

# Centro de Investigación en Alimentación Y Desarrollo, A. C.

Contenido de Fitatos, Hierro, Cinc y Calcio en Alimentos  
y Dietas de Sonora. Evaluación de su Solubilidad

Por

MLA[K<2,1>]ll, ii 1/11"1:1 il TRIANA TEJAS

Tesis aprobada por la  
DIRECCION DE NUTRICION

Como Requisito Parcial para Obtener  
el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
EN NUTRICION Y ALIMENTOS

Hermosillo, Sonora.

Agosto de 1993.

**CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y  
DESARROLLO, A. C.**

**Contenido de Fitatos, Hierro, Cinc y Calcio en Alimentos  
y Dietas de Sonora. Evaluación de su Solubilidad**

**Por**

**MARIA ARACELI TRIANA TEJAS**

---

**Tesis aprobada por la  
DIRECCION DE NUTRICION**

**Como Requisito Parcial para Obtener  
el Grado de**

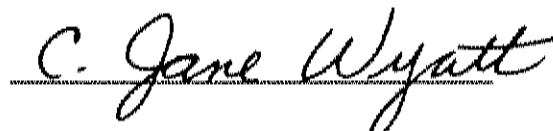
**MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD  
EN NUTRICION Y ALIMENTOS**

**Hermosillo, Sonora.**

**Agosto de 1993.**

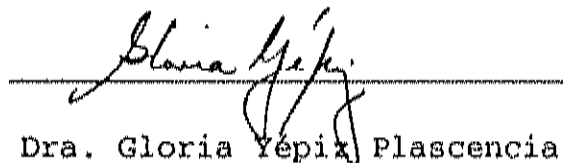
APROBACION

Los miembros del comité designado para revisar la tesis de María Araceli Triana Tejas, la han encontrado satisfactoria y recomiendan sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias, con especialidad en Nutrición y Alimentos.

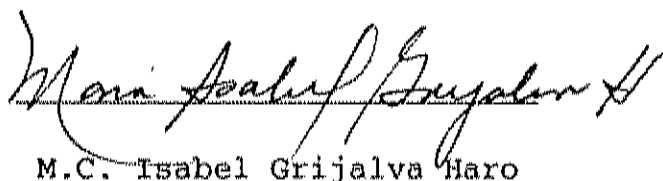


Dra. C. Jane Wyatt

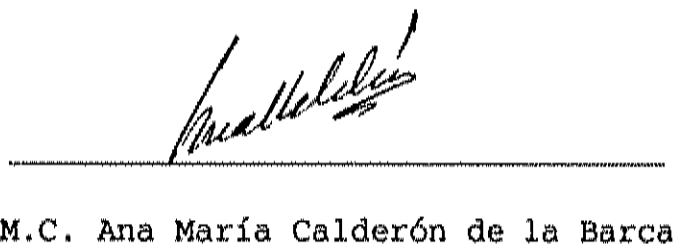
Director de Tesis



Dra. Gloria Yépez Plascencia



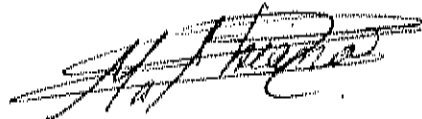
M.C. Isabel Grijalva Haro



M.C. Ana María Calderón de la Barca

## DECLARACION DEL AUTOR

Se permiten citas breves del material contenido en este trabajo sin permiso especial del autor, siempre y cuando se de el crédito correspondiente. Se podrá solicitar permiso para consultas más amplias o en la reproducción íntegra del documento para fines académicos, al jefe del Departamento de Nutrición y Alimentos del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Apdo. Postal 1735, Hermosillo, Sonora, México. Bajo cualquier otra circunstancia, se deberá solicitar permiso del autor.



MARIA ARACELI TRIANA TEJAS.

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi esposo Quintín por su apoyo, comprensión y cariño.

A mis hijos Antonio y Erik, porque su presencia ha sido el principal motor de mi existencia.

A mis padres y hermanos por su apoyo moral, especialmente a mi mamá.

A Diana, Juana María, Rosa Olivia, Rosa Elena y Martín, por su amistad, compañerismo, apoyo y ayuda.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo otorgado en la realización de mis estudios.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, por la oportunidad que me brindó de participar en su Programa de Posgrado.

Al Instituto Tecnológico de Oaxaca, por mi formación académica y por la oportunidad que me ha dado de continuar con mi desarrollo profesional.

Con gratitud a la Dra. Jane Wyatt, por su valiosa asesoría, apoyo y confianza.

Al Comité de Tesis, por su ayuda y atinados comentarios.

A los compañeros de la maestría, por su apoyo y solidaridad.

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	4
Características y Propiedades.....	4
Estructura Química.....	4
Propiedades Químicas.....	6
Formación y Acumulación del Acido Fítico....	7
Propiedades y Usos de los Fitatos.....	9
Ocurrencia y Contenido de los Fitatos.....	12
Contenido de Fitatos en Cereales.....	12
Contenido de Fitatos en Leguminosas.....	14
Métodos de Análisis para Fitatos.....	16
Métodos Cualitativos.....	16
Cromatografía de Papel.....	16
Electroforesis de Papel.....	16
Cromatografía de Capa Fina.....	17
Cromatografía de Intercambio Iónico.....	17
Métodos Cuantitativos.....	17
Métodos por Precipitación.....	17
Métodos Cromatográficos.....	18
Métodos de Resonancia Magnético Nuclear.	21
Solubilidad del Acido Fítico.....	21
Estudios <u>in vitro</u> .....	21
Solubilidad de Fitatos en Alimentos.....	23
Consecuencias Nutrimientales de los Fitatos....	24
Interacciones con Proteínas.....	24
pH Acidez.....	25
pH Intermedio.....	25
pH Básico.....	26
Interacciones Fitato-Proteína en Alimentos	26
Interacciones con Minerales.....	27
Interacciones con Calcio.....	27
Interacciones con Cinc.....	30
Interacciones con Hierro.....	31

## CONTENIDO

	Página
MATERIALES Y METODOS.....	34
Selección de Alimentos.....	34
Determinación de Fitatos.....	36
Análisis de Minerales.....	37
Determinación de las Fracciones Solubles e Insolubles.....	38
Análisis de Minerales.....	39
RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
Contenido de Fitatos Totales en Alimentos.....	40
Contenido de Fitatos en Frijol Guisado ( <u>Phaseolus vulgaris</u> , var. pinto).....	41
Contenido de Fitatos en Tortilla de Maíz.....	44
Contenido de Fitatos en Tortilla de Harina de Trigo.....	46
Contenido de Minerales en Alimentos.....	48
Contenido de Hierro en Frijol Guisado.....	50
Contenido de Cinc en Frijol Guisado.....	52
Contenido de Calcio en Frijol Guisado.....	53
Contenido de Hierro en Tortilla de Maíz.....	54
Contenido de Cinc en Tortilla de Maíz.....	56
Contenido de Calcio en Tortilla de Maíz.....	57
Contenido de Hierro en Tortilla de Harina de Trigo.....	58
Contenido de Cinc en Tortilla de Harina de Trigo.....	60
Contenido de Calcio en Tortilla de Harina de Trigo.....	61
Fitatos en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de los Alimentos.....	63
Contenido de Fitatos en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total del Frijol Guisado.....	63
Contenido de Fitatos en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de la Tortilla de Maíz.....	66
Contenido de Fitatos en la Fracciones Solubles, Insoluble y Totales de la Tortilla de Harina de Trigo.....	66
Contenido de Minerales en las Fracciones Soluble, Insoluble y Totales de los Alimentos	68
Contenido de Hierro en las Fracciones Soluble, Insolubles y Total de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora.....	68



## CONTENIDO

	<b>Página</b>
Contenido de Cinc en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora.....	72
Contenido de Calcio en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora.....	76
Relaciones Molares de Fitatos y Minerales de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora.....	79
Relación Molar Fitato/Cinc.....	80
Relación Molar Calcio/Fitato.....	82
Relación Molar [Ca][Fit]/[Zn].....	83
Contenido de Fitatos Totales en Dietas.....	84
Contenido de Fitatos en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de Dietas....	87
Contenido de Minerales en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de las Dietas..	92
Contenido de Fe en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de las Dietas.....	93
Contenido de Zn en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de las Dietas.....	96
Contenido de Ca en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de las Dietas.....	100
Relaciones Molares de Fitatos y Minerales en Dietas.....	103
Relación Molar Fitato/Cinc en Dietas.....	103
Relación Molar Calcio/Fitato en Dietas.....	106
Relación Molar [Ca][Fit]/[Zn] en Dietas.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
BIBLIOGRAFIA.....	111

