisponibilidad de la dieta a las clasificadas de mediana biodisponibilidad (10 %) (4) y el valor encontrado esté cercano al 5% de las dietas de baja biodisponibilidad. Por otro lado los valores bajos de biodisponibilidad encontrados para la dieta a

base de alimentos exclusivamente de origen vegetal, son congruentes con los casos que se reportan pueden salirse de los extremos de baja biodisponibilidad estimados, siendo estos casos para dietas con prácticamente nulas cantidades de carnes y otros promotores de absorción del hierro no hemínico, así como compuestas de grandes cantidades de cereales y otros alimentos con factores inhibidores de la absorción del pool de hierro referido, llegando a estar su porcentaje de biodisponibilidad entre el 1 y el 2 % (4).

10.3 Importancia de los alimentos estudiados por su contribución diaria a la ingesta y absorción de hierro

En las tablas 9.2 y 9.3 se presenta la cantidad en mg y el porcentaje con el cual contribuyen los alimentos estudiados, agrupados de acuerdo a su importancia y similitudes nutricionales, al total de la ingesta y al total de la absorción diaria de hierro, respectivamente, para una dieta a base exclusivamente de alimentos de origen vegetal y para la misma dieta al incluir en ella hígado de res, en las áreas rural y urbana.

Con respecto a la dieta diaria a base de alimentos vegetales, se puede apreciar que en el área rural la tortilla de maíz aporta 9.18 mg para la ingesta, correspondientes a un 52.8 % del total (17.8 mg) y 0.24 mg para la absorción, correspondientes a un 51.3 % del total (0.47 mg); siendo este alimento el contribuyente mayoritario tanto para la ingesta como para la absorción de hierro. Por otro lado, en el área urbana, son los alimentos a base de trigo (pasta, pan dulce y pan francés) los que contribuyen mayoritariamente al total diario, tanto de hierro ingerido como de hierro absorbido; siendo estos valores 6.47 mg de hierro ingerido correspondientes a un 38.8 % del total (16.7 mg) y 0.28 mg de hierro absorbido correspondientes a un 63.1 % del total (0.44 mg).

Al incluir en la dieta el hígado de res con respecto a la ingesta diaria de hierro no se observan cambios importantes en los alimentos que contribuyen mayoritariamente, sigue siendo la tortilla e maíz, en el área rural, el principal alimento con un 47.3 % del total (19.8 mg) y en tercer lugar se ubica el hígado de res con 2.04 mg correspondientes a un 10.5% del referido total; para el área urbana los alimentos a base de trigo siguen siendo los aportadores mayoritarios con un 32.4 % del total (20 mg) y en segundo lugar se ubica el hígado de res con 3.32 mg correspondientes a un 16.6 % del referido total. Los cambios más evidentes se observan en la proporción del hierro absorbido diario total que aportan los alimentos; el hígado de res se convierte en el contribuyente mayoritario tanto en el área urbana como el área rural, con 0.41 mg correspondientes a un 46.7 % del total (0.88 mg) y con 0.66 mg correspondientes a un 59.8 % del total, respectivamente; las cantidades que

aportan la tortilla de maíz y los alimentos a base de trigo, para sus respectivas áreas, quedan relegados a un segundo lugar siendo ahora 17.9 % y 25.4 % de los referidos totales.

Para poder apreciar mejor las diferencias y contrastes de la contribución de los grupos de alimentos, tanto para la ingesta como para la absorción diaria, de los dos tipos de dietas y en las dos áreas mencionadas, se presentan las gráficas circulares de la 9.3 a la 9.10 en la sección de resultados.

10.4 Suficiencia de hierro en la dieta y con los requerimientos de absorción en el ser humano

Los valores de hierro absorbido encontrados para la dieta a base exclusivamente de alimentos de origen vegetal, tanto para el área urbana como para el área rural, están por debajo de los requerimientos mínimos de absorción de hierro, para individuos fisiológicos con las menores demandas los cuales se pueden observar en la tabla 14.2 de la sección de anexos, correspondientes a los datos reportados por FAO/OMS en 1991 (4). Los requerimientos mínimos son 0.49-0.56 mg/día para niños entre 1 y 6 años de edad. Los valores encontrados están más por debajo aún para los requerimientos mínimos de individuos fisiológicos con mayores demandas, de hasta 1.62 mg/día mínimo para adolescentes mujeres.