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Contenido de Fitatos en Cereales (Base Seca).....	12
2.	Contenido de Fitatos en Leguminosas (Base Seca).....	13
3.	Contenido de Fitatos Totales en Frijol Guisado ( <u>P. vulgaris</u> var. pinto) (Base Seca).....	38
4.	Contenido de Fitatos Totales en Tortilla de Maíz (Base Seca).....	41
5.	Contenido de Fitatos Totales en Tortilla de Harina de Trigo (Base Seca).....	44
6.	Determinación de la Concentración de Fe, Zn y Ca en la Muestra Certificada de Hígado de Bovino SRM 1577b (mg/Kg).....	46
7.	Contenido de Minerales (Fe, Zn y Ca) en Frijol Guisado ( <u>P. vulgaris</u> var. pinto) (mg/100 g, Base Seca).....	47
8.	Contenido de Minerales (Fe, Zn y Ca) en Tortilla de Maíz (mg/100 g, Base Seca)...	51
9.	Contenido de Minerales (Fe, Zn y Ca) en Tortilla de Harina de Trigo (mg/100 g, Base Seca).....	55
10.	Contenido de Fitatos en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).....	60
11.	Contenido de Fe en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).....	65
12.	Contenido de Zn en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).....	69

## LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
13.	Contenido de Ca en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).....	72
14.	Relaciones Molares de Fitatos y Minerales de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora.....	76
15.	Contenido de Fitatos en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses Representativas de Diferentes Niveles Socioeconómicos (mg/100 g, Base Seca)....	83
16.	Contenido de Fe en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses (mg/100 g, Base Seca).....	88
17.	Contenido de Zn en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses (mg/100 g, Base Seca).....	92
18.	Contenido de Ca en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses (mg/100 g, Base Seca).....	95
19.	Relaciones Molares de Fitatos y Minerales de Dietas Sonorenses.....	98

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Estructura del Acido Fítico.....	4
2.	Biosíntesis del Acido Fítico.....	7
3.	Porcentaje de Solubilidad de Fitatos en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.....	61
4.	Porcentaje de Solubilidad de Hierro en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.....	66
5.	Porcentaje de Solubilidad de Cinc en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.....	70
6.	Porcentaje de Solubilidad de Calcio en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.....	73
7.	Consumo Diario de Fitatos en las Dietas Sonorenses de Diferentes Niveles Socioeconómicos.....	81
8.	Porcentaje de Solubilidad de Fitatos en las Fracciones Soluble e Insoluble de las Dietas.....	84

## RESUMEN

El ácido fítico (mio-inositol ácido hexafosfórico) es el principal compuesto fosforado de cereales y leguminosas. Uno de los problemas de este compuesto en las dietas es su potencial para enlazar minerales, haciéndolos indisponibles para animales y humanos. Los objetivos de este estudio fueron determinar el contenido de fitatos en los 3 alimentos de mayor consumo en Sonora (frijol guisado, tortilla de maíz y tortilla de harina de trigo) y en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos, que representan el consumo diario de adultos mayores de 25 años. Además, determinar el efecto que tienen los fitatos en la solubilidad de Fe, Zn y Ca presentes en los alimentos de mayor consumo en Sonora y en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos.

El contenido de fitatos se analizó por el método AOAC (1990), y los minerales por espectrofotometría de absorción atómica. Se encontró una concentración promedio de fitatos en frijoles guisados, tortilla de maíz y tortilla de harina de trigo de 643, 445 y 124 mg/100 g en base seca, respectivamente. Estos valores proporcionan una ingesta diaria de 1943.33 mg de fitatos en una dieta promedio.

El mayor porcentaje de fitatos, Fe y Zn de los tres alimentos se encontró en la fracción insoluble y el de Ca en la fracción soluble. Las relaciones molares  $[Fit]/[Zn]$ , mayores de 15 pueden afectar la solubilidad de Zn y se encontró que el frijol guisado y la tortilla de maíz tuvieron dichas relaciones molares mayores al valor establecido. Las relaciones molares  $[Ca][Fit]/[Zn]$ , mayores de 0,5 pueden afectar la solubilidad del Zn y se encontró que el frijol guisado y la tortilla de maíz tuvieron este valor mayor.

se determinó que los fitatos analizados en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos están relacionados con los mismos, variando el consumo diario de fitatos de 1034 mg en la dieta alta hasta 2088 mg en la dieta baja. La solubilidad de los fitatos en las dietas variaron de 26,57% a 43,66% del total de fitatos. Solo el hierro de la dieta del nivel socioeconómico alto mostró solubilidad (20,07%). Las solubilidades del Zn en las dietas se encuentran entre 29,69% y 61,56% del Zn total. y las solubilidades de Ca fueron mayores de 80% del Ca total en las 5 dietas.

Las relaciones molares  $[Fit]/[Zn]$  de las 5 dietas tuvieron valores menores de 15 y los valores de la relación  $[Ca][Fit]/[Zn]$  también en las 5 dietas fueron menores de 0,5 en las 5 dietas. De los tres minerales la solubilidad que se vio más afectada en las dietas fue la de Fe.

## INTRODUCCION

El ácido fítico (mioinositol ácido hexafosfórico), es el principal compuesto fosforado de cereales y leguminosas. Uno de los problemas de este compuesto en los alimentos es su gran potencial para enlazar minerales, formando complejos mineral-fitato y haciéndolos indisponibles para animales y humanos (Cheryan, 1980).

Las dietas con altos consumos de cereales y leguminosas de los países subdesarrollados son altas en fibra y fitatos y han mostrado deficiencias de minerales, por lo que Harland (1989), indica que los efectos que tiene la fibra dietaria en la absorción de minerales son debido a la presencia de los fitatos.

Las deficiencias de minerales mas encontradas en las dietas con altas ingestas de fitatos son para Fe y Zn (Morris, 1986 y Solomons, 1982), mostrando también que el Ca dietario potencia la formación de los complejos mineral-fitatos (Wise, 1983).

El Centro de Investigación y Desarrollo, A. C. de Hermosillo, Sonora, México, se ha caracterizado por estudiar la dieta Sonorense y Valencia et al. (1983 y 1992), mostraron que los alimentos de mayor consumo en Sonora son los frijoles guisados, las tortillas de maíz y las de harina de trigo.

También se ha indicado que la dieta Sonorense es alta en fibra dietaria (Ballesteros et al. 1992). Benítez (1990), evaluó en los frijoles los factores que influyeron en la solubilidad de Fe, por un método in vitro, pero el efecto de fitatos no se incluyó en este estudio.

Yépiz et al. (1983), mostraron que la mezcla de los tres alimentos de mayor consumo en Sonora, en diferentes proporciones frijol-tortilla de maíz, frijol-tortilla de harina de trigo, tuvieron una alta calidad de proteína, evaluando el PER en ratas. Sin embargo la literatura reporta que los vegetales con que fueron elaborados estos alimentos tienen cantidades elevadas de fitatos y se ha reportado que los fitatos reaccionan con los compuestos proteínicos haciéndolos insolubles. De tal manera que es importante conocer el contenido de fitatos de estos alimentos y los posibles efectos que puedan tener en el valor nutricional de la dieta de Sonora. Debido a lo anterior los objetivos de este trabajo fueron:

Determinar el contenido de fitatos en los alimentos de mayor consumo de Sonora y en dietas de diferentes niveles socioeconómicos que representen el consumo diario de adultos mayores de 25 años.



Determinar el efecto que tienen los fitatos en la solubilidad de Fe, Zn y Ca de los alimentos de mayor consumo en Sonora y en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos que representan el consumo diario de adultos mayores de 25 años.

## **ANTECEDENTES**

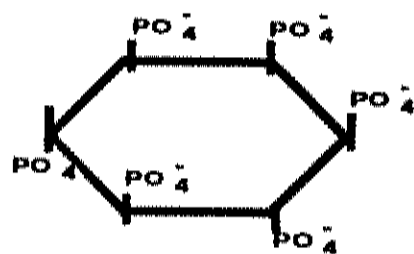
### **Características y Propiedades**

El ácido fítico (mio-inositol ácido hexáfosforico) es probablemente el componente mas común de las plantas comestibles que afecta la nutrición mineral, ya que forma complejos con compuestos catiónicos de importancia nutricional (Cheryan, 1980).

Este ácido, el principal compuesto fosforado de las plantas y los cereales y leguminosas contienen cantidades significativas de ácido fítico. Los términos de ácido fítico, fitatos y fitina, corresponden al ácido libre, la sal combinada con minerales y la sal de calcio y magnesio, respectivamente. En la literatura los nombres de ácido fítico y fitatos han sido usados indistintamente (Reddy et al., 1989).

### **Estructura Química**

En la Figura 1 se muestra la estructura del ácido fítico. Esta estructura ha estado sujeta a controversia, sin embargo se ha centrado en la propuesta por Anderson (1912).