Al incluir el hígado de res en la dieta, los valores de hierro absorbido satisfacen los requerimientos de la mayoría de tipos fisiológicos, a excepción de los requerimientos de adolescentes y mujeres adultas en edad de menstruar. Por los porcentajes de biodisponibilidad obtenidos para esta dieta se pueden hacer observaciones con respecto a la tabla 14.3 de los anexos en la cual se establecen valores de ingesta diaria de hierro, según los distintos tipos fisiológicos de individuo, para cubrir necesidades de hierro en la prevención de anemia y en las reservas tisulares (necesidad basal) (4). El hierro ingerido para las áreas rural y urbana se encontró que están alrededor de los 20 mg/día, los cuales según la tabla 14.3 logran satisfacer la necesidad de prevenir la anemia en cualquier individuo a excepción de las mujeres adolescentes; sin embargo para satisfacer la necesidad basal serían insuficientes para los hombres y mujeres adolescentes, mujeres en edad de procrear y mujeres lactantes.

Sin embargo la situación socioeconómica en la mayoría de la población, no permite el acceso ni siquiera a las cantidades reportadas de consumo diario de carne; por lo cual la suficiencia de hierro en la dieta se hace mucho más crítica.

11. CONCLUSIONES

- 11.1 Se obtuvo una buena reproducibilidad en los valores de hierro total, evidenciados por coeficientes de variación menores al 10%, a excepción de los valores obtenidos para la pasta, el plátano y el güicoy. Por el contrario la reproducibilidad en los valores de hierro biodisponible obtenidos fue baja, evidenciada por coeficientes de variación bastante superiores al 10%, en la mayoría de los alimentos analizados, a excepción de los valores obtenidos para la tortilla de maíz, el pan francés, el pan dulce y el bleado, cuyos coeficientes de variación son menores al 10%.
- 11.2 Los valores de hierro biodisponible para arroz, tortilla de maíz, pan de trigo y frijol, obtenidos por la metodología analítica empleada, se encuentran dentro de los rangos reportados para alimentos similares, analizados por el método del marcado extrínseco.
- 11.3 Se encontró que, para la dieta diaria a base de alimentos de origen vegetal, los valores de hierro ingerido son de 17.8 mg en el área rural y 16.7 mg en el área urbana; y los valores de hierro absorbido son de 0.5 mg en el área rural y 0.4 mg en el área urbana.
- 11.4 Se encontró que, para la dieta diaria en la que se incluye hígado de res, los valores de hierro ingerido son de 19.8 mg en el área rural y 20.0 mg en el área urbana; y los valores de hierro absorbido son de 0.9 mg en el área rural y 1.1 mg en el área urbana.
- 11.5 Se obtuvo valores de biodisponibilidad de hierro de 2.8 % en el área rural y 2.4 % en el área urbana, para la dieta diaria a base exclusivamente de alimentos de origen vegetal; dichos valores resultaron ser significativamente menores al 10% que reporta la OPS en 1969 para cualquier tipo de dieta y también significativamente menores al 5% que reporta la FAO/OMS en 1991 para dietas de baja biodisponibilidad ($p < 0.1$).
- 11.6 Se obtuvo valores de biodisponibilidad de hierro de 4.5 % en el área rural y 5.5 % en el área urbana, al incluir en la dieta diaria el hígado de res, dichos valores resultaron ser significativamente menores al 10% que reporta la OPS en 1969 para cualquier tipo de dieta ($p < 0.1$); pero no se encontraron evidencias estadísticas para afirmar que estos valores son significativamente diferentes al 5% que reporta la FAO/OMS en 1991 para dietas de baja biodisponibilidad ($p < 0.1$); por lo cual sólo se puede asegurar con un 90% de certeza, al calcular sus respectivos intervalos de confianza, que los valores de biodisponibilidad verdaderos se encuentran entre 3.92-5.08 % en el área rural y entre 4.47-6.53 % en el área urbana.