Anderson, 1912

Fig. 1 Estructura del Acido Fítico (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>24</sub>P<sub>6</sub>)

Esta estructura está fundamentada por los estudios de Barré et al. (1954), usando curvas de titulación-pH y curvas de conductividad, posteriormente los estudios de Johnson y Tate (1969) y Costello et al., (1976) la corroboraron, utilizando técnicas de resonancia magnético nuclear. Blank et al. (1971), indicaron que la estructura propuesta por Anderson (1912) es la más adecuada.

### **Propiedades Químicas**

Los fitatos son complejos químicos que se forman cuando un ion metálico se combina con un electrón donador. Si el electrón donador (ácido fítico en este caso), contiene dos o más grupos donadores (fosfatos en ácido fítico), pueden formarse una ó mas uniones, los enlaces pueden ser iónicos o covalentes, dependiendo del donador o átomos involucrados (Cheryan, 1980).

Las constantes de disociación para mioinositol hexafosfatos fueron determinadas por Barré et al. (1954), por titulaciones potenciométricas y mostraron que de los doce protones sustituibles en la molécula de ácido fítico, seis están disociados de manera muy fuerte con un pKa de 1.84, dos tienen funciones de ácidos débiles con un pKa de 6.30 y cuatro están débilmente disociados con un pKa de 9.70.

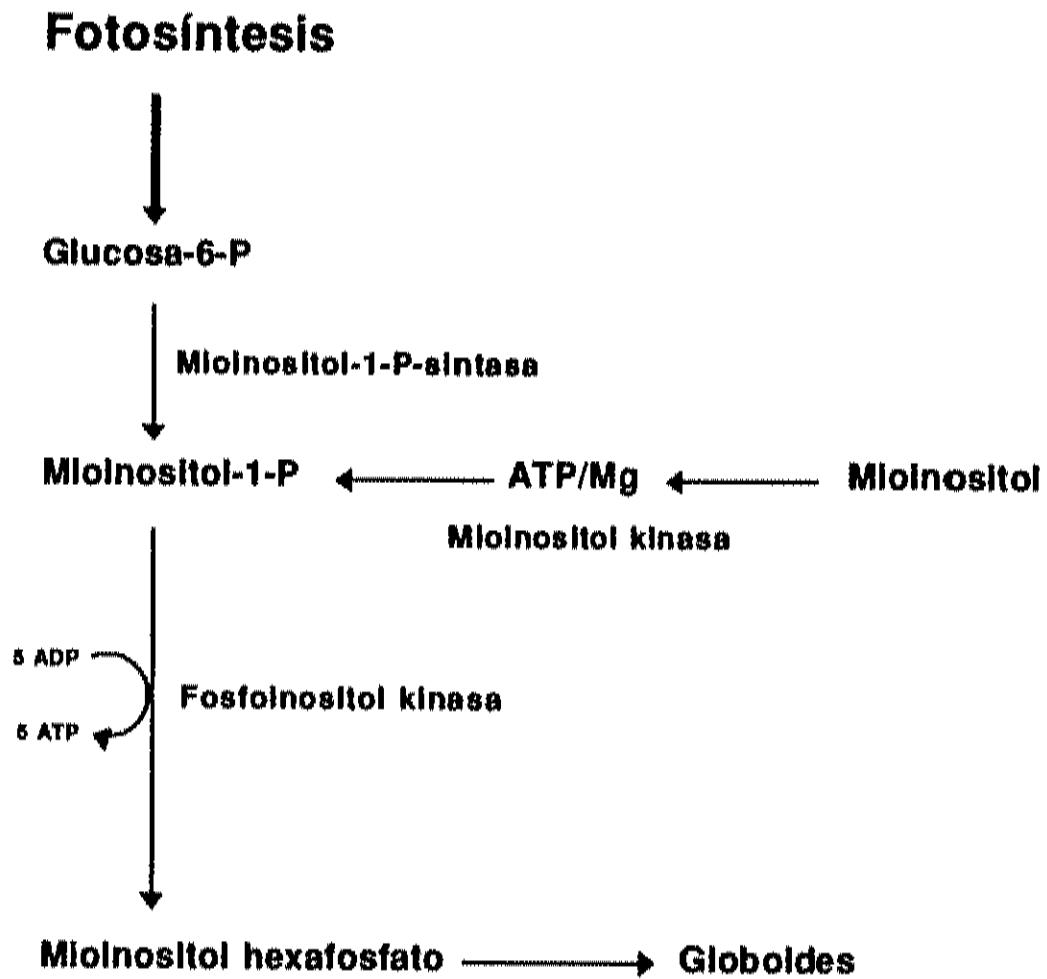
Costello et al. (1976), determinaron los valores de pKa de los grupos disociados del ácido fítico utilizando técnicas de resonancia magnético nuclear y los resultados fueron

similares a los obtenidos por los métodos de titulación: seis protones en un rango fuertemente ácido (pKa de 1.1 a 2.1), uno en un rango ligeramente ácido (pKa de 5.7), dos con pKa de 6.8 a 7.6 y tres con un rango alcalino (pKa de 10.0 a 12.0). Esto sugiere que el ácido fítico tiene un gran potencial para formar complejos con proteínas cargadas positivamente o con cationes multivalentes en los alimentos, puesto que existe como una molécula con carga muy negativa en un amplio rango de pH (Reddy et al. 1989).

#### **Formación y Acumulación del Acido Fítico**

La formación y acumulación de los fitatos en granos y semillas se encuentra en partículas eléctricas densas llamadas globoides. Dependiendo de la especie de la planta, el órgano y el tejido se pueden encontrar variaciones en el tamaño y número de globoides (Lott y Ockenden, 1986).

Los trabajos de Asada et al., (1968) y los de Loewus y Loewus (1980), establecieron que existen dos vías para la biosíntesis del ácido fítico en las plantas (Fig. 2). En una de las vías la glucosa-6-P que se origina de la fotosíntesis, en presencia de la enzima mioinosito-1-fosfato sintasa, forma el mioinosito-1-fosfato, el cual puede provenir (segunda vía) de las reservas de mioinositol de la planta y en presencia de la enzima mioinositol kinasa, ATP y magnesio (Mg) forma el mioinositol-1-fosfato. Este obtiene los 5 fosfatos faltantes de la defosforilación de 5 ATP por acción de la fosfoinositol



**Figura 2. Biosíntesis del Acido Fítico (Loewus and Loewus, 1980)**

kinasa, formando así la molécula de ácido fítico, la cual se acumula en los globoides.

Los fitatos pueden ser hidrolizados por enzimas fitasas ó fosfatasas ácidas para formar en sucesión otros compuestos como: inositol penta (IP5), tetra (IP4), tri (IP3), di (IP2) y mono fosfato (IP1), finalmente queda el anillo inositol y el fósforo inorgánico (Loewus & Loewus, 1980).

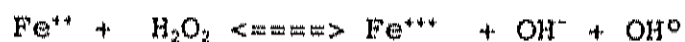
En cereales, el ácido fítico es abundante en la capa de la aleurona, sin embargo existen algunas excepciones como el maíz en lo que más del 80% de fitatos se encuentra en el germen. En semillas y leguminosas grandes cantidades de fitatos se hallan en los cotiledones (Reddy et al., 1989).

### **Propiedades y Usos de los Fitatos**

Los fitatos constituyen una gran porción de las reservas de fosfatos y mioinositol en cereales y leguminosas, se utilizan como fuente de fósforo y mioinositol durante la germinación además de la formación de paredes celulares polisacáridas.

Por el fósforo que contienen los fitatos son una fuente de energía para el crecimiento de granos y semillas y por su capacidad de atrapar moléculas con carga positiva, pueden servir como almacén de cationes en las plantas. Sin embargo esta propiedad no sucede con los animales, ya que los complejos mineral-fitatos son insolubles a pH fisiológico y esta es considerada la principal causa que decrece la

biodisponibilidad de minerales. También puede formar complejos con proteínas cargadas positivamente impidiendo así su absorción (Reddy et al., 1989). Graft (1986), indica que los fitatos pueden servir como antioxidantes naturales en alimentos, debido a que bloquean la formación de radicales hidroxilo ( $\text{OH}^\circ$ ) peligrosos por la reacción de Fenton:



También los fitatos suprimen la peroxidación de lípidos, esto fue confirmado por Empson et al. (1991), quienes demostraron que pequeñas cantidades de ácido fítico inhibieron la oxidación inducida por hierro de productos de pollo precocidos, evitando así, daños en esos alimentos.

La presencia de fitatos puede disminuir la oxidación de tejidos en plantas y prevenir el desarrollo de la putrefacción del alimento. En Japón, son ampliamente utilizados como aditivos de alimentos para la conservación de soya, carne, pescado, agentes colorantes y otros alimentos (Empson et al., 1991).

Sharma (1986), observó que la incidencia de enfermedades coronarias, cálculos renales y cáncer de colon es alta en personas que viven en ciudades desarrolladas, y que consumen dietas con altos contenidos de grasas y bajas en cereales. Además, los cereales consumidos por esas poblaciones son refinados lo cual reduce la ingesta de fitato dietario.



Por el contrario, en poblaciones subdesarrolladas donde la prevalencia de estas enfermedades es baja se consumen dietas bajas en grasa y altas en cereales integrales los cuales son ricos en fitatos. Con lo anterior se sugirió que existen datos epidemiológicos, experimentales y clínicos que muestran que los fitatos dietarios pueden proteger de las enfermedades anteriormente mencionadas, pero que aún se necesitan mas resultados clínicos para recomendar el uso de los fitatos en el control de las mismas.

Otra de las propiedades importantes de los fitatos es que tienen una gran afinidad para adsorber hidroxapatita ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ), que es un complejo cristalino de fosfato de calcio que se encuentra en huesos y dientes. La absorción fitato-hidroxapatita forma una superficie delgada monomolecular, que evita la disolución y crecimiento de los cristales de hidroxapatita, esta interacción inhibe procesos fisiológicos indeseables como: resorción del hueso, disolución del esmalte, caries dental, formación de placa bacteriana y el crecimiento de cálculos renales. Sin embargo, es necesario efectuar mas investigación para establecer su utilidad clínica (Kaufman, 1986).

Debido a las características fisico-químicas de la molécula de fitatos, se le han atribuído diversas aplicaciones químicas, médicas, dentales e industriales, como: inhibición de aflatoxinas, desintoxicación de metales pesados como plomo (Pb) y cadmio (Cd), inhibición de corrosión, preservación de

células y tejidos, estabilización de lípidos y remoción de hemoglobina (Graf,1986).

### Ocurrencia y Contenido de los Fitatos

La mayor ocurrencia del ácido fítico se encuentra principalmente en granos y/o semillas y en menor proporción, también se encuentra en frutas, verduras y suelos orgánicos (Reddy et al., 1989).

En cereales y semillas se han reportado niveles hasta de 5% en peso (Maga, 1982) y se ha encontrado que de 60 a 90% del fósforo (P) en semillas se encuentra en ácido fítico. Lolas et al. (1976), observaron correlaciones altas ( $> 0.90$ ) entre el contenido de P y fitatos de 50 variedades de frijoles y en numerosas variedades de cebada, avena y trigo. O'Dell et al., (1972) encontraron que el 90% de fitatos en maíz está en el germen, mientras que en el trigo y el arroz se encuentra en la aleurona.

### **Contenido de Fitatos en Cereales**

Reddy et al. (1989), reportaron que en cereales las cantidades de fitatos varían de 0.14 a 2.2% y de 0.08 a 5.46% en fracciones de cereal molido, de 0.05 a 3.29% en cereales listos para comer, 0.81 a 1.38% en cereales para niños. En el Cuadro 1 se indican los valores del contenido de fitatos determinados por varios autores en los cereales más utilizados para la alimentación humana.

Cuadro 1. Contenido de Fitatos en Cereales (Base Seca).

Cereal	%	Fuente
Trigo	1.03	Lehrfield & Wu (1991)
	0.39 - 1.35	Morris & Ellis (1981)
Salvado	3.01	Oberleas & Harland (1981)
	3.19 - 6.37	Dintzis et al. (1992)
Germen de Trigo	4.011	Oberleas & Harland (1981)
Maíz	0.58 - 0.73	Bos et al. (1991)
Maíz fermentado	0.58 - 0.5	Harland et al. (1988)
Arroz blanco	2.53	Oberleas & Harland (1981)
	0.23	Graf & Dintzis (1982)
Sorgo	0.91 - 1.35	Cilliers & Van Nickerk (1986)
Harina de sorgo	0.40 - 0.73	Ali & Harland (1991)

### **Contenido de Fitatos en Leguminosas**

De las leguminosas, las principales plantas que se utilizan para la alimentación humana son los frijoles. Se ha reportado que pueden contener rangos de fitatos de 0.22 a .15% en harina de frijol y en alimentos a base de frijol de 0.05 a 5.20% (Reddy et al., 1989). En el Cuadro 2 se muestra el contenido de fitatos de las principales leguminosas usadas en la alimentación humana.

Otro de los grupos de alimentos que contienen cantidades entre 1 y 2% de fitatos son las semillas oleaginosas, como el cacahuate, algodón y girasol (Cheryan, 1980).

De los alimentos de origen vegetal, los de menor concentración de fitatos son las frutas y las verduras. Oberleas y Harland (1981), reportaron 0.062% de fitatos para manzana y 0.0063% de fitatos en tomate. Ferguson et al., (1988) reportaron 0.08% en plátano y 0.14% en mango.

La variabilidad de los datos encontrados en el contenido de fitatos puede depender de factores tales como los diferentes métodos analíticos que se utilizan para su determinación, así como las fluctuaciones del medio ambiente, localización, condiciones de irrigación, tipo de suelo y aplicación de fertilizantes (Reddy et al., 1989).

Dintzis et al. (1992), mostraron en 6 cultivos de trigo suave que el porcentaje del contenido de fitatos fue significativamente mayor en los granos mas grandes y los

Cuadro 2. Contenido de Fitatos en Leguminosas (Base Seca).

Cereal	%	Fuente
Frijol lima	0.7	Ferguson et al. (1998)
	0.53 - 2.52	Franz et al. (1980)
Frijol pinto	0.684	Harland et al. (1988)
	1.4	Graf & Dintzis (1982)
Lentejas	0.834	Harland et al. (1988)
Chícharos	0.37 - 1.17	Harland et al. (1988)
	0.028	Oberleas & Harland (1981)
Soya	0.30 - 0.98	Heaney et al. (1991)
	1.00 - 1.47	Lolas et al. (1976)

rangos de fitato variaron de acuerdo a los lugares donde se cultivaron y a las localidades donde se desarrollaron.

### Métodos de Análisis para Fitatos

Existen diversos métodos para la determinación de fitatos, sin embargo no todos tienen igual precisión y exactitud, lo que hace que exista una gran variedad en el contenido de fitatos. Oberleas y Harland (1986), efectuaron una extensa revisión de los métodos de análisis para fitatos y los dividieron en cualitativos y cuantitativos.

#### **Métodos Cualitativos**

Estos métodos se describen brevemente, ya que son poco utilizados debido a que no cuantifican el contenido total de fitatos en los vegetales (Oberleas y Harland, 1986).

**Cromatografía de Papel.** En este método la separación de los inositol fosfatos depende mucho de que el papel se encuentre libre de iones metálicos pesados y de una selección apropiada del eluyente, como detector se usa una solución de 2.5% de alfa-benzoinoxima en metanol.

**Electroforesis de Papel.** En este sistema el papel está impregnado con una solución de ácido butírico e hidróxido de sodio y se expone a un potencial de 400 V.

**Cromatografía de Capa Fina.** Este método es el menos utilizado para la separación de esteres de inositol fosfato, debido a la naturaleza polar de los esteres de fosfato y que la detección se realiza exponiendo las placas a vapores de iodo, los cuales son tóxicos.

**Cromatografía de Intercambio Iónico.** En este método los ésteres de inositol fosfato se separaron inicialmente con resinas de intercambio de base débil (De-Acidite) y después se usaron resinas Dowex 1(Cl), Dowex 2(Cl) y Dowex AGI-X8 (Cl, 200 a 400 mallas) (Oberleas y Harland, 1986).

#### **Métodos Cuantitativos.**

Son los más utilizados, principalmente los métodos cromatográficos por su precisión y exactitud.

**Métodos por Precipitación.** Estos métodos se dividen en directos e indirectos. Los métodos directos utilizan una solución de cloruro férrico para formar un precipitado muy estable de fitato férrico y el contenido de fósforo del precipitado es determinado por cenizas húmedas o hidrólisis y cuantificado por colorimetría (Oberleas y Harland, 1986).

En el método indirecto una cantidad conocida de estándar de cloruro férrico se diluye en ácido agregándose al extracto de la muestra para precipitar a los fitatos y la porción de hierro férrico es medida por un método colorimétrico. Para

calcular el contenido de fitato se usa una relación estequiométrica entre el hierro y el fósforo (Fe:P, 4:6). Estos métodos parecen ser mas convenientes y rápidos que los directos, pero cuando los niveles de fitatos son muy bajos pueden tener errores (Cheryan, 1980).

**Métodos Cromatográficos.** Estos métodos son los que la literatura reporta con mayor frecuencia ya que sus resultados son confiables. Se utiliza cromatografía de intercambio iónico y líquidos de alta resolución.