- 11.7 Los resultados obtenidos dan soporte a las ventajas y aceptabilidad de la metodología analítica *in vitro* empleada para determinar hierro biodisponible en alimentos; así como para la metodología empleada al calcular la biodisponibilidad de hierro en dietas compuestas, partiendo de los valores de ingesta y hierro biodisponible de cada alimento por separado.
- 11.8 Al excluir de la dieta diaria alimentos de origen animal la tortilla de maíz y los alimentos a base de trigo son los que aportan la mayor cantidad de hierro a la ingesta y absorción, en las áreas rural y urbana respectivamente; al incluir hígado de res en la dieta diaria el orden de importancia en el aporte para la ingesta de hierro no se ve afectado significativamente, no así para la absorción en la cual el hígado de res pasa a ser el contribuyente mayoritario en ambas áreas.
- 11.9 Los valores de hierro absorbido obtenidos para la dieta diaria a base de alimentos vegetales, indican que dicha dieta es insuficiente para satisfacer las necesidades de este mineral, inclusive para los tipos fisiológicos de individuo con menores demandas; no así los obtenidos al incluir en la dieta diaria el hígado de res, ya que satisfacen las necesidades de absorción para todos los tipos fisiológicos de individuos, exceptuando a los de mayor demanda (adolescentes hombres, adolescentes mujeres y mujeres en edad de menstruar).
- 11.10 Al incluir hígado de res (como representativo de las carnes) en la dieta diaria del guatemalteco, los niveles de hierro ingerido y hierro absorbible aumentan significativamente, garantizando un mejor margen en la suficiencia nutricional de este mineral.

12. RECOMENDACIONES

- 12.1** Utilizar valores combinados de hierro total y hierro biodisponible, para hacer recomendaciones nutricionales para la población, que tiendan a disminuir la deficiencia de hierro y prevalencia de anemia nutricional.
- 12.2** Si no es posible incluir cárnicos en la dieta diaria, debe considerarse un aumento en el consumo de alimentos vegetales y la inclusión de factores accesibles que aumenten la absorción de hierro no hemínico (promotores de la absorción), de tal forma que se garantice cubrir los requerimientos mínimos de hierro en la dieta.
- 12.3** Realizar los análisis de hierro total y hierro biodisponible, para las mismas muestras, pero partiendo de los alimentos en consistencia de atol, para evaluar reproducibilidad en los resultados.

13. REFERENCIAS

- (1) Organización Panamericana de la Salud (OPS). *Las condiciones de salud en las Américas, 1981-1984*. Washington D.C.:OPS. 2 Vols., vol.1, 1986. 442p.
- (2) Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). *Evaluación nutricional de la población de Centro América, Guatemala*. Guatemala:INCAP, 1969. 136p.
- (3) Organización Panamericana de la Salud (OPS). *Las condiciones de salud en las Américas, 1981-1984*. Washington D.C.:OPS. 2 Vols., vol.2, 1986. 282p.
- (4) Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). *Necesidades de vitamina A, hierro, folato y vitamina B12; informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos*. Roma:FAO, 1991. 101p.
- (5) Flores M, Menchú MT, Arroyave G. *Recomendaciones dietéticas diarias para Centro América y Panamá*. Guatemala:INCAP, 1973. 33p.
- (6) Alvarez E. *Anemias nutricionales y deficiencia de hierro; breve revisión sobre anemia nutricional y consideraciones actuales del INCAP sobre el problema*. (Reunión científica) Guatemala:INCAP.
- (7) Underwood EJ. *Trace elements in human and animal nutrition*. New York:Academic Press, 1977. 545p.
- (8) Pan American Health Organization. *Iron metabolism and anemia*. Washington:OPS, 1969. 84p.
- (9) Flores M, et al. *Dieta adecuada de costo mínimo para Guatemala*. Guatemala:INCAP, 1969. 17p.
- (10) International Nutritional Anemia Consultive Group (INACG). *Effects of cereals and legumes on iron availability*. EE. UU.: INACG, 1982. 43p.
- (11) Brown EB, Justus BW. *In vitro absorption of radioiron by everted pouches of rat intestine*. *Am J Physiol* 1958; 194: 319.
- (12) Niccum WL, Jackson RL, Stearns G. *Use of ferric and ferrous iron in prevention of hypochromic anemia in infants*. *Am J Res Child* 1953; 86:553.
- (13) Forth W, Rummel W. *Iron Absorption*. *Physiol Rev* 1973; 53:724.
- (14) Lintzel W. *Zum nachweis der resorption des nahrungseisens als ferroion*. *Biochim* 1933; 263:173-186.
- (15) Venkatachalam PS, et al. *Relationships between dosage and utilization of orally administered iron compounds*. *Aust J exp Biol* 1956; 34:389-394.