Cromatografía de Intercambio Iónico. Harland y Oberleas (1977), cuantificaron fitatos en vegetales usando resinas de intercambio aniónico (AGI-X8 en forma clorada, malla 200/400) y gradientes de NaCl de 0.05M y 0.7M. Este método ha tenido diversas modificaciones para obtener mayor sensibilidad, separación y reproducibilidad a bajas concentraciones.

Ellis y Morris (1982), compararon el método de precipitación con hierro y el de cromatografía de intercambio iónico para la determinación de fitatos en 14 productos. Observaron que los resultados altos de fitatos encontrados en el método de precipitación con hierro, se deben a que pueden precipitar otros ésteres fosfóricos además de los fitatos. En el caso de los bajos valores de fitatos obtenidos en el método cromatográfico, pueden ser debidos a la interferencia de sustancias en el extracto ácido del producto.



También, Ellis y Morris (1983), indicaron que pequeñas cantidades de EDTA adicionadas al extracto ácido de la muestra eliminan cationes que pueden interferir con la elusión de los fitatos y también sugirieron que ajustando el pH a 6 a las muestras extraídas se obtiene una mejor recuperación.

En un trabajo posterior, Ellis y Morris (1986), demostraron que la resina AGI-X8 malla 100-200 no es apropiada para análisis de fitatos, debido a que no se eluye cuantitativamente y existe una gran variación de los diferentes lotes de resinas AGI-X8, por lo que cada lote se debe comprobar cuantitativamente utilizando un método de recuperación.

Considerando las recomendaciones anteriores, Harland y Oberleas (1986), desarrollaron un estudio colaborativo para la determinación de fitatos en alimentos y en base a los buenos resultados encontrados se aceptó como el método analítico químico oficial dado por la AOAC (1990).

Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución. Tangendjaja et al., (1980) fueron los primeros en usar la cromatografía de líquidos de alta resolución con un detector diferencial de índice de refracción y utilizando una columna de Bondapak C 18 (30 cm X 4 mm). La muestra fue extraída con 3% de ácido tricloroacético y la fase móvil utilizada fue acetato de sodio 5mM.

Graf y Dintzis (1982), modificaron el método y efectuaron una extracción de la muestra con HCl 2N, posteriormente las alícuotas obtenidas se secaron y disolvieron en acetato de sodio 5 mM para analizarlas por cromatografía de líquidos de alta resolución.

Phillippy y Johnston (1985), adaptaron un sistema de intercambio iónico a baja presión para análisis de fitatos, el cual también detecta inositol tri-, tetra- y pentafofato, Las alícuotas son extraídas y medidas directamente en la columna eluyendo con HNO<sub>3</sub> 0.1N, el cual forma un complejo de fitato férrico en un reactor post-columna, que es medido en un detector UV-Vis a 282 nm.

Bos et al. (1991), mejoraron el método descrito con anterioridad combinando los extractos de las muestras con EDTA, compararon los resultados obtenidos utilizando los métodos de Phillippy y Johnston (1985) y Ellis y Morris (1986), mostrando que en el método por cromatografía de alta resolución, los valores de fitatos en alimentos son significativamente menores por los encontrados en el método colorimétrico. Las diferencias entre los resultados encontrados en los tres métodos son estadísticamente significativas ( $P < 0.01$ ).

### Métodos de Resonancia Magnética Nuclear

O'Neill et al., (1980), aplicaron la técnica espectrofotométrica de resonancia magnético nuclear, para la estimación de fitatos. Esta es una técnica cuantitativa directa, ya que evita la determinación de inositoles mas bajos (tri-tetra y pentafosfato) y de fosfatos inorgánicos.

De los métodos cuantitativos descritos, los más utilizados son los de cromatografía de intercambio iónico, porque además de tener validez oficial, se necesita una infraestructura de laboratorio sencilla, comparada con la que se necesita en los métodos de cromatografía de alta resolución y los de resonancia magnética nuclear.

### Solubilidad del Acido Fítico

La insolubilidad de los fitatos es la razón más referida de su comportamiento nutricional adverso. Sin embargo son pocos los estudios que se han efectuado relacionando el efecto de pH y fuerza iónica en la solubilidad de varias sales de ácido fítico (Cheryan,1980).

### Estudios *in vitro*

Jackman y Black (1951), mostraron que las sales de Ca, Mg, Fe y Al con relación molar de metal:fitato (1.0 : 3.75) son solubles a pH ácido pero insolubles a pH neutro. Desde el punto de vista nutricional, es un problema el que se formen complejos insolubles a este pH, puesto que es el que se da en

el duodeno, lugar en donde se efectúa la absorción de minerales. En esta forma, los complejos de minerales con fitato no se pueden absorber.

Nolan et al. (1987), mostraron la solubilidad de los fitatos de algunos minerales como: Mg, Ca, Fe, Zn, Cu, Cd en estudios in vitro a temperatura de 37°C y con condiciones de pH similar al duodeno. Dichos autores encontraron resultados similares a los del estudio anterior en cuanto al incremento de la solubilidad al ir disminuyendo el pH, aunque la relación molar que utilizaron fue metal:fitato de 10:1.

Platt y Clydesdale (1987), efectuaron un estudio para determinar la solubilidad del fitato de sodio mezclado con Fe solo y con combinaciones de Cu, Zn y Ca, bajo condiciones gastrointestinales a pH 2 y pH 5. Encontraron que solo la combinación de fitato de Na-Fe-Ca afecta la solubilidad del Fe y del ácido fólico. Los autores llegaron a la conclusión de que el modelo fitato de sodio-minerales no es un buen predictor de la solubilidad de los minerales en los sistemas alimentarios.

Un estudio sobre el efecto de fosfato de inositol (IP3, IP4, IP5, IP6), Ca y Zn in vitro, en diferentes relaciones molares, mostró altas solubilidades de Ca-IP-Zn a pH 3 y 4 las cuales disminuyeron rápidamente a pH 7. Además, se formaron complejos insolubles cuando las relaciones molares de Ca:IP:Zn fueron de 100:10:1 (simulando concentraciones en dietas humanas). La solubilidad de Ca y Zn disminuyó cuando las

relaciones molares IP:Zn y Ca: Zn se incrementaron. Se mostró también que los inositol-fosfatos presentan más capacidad para enlazar Zn y Ca, ya que el Ca potencia el enlace de Zn a inositol-fosfatos a altas relaciones molares, pero compite con Zn para enlazar sitios activos cuando la proporción IP:Zn es equimolar (Xu et al., 1991).

### **Solubilidad de Fitatos en Alimentos**

Debido a la gran variabilidad en el contenido de fitatos en los alimentos y a la diversidad de componentes de estos últimos, la solubilidad de los fitatos difiere ampliamente entre uno y otro alimento (Maga, 1982).

Lolas et al., (1976), reportaron que extrajeron el 99% de los fitatos en frijoles (Phaseolus vulgaris L.) con una relación de harina de frijol: agua de 1:10, por lo que es posible que el ácido fítico estuviera presente bajo su forma soluble (Na y K) en lugar de la insoluble. Por otra parte, De Boland et al. (1975), encontraron que mas del 70% de los fitatos de soya son solubles en agua.

En una fracción rica en fibra de salvado y proteína, solo el 50% de los fitatos fueron solubles en agua deionizada (pH 7). Pero cuando la misma fracción se sometió a un tratamiento simulando condiciones gastrointestinales, el 62.2% de ácido fítico fué soluble a pH 2. Un tratamiento posterior a pH 5, aumentó la solubilidad a 97.9%. Al adicionar Fe, no se tuvo ningún efecto en la solubilidad del ácido fítico, pero cuando

se le agregó Zn ó Ca en presencia de Fe, la solubilidad de los fitatos y minerales disminuyó (Platt y Clydesdale, 1987).

La relación de solubilidad, antes descrita, no puede aplicarse cuando los minerales son endógenos como lo mostraron Champagne et al. (1985) en hojuelas de arroz. La solubilidad de K, Mg y Ca está en función del pH, y no existe ninguna relación entre los iones solubles de Fe, Zn y Cu con la solubilidad del ácido fítico. Sin embargo, cuando se adicionan minerales exógenos (sulfatos de Fe, Zn, Cu) a las hojuelas de arroz, sucede lo mismo que con la fibra de salvado (Champagne et al., 1985b).

#### Consecuencias Nutrimientales de los Fitatos

Los efectos antinutrimientales más estudiados de los fitatos son las interacciones con minerales y proteínas, ya que pueden formar complejos insolubles bajo condiciones fisiológicas. Diversos estudios indican que la baja biodisponibilidad de minerales en los alimentos vegetales, se debe a los fitatos más que a la fibra (Harland, 1989).