- (16) Fritz JC, et al. *Biological availability in animals of iron from common dietary sources.* *J Agric Food Chem* 1976; 86:553.
- (17) Cook JD. (ed.) *Methods in hematology; iron.* Nueva York:Churchill Livingstone, 1980. 180p.
- (18) Halldberg L, Sölvell L. *Inorganic iron absorption.* *Acta Med Scan* 1967; 181:335.
- (19) Cook JD, et al. *Food iron absorption measured by an extrinsic tag.* *J Clin Invest.* 1972; 51:805.
- (20) Layrisse M, Martínez-Torres C, González M. *Measurement of the total daily dietary iron by extrinsic tag model.* *Am J Clin Nutr.* 1974; 27:154.
- (21) Mosen ER, Cook JD. *Food iron absorption in human subjects, comparison of the effect of animal proteins on non-heme iron absorption.* *Am J Clin Nutr.* 1976; 29:859-67.
- (22) Whittaker P, Ologundes MO. *Study of iron bioavailability in a native Nigerian grain amaranth cereal for young children, using rat model.* *Food Sci* 1990; 67(5)505-508.
- (23) Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official methods of analysis.* 14 ed. Arlington, EE. UU.: AOAC, 1984. 1,141p.
- (24) Lock S, Besnder AE. *Measurement of chemically available iron in foods by incubation with human gastric juice in vitro.* *Br J Nutr* 1980; 43:413-20.
- (25) Narasinga BS, Prabhavanthi T. *An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from foods.* *Am J Clin Nutr* 1978; 31:169-75.
- (26) Jacobs A, Greenman DA. *Availability of food iron.* *Br Md J* 1969; 1:673-6.
- (27) Shackleton L, McLances RA. *The ionizable iron in foods.* *Biochem J* 1936; 30:582-91.
- (28) Miller DD, et al. *An in vitro method for estimation of iron availability from meals.* *Am J Clin Nutr* 1981; 34:2248-56.
- (29) Isaksson B, Sjogren G. *A critical evaluation of the mineral and nitrogen balances in man.* *Proc Nutr Soc* 1967; 26:106-16.
- (30) Finch CA. *Bovine iron losses in animals.* *Proc Soc Exp Biol Bed* 1978; 159:335-38.
- (31) Schricker BR, et al. *A comparison of in vivo and in vitro methods for determining availability of iron from meals.* *Am J Clin Nutr* 1981; 34:2257-63.
- (32) Lombardi-Boccia G, Di Lullo G, Carnovale E. *In-vitro iron dialysability from legumes: influence of phytate and extrusion cooking.* *J Sci Food Agric* 1991; 55:599.

- (33) *Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Métodos de laboratorio, análisis de alimentos. Guatemala: INCAP, 1976. 115p.*
- (34) *Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional (ICNND). Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Guatemala: INCAP, 1961. 132p.*
- (35) *Mendenhall W. Introduction to probability and statistics. 6a. ed. EE. UU.: PW Publishers, 1983. 646p.*

14. ANEXOS

LISTADO DE TABLAS

- ◆ TABLA 14.1 VALORES REPORTADOS DE INGESTA DIARIA PARA LOS ALIMENTOS CONSUMIDOS EN LA DIETA GUATEMALTECA, EN LAS ÁREAS RURAL Y URBANA.
- ◆ TABLA 14.2 ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS DIETÉTICOS DE HIERRO OPS.
- ◆ TABLA 14.3 NECESIDADES DE HIERRO ABSORBIDO FAO/OMS
- ◆ TABLA 14.4 NECESIDADES ESTIMADAS EN LA DIETA (mg/DÍA) PARA DIETA DE BAJA BIODISPONIBILIDAD (5%)
- ◆ TABLA 14.5 NECESIDADES ESTIMADAS EN LA DIETA (mg/DÍA) PARA DIETA DE MEDIANA BIODISPONIBILIDAD (10%)
- ◆ TABLA 14.6 NECESIDADES ESTIMADAS EN LA DIETA (mg/DÍA) PARA DIETA DE ALTA BIODISPONIBILIDAD (15%)

TABLA 14.1
CONSUMO PROMEDIO DIARIO DE
ALIMENTOS POR PERSONA EN GUATEMALA

ALIMENTOS	ÁREA RURAL (g)	ÁREA URBANA (g)
<i>Productos lácteos en (en relación a leche líquida)</i>	125	304
<i>Huevos</i>	17	28
<i>Carnes</i>	40	65
<i>Frijol Negro</i>	50	45
<i>Verduras frescas</i>	63	120
<i>Frutas</i>	19	63
<i>Bananos y plátanos</i>	26	37
<i>Tubérculos</i>	14	22
<i>Cereales</i>		
<i>Arroz</i>	16	27
<i>Tortilla de Maíz</i>	491	155
<i>Tamal de maíz</i>	5	2
<i>Pan de trigo</i>	40	134
<i>Otros cereales</i>	11	15
<i>Azúcar</i>	53	71
<i>Grasas</i>	8	20
<i>Miscelánea</i>	10	23