#### **Interacciones con Proteínas**

La solubilidad del ácido fítico tiene un comportamiento similar a las proteínas de la soya, sugiriendo la posible interacción entre los fitatos y la proteína (De Rham y Jost, 1979). Los experimentos con técnicas de ultrafiltración han mostrado diversos mecanismos de interacción entre las

proteínas y los fitatos en 3 regiones de pH : ácido (< 5), intermedio (5-7) y alcalino (> 7) (Cheryan, 1980).

**pH Ácido.** A este pH, el ácido fítico tiene una carga negativa fuerte y también muchas proteínas de las plantas pueden estar cargadas positivamente, por lo que es posible que los grupos -NH<sub>3</sub> de las proteínas enlacen a los grupos fosfatos del ácido fítico. La naturaleza de este enlace puede ser de tipo iónico, puente de hidrógeno o fuerzas de Van Der Waals. Entre los grupos -NH<sub>3</sub> de las proteínas se pueden incluir al grupo amino de lisina, imidazol de histidina y el guanadil de arginina.

La fuerte interacción fitato-proteína a pH ácido, es la razón por la que los aislados de proteína de soya preparados por punto isoeléctrico, contengan de 60 a 70% del ácido fítico original (Cheryan, 1980).

**pH Intermedio.** A pH intermedio, el ácido fítico y las proteínas tienen carga negativa neta, por lo que en estas condiciones, la interacción entre dos cargas negativas no es posible. Sin embargo la formación del complejo es posible mediante la interacción de un metal que una a los fosfatos de fitatos y a las moléculas de las proteínas, por medio de los grupos carboxil o histidil, formando un complejo ternario: ácido fítico-mineral-proteína (Cheryan, 1980).

**pH Básico.** En estas condiciones, la naturaleza de las interacciones entre el ácido fítico y las proteínas no es muy clara, ya que existen evidencias de que a  $\text{pH} > 10$ , el complejo fitato-proteína se disocia, el ácido fítico se hace insoluble y las proteínas remanentes se encuentran en solución (Cheryan, 1980).

**Interacciones Fitato-Proteínas en Alimentos.** El efecto que tienen los fitatos sobre las proteínas ha sido estudiado. Knuckles et al., (1985), indicaron que las diferencias encontradas en la digestión de caseína y seroalbúmina con pepsina, pueden ser atribuidos a las diferencias en la configuración de la proteína y a la habilidad de la proteína para enlazar fitatos. Algunas proteínas como las del germen de maíz no enlazan a fitatos, sin embargo otras como las proteínas de soya, tienen un enlace muy fuerte, por lo que el efecto de los fitatos sobre la digestión con pepsina varía según sea la fuente de proteína.

Gifford y Clydesdale (1990), confirmaron lo anterior observando que los incrementos de pH en un sistema in vitro con ácido fítico y tres diferentes fuentes de proteína, no disminuyó en todas la solubilidad.

Hussain y Boshuk (1992), evaluaron la formación de complejos insolubles: proteína-ácido fítico en diferentes leguminosas, encontrando que todas las muestras tienen una tendencia similar para interaccionar con el ácido fítico y que



la mayor formación de complejos insolubles ocurre con las habas y la menor con los chícharos.

### **Interacciones con Minerales**

En general muchos estudios muestran una relación inversa entre ácido fítico y absorción de minerales (Cheryan, 1980). Esto se ha atribuido principalmente a que la máxima precipitación de los complejos mineral-fitato ocurre a un pH de 6-7 que es el del duodeno donde ocurre la máxima absorción de minerales divalentes. Así varios minerales forman complejos y se hacen indisponibles para animales y humanos (Wise, 1983).

Sin embargo, hay otros factores involucrados en la formación de esos complejos, como los favorecedores de la absorción de minerales y la actividad de la fitasa, que puede hidrolizar a los fitatos. Aunque no se conoce muy bien la actividad de la fitasa en los humanos, se ha encontrado que la más alta actividad de esta enzima en las ratas se da en la mucosa duodenal y la más baja en el íleon (Wise, 1983).

**Interacciones con Calcio.** El calcio se ha denominado macronutriente, ya que el cuerpo de un adulto de 70 kg de peso tiene aproximadamente 1.2 kg de Ca. El 99% de Ca está en los huesos y el 1% está distribuido en tejido y fluido extracelular. Es un componente principal del esqueleto y forma parte de muchos procesos bioquímicos y fisiológicos como:

conducción de impulsos nerviosos, actividad muscular, secreción de hormonas, contracciones rítmicas, coagulación sanguínea y permeabilidad de membranas (Krause & Maham, 1984).

Se ha recomendado una ingesta de 800 mg diarios de Ca para los adultos y para los jóvenes en edades de crecimiento de 1000 a 1200 mg diarios (NAS, 1989).

La concentración sanguínea del calcio se halla bajo control hormonal y no refleja mucho la influencia del ingreso de Ca de origen alimentario, no obstante todo parece indicar que si no se ingiere suficiente cantidad de Ca durante largo tiempo, puede sobrevenir la osteoporosis (Krause & Maham 1984).

Las interacciones de Ca con otros minerales forman complejos entre macro y micronutrientes. Las interrelaciones de Ca con Fe, Zn, Mg, Na, Cu y otros minerales afectan su biodisponibilidad, por lo que un exceso de Ca en la dieta puede inhibir hasta un 33% la absorción de Fe y en un 25% la absorción de Zn (Smith, 1988).

Diversos estudios in vitro e in vivo han mostrado que el Ca es el factor mas constante que incrementa la severidad de los efectos de fitatos. Wise (1983), mostró que cuando dos diferentes especies de ratas comieron dietas con fitato de sodio, la correlación de Ca insoluble encontrada en el intestino delgado de las mismas fue de  $r = 0.84$  y  $r = 0.91$ .

En ausencia de Ca, la concentración de los minerales traza puede ser insuficiente para precipitar fitatos, por lo que estudios in vivo con ratas han mostrado que estos fitatos pueden ser hidrolizados por la enzima fitasa y que la actividad de esta enzima puede depender de la presencia de Zn y vitamina D (Wise, 1983). En un estudio posterior Wise (1986), sugirió que la concentración de Ca dietario controla el estado físico de los fitatos en el intestino, por lo que concentraciones mayores coprecipitan con Zn y Cu provocando deficiencias de estos últimos.

Heaney et al. (1991), indicaron que los estudios con ratas no son buenos modelos para determinar la absorción de Ca en alimentos que contienen fitatos, debido a que no se conoce la actividad de la enzima fitasa en humanos, por lo que estudiaron el efecto de frijoles de soya con altas y bajas concentraciones de fitatos en la absorción de Ca medida con isótopos de Ca ( $Ca^{45}$ ) en humanos. Encontraron que la absorción de Ca fué mayor (25%) cuando se ingirieron frijoles con menos fitatos. De estos resultados concluyeron que el contenido de fitatos en los alimentos, tiene un efecto significativamente alto en la absorción de Ca.

Interacciones con Cinc. El Zn es un mineral traza y nutrimento indispensable para todos los mamíferos incluyendo al hombre. Se conoce que el contenido total de Zn en un adulto es de 2 gr (Underwood, 1977).

Este mineral es cofactor de muchas enzimas y se requiere para el crecimiento, la reproducción, cicatrización, agudeza gustativa y actividad de la insulina. La recomendación diaria es de 15 mg (NAS, 1989) y su deficiencia puede causar disminución del crecimiento, pérdida del gusto, falta de desarrollo en los órganos sexuales y defectuosa coagulación sanguínea (Krause & Maham 1984).

El ácido fítico de cereales y leguminosas es el que más contribuye a que se reduzca la biodisponibilidad de Zn en estos alimentos (Erdman, 1981). También se ha mostrado que dietas altas en Ca acentúan el efecto de fitatos en la biodisponibilidad de Zn (Wise, 1986).

Oberleas y Harland (1980), propusieron una relación molar fitato/Zn, como un indicador de la biodisponibilidad de Zn y Davies et al. (1985), Ellis et al. (1982), investigaron que una relación molar fitato X Ca/Zn es un mejor predictor de la biodisponibilidad de Zn. Otros investigadores como Fordyce et al. (1987), indicaron que la relación molar fitato X Ca/Zn es un mejor predictor que la relación molar fitato/Zn. Sin embargo en algunos casos esta relación molar no puede ser efectiva debido al enlace de fitatos con otros minerales y componentes de los alimentos.

Solomons (1982), indicó que las dietas de Guatemala tienen un alto contenido de fibra y fitatos, basándose principalmente en cereales integrales los cuales interfieren con la biodisponibilidad de Zn.

Ferguson et al. (1989), determinaron la ingesta de Zn, Ca y fitatos en 66 niños de Malawian, Africa, con edades de 4 y 6 años durante tres estaciones del año. Un alto porcentaje de niños de esta población, tienen un alto riesgo de deficiencia de Zn, debido a la alta ingesta de fitatos y bajas concentraciones de Zn encontradas en el cabello, además de su baja talla para la edad.

Interacciones con Hierro. El hierro es un mineral indispensable que se encuentra presente en el organismo humano. Una persona que pesa 70 kg tiene aproximadamente 2.8 g de hierro. Dentro de sus características principales, está la de ser componente de enzimas como la hemoglobina y mioglobina cuyas funciones son las de transportar y almacenar oxígeno en la sangre y músculos. El hierro no es un cofactor de enzimas (Krause & Maham, 1984).

Los requerimientos para hierro varían de acuerdo al sexo y la edad, su deficiencia es una carencia nutrimental que afecta a la mayoría de las poblaciones de los países subdesarrollados, provocando entre otras cosas anemia, fatiga y pérdida de la capacidad para trabajar (Krause & Maham, 1984).

La interacción fitato-Fe en la biodisponibilidad de hierro es complicada ya que los inositoles mayores de 4 fosfatos no son buena fuente de hierro, sin embargo el fitato monoférrico aislado del trigo integral es soluble, por lo que tiene mayor biodisponibilidad (Maga, 1982; Cheryan, 1980).

Los estudios in vitro efectuados por Sandberg et al. (1989), indicaron que el inositol fosfato-6 e inositol fosfato-5 tienen un efecto negativo en la biodisponibilidad de Fe en alimentos ya que 10  $\mu\text{mol}$  de inositol hexa y pentafofosfato reducen la solubilidad de 39% a 0.2% y 6% respectivamente.

Los estudios de Frolich y Asp (1985), mostraron que solo el 10% del hierro total en harinas de trigo y soya están asociados con fitatos y que el 60% se encuentra combinado con los componentes de fibra.

Hallberg et al. (1989), efectuaron un estudio con humanos mostrando que la inhibición de la absorción de Fe medido con isótopos de hierro ( $\text{Fe}^{55}$  y  $\text{Fe}^{50}$ ) está relacionada con la cantidad de fitato adicionado, ya que 2 mg de fitato inhiben la absorción en 18% ( $p < 0.001$ ), 25 mg en 64% ( $p < 0.001$ ) y 250 mg en 82% ( $p < 0.001$ ) y que la adición de ácido ascórbico contrarresta el efecto del ácido fítico solo en niveles muy bajos.

Brune et al. (1989), estudiaron la posibilidad de que en los humanos exista una adaptación intestinal en las dietas con altas ingestas de fitatos, de tal forma que no se inhiba la absorción de Fe y que estos cambios puedan suceder en las poblaciones de los países subdesarrollados, en donde la ingesta de fitatos es elevada. Pero concluyeron que tal adaptación no existe y que los fitatos continúan inhibiendo la absorción de Fe.

## MATERIALES Y METODOS

### Selección de Alimentos

Se utilizaron los tres alimentos reportados en el estudio de Canasta del Estado (Valencia et al., 1992) como los de mayor consumo en Sonora: frijoles guisados, tortilla de maíz y tortilla de trigo.

El tamaño de muestra en cada uno de los alimentos se determinó de acuerdo a la ecuación (Steel/Torrie, 1989):

$$n = \frac{s^2 t^2 \alpha^2 (n-1)}{D^2}$$

en donde:

n = número de muestra  
s = desviación encontrada  
D = mitad de la anchura del intervalo de  
confianza deseado

Se estableció que 4 es el tamaño de muestra para los alimentos de mayor consumo en Sonora, por lo que los frijoles (P. vulgaris var. Pinto) se obtuvieron en centros comerciales de la localidad y se guisaron de acuerdo a las recetas tradicionales de la región (Goycolea et al. 1988).



Las tortillas de maíz se colectaron en diferentes tortillerías de la ciudad de Hermosillo, Sonora, de acuerdo a su preparación: tortilla de maíz elaborada con Maseca (harina de maíz industrializada), tortillas de maíz elaboradas con la mezcla de Maseca y maíz nixtamalizado y tortillas preparadas con maíz nixtamalizado. Las tortillas de harina de trigo se obtuvieron muestreando 4 diferentes marcas comerciales de la localidad (A, B, C, D).

Se utilizaron dietas preparadas por Méndez (1993), que representan el consumo diario de alimentos de adultos mayores de 25 años, en diferentes niveles socioeconómicos.

Estos alimentos y dietas se molieron en una licuadora Waring Comercial Blendor (Waring Products Corporation of America. New Hartford, Connecticut 060557), hasta obtener un tamaño de partícula de 100 mallas, secándose en una estufa de convección forzada (BLUE M C-4850-Q Blue Island. Illinois, USA) a 56°C. El contenido de humedad (Método AOAC. Sec. 220. 1, 1990) se determinó en una estufa con sistema de vacío (VWR Scientific Inc., P.O. Box 13645, Philadelphia. PA. 19101-3645) a -30 mm Hg y 100°C. Una vez secados se guardaron en frascos de polietileno en desecadores para los análisis posteriores.

### Determinación de Fitatos

A los alimentos se les determinó el contenido de fitatos por el Método AOAC. Sec. 986.11 (1990). Este consistió en extraer los fitatos de una muestra con una solución de 2.4% HCl (Merck, México) y una vez extraídos se mezclaron con una solución de EDTA-NaOH (Sigma, St. Louis Missouri) llevándose a una columna de vidrio de 0.7 x 15 cms (Bio-Rad Laboratories, Richmond, California) rellena con resina de intercambio aniónico AGI-X 4, malla 100-200, forma clorinada (Bio-Rad Laboratories, Richmond, Ca.). Los fitatos eluyeron de la columna con una solución de NaCl 0.7M (Merck, Mex.) digiriéndose con una mezcla de concentrada de HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Merck, Mex.) con el fin de liberar al fósforo.

Debido a que la digestión indicada en el método no era completa, se procedió a modificarla usando la misma proporción de ácidos y una calcinación en una mufla (Thermolyne, Subsidiary of SYBRON. Type 30400 Furnace), durante 8 hr a 535°C. El fósforo libre se determinó por el método de Fiske y Subbarow (1925), en un espectrofotómetro (Spectronic 21, Milton Roy Company, San Leandro, C.A. 94577-4209) a 640 nm. La cantidad de fitato se calculó como un equivalente de hexafosfato usando un estándar de fósforo preparado con fosfato ácido de potasio (Sigma, St. Louis Mo.).

Este método se validó con un material de referencia: Red Wheat Bran (salvado grado alimenticio) certificado por la Asociación Americana de Químicos en Cereales (3340 Pilot Knob Road, St Paul MN 55121) el cual se utilizó como estándar interno en un estudio colaborativo para la determinación de fitatos en alimentos (Harland & Oberleas, 1986) y como un estándar certificado en la determinación de fitatos en los alimentos Nigerianos (Harland et al., 1981).

#### Análisis de Minerales

Se determinó el contenido de Fe, Zn y Ca según el método AOAC. Sec. 968.08 (1990). La determinación se hizo en una submuestra de 1 g a la que se le adicionaron 3 ml de una mezcla de ácidos ( $H_2SO_4-HNO_3$ , 1:4, Merck, Mex.) y se incineraron a 535°C durante 8 hr. Después se disolvieron en 100 ml de agua deionizada conteniendo 1% de HCl (Merck, Mex.).

Cuando la incineración fue incompleta se usó el método de cenizas húmedas indicado por Noller y Bloom (1978). La muestra digerida se llevó a un volumen de 100 ml con agua deionizada conteniendo 1% de HCl (Merck, Mex.).

El análisis cuantitativo de los minerales (Fe, Zn y Ca) se efectuó en un espectrofotómetro de absorción atómica Varian AA-20 (Varian Techntron Pty Limited, Mulgrave Victoria, Australia) usando las recomendaciones de las condiciones de operación indicadas en el manual del equipo para Fe, Zn y Ca (Analytical Method, 1989). Para Ca se usó una flama de

aire/acetileno en lugar de la de óxido nitroso/acetileno que recomienda el manual, para evitar las interferencias causadas en este tipo de flama se utilizó óxido de lantano al 1% ( $\text{La}_2\text{O}_3$ ) (Sigma, St. Louis Mo.).

Para valorar los métodos de análisis de minerales se usó una muestra certificada de hígado de bovino (NIST, Gaithersburg, MD 20899). Tanto en cenizas secas como en cenizas húmedas realizando cada análisis por triplicado.

#### **Determinación de las Fracciones Solubles e Insolubles**

Estas fracciones se determinaron por el método de Narasinga Rao y Prabhavathi (1979) y consiste en que 2 gr de muestra seca se mezclan con 25 ml de una solución de pepsina (Sigma, St. Louis Mo.)-HCl (Merck, Mex.) (0.5% de pepsina en HCl 0.1N). El pH de la mezcla se ajustó a 1.35 con un potenciómetro (Corning Modelo 140) y se incubó a 37°C durante 90 min en un baño de agua con agitación constante (Tecator 1024, Tecator Sweden). Al término de este tiempo las muestras se centrifugaron (IEC Centra- 4B centrifuge. International Equipment Company. USA) por 45 min a 3000 rpm y 10°C. El sobrenadante se filtró en papel filtro Whatman No. 44.