TOMADO DE: *Evaluación nutricional de la población de Centroamérica, Guatemala. INCAP, 1969 (2).*

TABLA 14.2
ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES
Y REQUERIMIENTOS DIETÉTICOS DE HIERRO

TIPO FISIOLÓGICO DE INDIVIDUO	NECESIDADES DE HIERRO				TOTAL	REQUERIMIENTOS DIETÉTICOS DE HIERRO (mg/DÍA)*
	PERDIDAS EN		UTILIZACIÓN EN			
	HECES, ORINA Y PIEL	MENSTRUACIÓN	EMBARAZO	CRECIMIENTO		
- HOMBRES Y MUJERES NO MENSTRUANDO	0.5-1.6				0.5-1.6	5-16
- MUJERES MENSTRUANDO	0.5-1.6	0.1-1.4			0.6-3.0	6-30
- EMBARAZO			1.7-3.75		1.7-3.75	17-37.5
ADOLESCENTES						
- HOMBRES	0.5-1.6			0.35-0.7	0.85-2.3	8.5-23
- MUJERES	0.5-1.6	0.1-1.4		0.3-0.45	0.9-3.45	9-34.5
- NIÑOS (PROMEDIO)	0.1-0.8			0.3-0.7	0.4-1.5	4-15
- INFANTES (3-12 MESES)	?			0.8-1.5	0.8-1.5	8-15

* SE ASUME UN 10% DE ABSORCIÓN PARA CUALQUIER TIPO DE DIETA.
TOMADO DE: IRON METABOLISM AND ANEMIA. OPS, 1969 (8)

TABLA 14.3
NECESIDADES DE HIERRO ABSORBIDO

GRUPO	EDAD (AÑOS)	PESO CORPORAL MEDIO (Kg)	NECESIDADES PARA EL CRECIMIENTO		PERDIDA	PERDIDA	NECESIDAD	PERCENTIL '95 (mg/DIA)	PERCENTIL '95 (Ug/Kg/DIA)
			MEDIANA (mg/DIA)	MEDIANA (mg/DIA)	BASAL MEDIANA (mg/DIA)	MENSTRUAL MEDIANA (mg/DIA)	TOTAL MEDIANA (mg/DIA)		
NIÑOS	0.25-1	8.00	0.56	0.21	-	-	0.77	0.96	120
	1-2	11.00	0.25	0.25	-	-	0.49	0.61	56
	2-6	16.00	0.22	0.34	-	-	0.56	0.70	44
	6-12	29.00	0.38	0.56	-	-	0.94	1.17	40
MUCHACHOS	12-16	53.00	0.66	0.80	-	-	1.46	1.82	34
MUCHACHAS	12-16	51.00	0.36	0.79	0.47	-	1.62	2.02	40
HOMBRES ADULTOS		65.00	-	0.91	-	-	0.91	1.14	18
MUJERES ADULTAS:									
- EN EDAD DE MENSTRUAR		55.00	-	0.77	0.48	-	1.25	2.38	43
- POSTMENOPAUSICAS		55.00	-	0.77	-	-	0.77	0.96	18
- DURANTE LA LACTANCIA		55.00	-	1.05	-	-	1.05	1.31	24

TOMADO DE: "NECESIDADES DE VIATAMINA A, HIERRO, FOLATO Y VITAMINA B12"
INFORME DE UNA CONSULTA MIXTA FAO/OMS DE EXPERTOS, 1991.

TABLA 14.4
NECESIDADES ESTIMADAS DE HIERRO EN LA DIETA (mg/DIA)
PARA DIETA DE BAJA BIODISPONIBILIDAD (5%)

GRUPO	EDAD (AÑOS)	NECESIDAD PARA PREVENIR LA ANEMIA		NECESIDAD BASAL	
		MEDIANA	INCLUIDA LA VARIABILIDAD	MEDIANA	INCLUIDA LA VARIABILIDAD
NIÑOS LACTANTES	0.25-1	11	14	17	21
NIÑOS	1-2	6.5	8	10	12
	2-6	7.5	9	11	14
	6-12	12.5	16	19	23
	12-16	19	24	29	36
MUCHACHOS	12-16	22	27	32	40
MUCHACHAS	12-16	22	27	32	40
HOMBRES	>16	12	15	18	23
MUJERES:					
- EN EDAD DE PROCREAR		17	29	25	48
- POSTMENOPAUSICAS		10	13	15	19
- EMBARAZADAS		-	-	-	-
- LACTANTES		14	17	21	26

TOMADO DE: "NECESIDADES DE VIATAMINA A, HIERRO, FOLATO Y VITAMINA B12"
 INFORME DE UNA CONSULTA MIXTA FAO/OMS DE EXPERTOS, 1.991.

TABLA 14.5
NECESIDADES ESTIMADAS DE HIERRO EN LA DIETA (mg/DIA)
PARA DIETA DE MEDIANA BIODISPONIBILIDAD (10%)

GRUPO	EDAD (AÑOS)	NECESIDAD PARA PREVENIR LA ANEMIA		NECESIDAD BASAL	
		MEDIANA	INCLUIDA LA VARIABILIDAD	MEDIANA	INCLUIDA LA VARIABILIDAD
NIÑOS LACTANTES	0.25-1	5.5	7	8.5	11
NIÑOS	1-2	3.5	4	5	6
	2-6	3.5	5	5.5	7
	6-12	6	8	9.5	12
	12-16	9.5	12	15	18
MUCHACHOS	12-16	11	13	16	20
MUCHACHAS	12-16	11	13	16	20
HOMBRES	>16	6	8	9	11
MUJERES:					
- EN EDAD DE PROCREAR		8	14	12.5	24
- POSTMENOPAUSICAS		6.5	6	9.5	9
- EMBARAZADAS		-	-	-	-
- LACTANTES		7	9	10.5	13

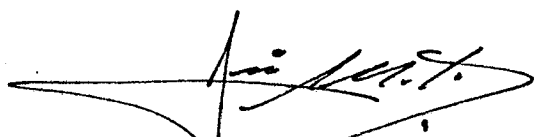
TOMADO DE: "NECESIDADES DE VIATAMINA A, HIERRO, FOLATO Y VITAMINA B12"
 INFORME DE UNA CONSULTA MIXTA FAO/OMS DE EXPERTOS, 1.991.

TABLA 14.6
NECESIDADES ESTIMADAS DE HIERRO EN LA DIETA (mg/DIA)
PARA DIETA DE ALTA BIODISPONIBILIDAD (15%)

GRUPO	EDAD (AÑOS)	NECESIDAD PARA PREVENIR LA ANEMIA		NECESIDAD BASAL	
		MEDIANA	INCLUIDA LA VARIABILIDAD	MEDIANA	INCLUIDA LA VARIABILIDAD
NIÑOS LACTANTES	0.25-1	3.8	5	5.5	7
NIÑOS	1-2	2.2	3	3.3	4
	2-6	2.5	3	3.7	5
	6-12	4.2	5	6.3	8
	12-16	6.5	8	9.7	12
MUCHACHOS	12-16	7.3	9	10.8	13
MUCHACHAS	12-16	7.3	9	10.8	13
HOMBRES	>16	4.1	5	6.1	8
MUJERES:					
- EN EDAD DE PROCREAR		5.6	10	8.3	16
- POSTMENOPAUSICAS		3.4	4	5.1	6
- EMBARAZADAS		-	-	-	-
- LACTANTES		4.7	6	7	9

TOMADO DE: "NECESIDADES DE VIATAMINA A, HIERRO, FOLATO Y VITAMINA B12"
 INFORME DE UNA CONSULTA MIXTA FAO/OMS DE EXPERTOS, 1.991.

**Hoja de firmas del informe final de tesis "HIERRO BIODISPONIBLE APORTADO
DIARIAMENTE POR LOS ALIMENTOS VEGETALES MAS COMÚNMENTE
CONSUMIDOS EN LA DIETA BÁSICA GUATEMALTECA"**



**Br. Luis Alberto Monterroso González
INVESTIGADOR**



**Dr. Carlos Enrique Acevedo
ASESOR**



**Lic. Miguel Ángel Herrera
DIRECTOR ESCUELA**

IMPRIMASE:



**Lic. Jorge Pérez Folgar
DECANO**