Este filtrado correspondió a la fracción soluble del alimento por lo que se procedió a efectuarle las determinaciones de fitatos, Fe, Zn y Ca, para lo cual en cada análisis se utilizó un blanco reactivo.

La fracción insoluble se encuentra en el residuo de la mezcla por lo que se digirió usando el método de cenizas secas descrito con anterioridad y también se analizó el contenido de fitatos, Fe, Zn y Ca por los métodos antes descritos.

#### Análisis Estadístico

Los valores analíticos obtenidos se analizaron estadísticamente por análisis de varianza (SAS, 1989) para probar diferencias entre tratamientos y por la prueba múltiple de Tukey para comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Contenido de Fitatos Totales en Alimentos

Los fitatos son compuestos de origen vegetal que están asociados a la fibra dietaria (Harland, 1989. Wise, 1983) y diversos estudios en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Son. (Valencia et al., 1992; Ballesteros et al., 1992), han mostrado que el frijol guisado, la tortilla de maíz y la de trigo, son aportadores importantes de fibra en la dieta, por lo que también es importante conocer el contenido de fitatos en los mismos y obtener un mejor entendimiento de sus efectos nutrimentales.

El valor obtenido en el material de referencia: Red Wheat Bran (salvado grado alimenticio), certificado por la Asociación Americana de Químicos en Cereales (3340 Pilot Knob Road, St Paul MN 55121), fue de  $3.02 \pm 0.10$  %; dicho valor es similar al reportado por Harland y Oberleas (1986) en un estudio colaborativo y también similar al valor de  $3.06 \pm 0.13$  obtenido por Harland et al. (1988).

**Contenido de Fitatos en Frijol Guisado (Phaseolus vulgaris var. pinto).**

El contenido de fitatos en los frijoles guisados se indica en el Cuadro 3, en el cual se observa que los valores varían de 502 a 734 mg/100 g de fitatos en base seca. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las procedencias 1 y 4, esta variabilidad puede deberse a que el contenido de fitatos varía aún en plantas de la misma variedad (Graf y Dintzis, 1982).

Estos resultados son muy importantes debido a que el frijol guisado es el alimento de mayor consumo en Sonora (Valencia et al. 1992), con un consumo promedio diario de 211 g, esto equivaldría a una ingesta promedio diaria de fitatos de 552 mg, que es un valor sumamente elevado.

También se ha indicado que el 72% de la población total encuestada de adultos mayores de 25 años correspondieron a un nivel socioeconómico bajo y sus consumos diarios de frijoles guisados fueron de 329 g (Méndez, 1993). Considerando este valor, la ingesta diaria de fitatos corresponde a 861 mg de fitatos. Este valor es alto si se toma en cuenta que 250 mg de fitatos reducen considerablemente la biodisponibilidad de Fe (Hallberg et al. 1989).

Como los frijoles estaban cocidos a ebullición, la única forma de disminuir el ácido fítico, sería cocerlos a presión, lo cual de acuerdo con Campa et al. (1992), reduciría un 18.5 % del contenido total del ácido fítico. Estos valores indicaron que existen diferencias en el contenido de fitatos

Cuadro 3. Contenido de Fitatos Totales\* en Frijol Guisado (P. vulgaris var. pinto) (Base Seca).

Alimento	Procedencia	Fitatos Totales mg/100g	
Frijol guisado ( <u>P. vulgaris</u> var. Pinto)	1	502 ± 57	<sup>a</sup>
	2	621 ± 88	<sup>ab</sup>
	3	632 ± 52	<sup>ab</sup>
	4	734 ± 62	<sup>b</sup>

\* Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.  
Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).



en frijoles crudos y cocidos, así como también por los diversos procedimientos de cocimiento.

Por otra parte, estos resultados coinciden con los obtenidos para frijol pinto por Lolas et al. (1976) y por Harland et al. (1988), quienes utilizaron cromatografía de intercambio iónico en la determinación; aunque son un poco mas bajos que los obtenidos por Graf y Dintzis (1982), ya que ellos trabajaron con frijoles pintos crudos.

Otros autores, trabajando diferentes especies y variedades de frijol y utilizando diversos métodos, han reportado contenido de fitatos que van desde 346 hasta 1160 mg/100g en base seca. Dichos estudios son: los de Ferguson et al. (1988), en alubias (1160 mg/100g) y frijol lima Phaseolus lunatus (700 mg/100g). Franz et al. (1980), quienes determinaron por espectrofotometría 677 mg/100g en Ph. lunatus cocidos y 964 mg/100g en Ph. vulgaris de color blanco, ambos en base seca. El rango mas bajo, es el reportado por Oberleas y Harland (1981), en frijoles blancos, que fue de 346 mg/100g de fitatos, porción comestible.

Debido a la variabilidad de los datos del contenido de fitatos en frijoles, reportados en la literatura, no se puede establecer una comparación directa, ya que existen diferencias entre: variedades, métodos de análisis, procedimientos de preparación, además, que no todos los resultados se indican en base seca, lo cual conduce a errores en la comparación de los mismos.

### Contenido de Fitatos en Tortilla de Maíz

El Cuadro 4 muestra que el contenido de fitatos en tortillas de maíz estuvo en un rango de 407 a 486 mg/100g en base seca. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las tortillas elaboradas con Maseca de diferentes procedencias; pero éstas, son significativamente distintas a las elaboradas con maíz y a las preparadas con una mezcla de maíz y Maseca. Estas diferencias pueden ser debidas a las diferentes harinas de maíz nixtamalizado que se utilizaron durante su preparación.

No existen datos en la literatura para poder comparar el contenido de fitatos en la tortilla de maíz. Solo se encontró que Franz et al. (1980), determinaron el contenido de fitatos en maíz crudo, cocido, y cocido con un procedimiento similar a la nixtamalización, obteniendo valores de  $828 \pm 106$ ,  $776 \pm 39$  y  $872 \pm 11$  mg/100g de fitatos, base seca, respectivamente.

O'Dell et al. (1972), indicaron que los valores de fitatos en el maíz comercial híbrido fueron de 890 mg/100g de fitatos y Ferguson et al. (1988), determinaron que los alimentos Malawaianos, a base de harina de maíz tienen de 234 a 880 mg/100g de fitatos, base seca.

La tortilla de maíz es otro de los alimentos de mayor consumo reportados para el estado de Sonora y junto con los frijoles proporcionan 32g/día de fibra dietaria (Ballesteros et al., 1992). Si se considera un consumo promedio de 121 g/día de tortilla de maíz en el Estado de Sonora (Valencia et

Cuadro 4. Contenido de Fitatos Totales\* en Tortilla de Maíz (Base Seca).

Alimento	Elaboración	Fitatos Totales mg/100 g
Tortilla de maíz	Maíz	486 ± 42 <sup>a</sup>
	Maseca <sup>1</sup>	407 ± 5 <sup>b</sup>
	Maíz y Maseca	479 ± 19 <sup>a</sup>
	Maseca <sup>2</sup>	421 ± 18 <sup>b</sup>

\* Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

1, 2 Diferentes procedencias

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

al. 1992) y de 329 g/día en una población de adultos mayores de 25 años de niveles socioeconómicos bajos (Méndez, 1993), la ingestión de fitatos diarios sería de 312 y 650 mg, respectivamente.

#### **Contenido de Fitatos en Tortilla de Harina de Trigo**

El contenido de fitatos totales en la tortilla de harina de trigo de diferentes marcas comerciales de la localidad, se indican en el Cuadro 5. Se determinaron fitatos en el rango de 101 a 142 mg/100g en base seca. No se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las marcas A y B, B y C, C y D. Las diferencias encontradas entre las marcas A y D, A y C, B y D, pueden ser debidas a las diferentes harinas de trigo y a los procesos con los que fueron elaboradas.

No se encontraron datos reportados del contenido de fitatos de la tortilla de harina de trigo, aunque sí, de la harina de trigo. Sin embargo, no se puede comparar su contenido de fitatos con estos datos ya que además de que la tortilla no contiene solo harina de trigo, los procesos de molienda y tamizado en las harinas de trigo, afectan su contenido de fitatos. Esto se debe a que la mayor concentración de fitatos, se encuentra en la cáscara de trigo, (Lehrfield y Wu, 1991). Además, las fluctuaciones del medio ambiente afectan el contenido de fitatos de este cereal (Dintzis et al. 1992).

Cuadro 5. Contenido de Fitatos Totales\* en Tortilla de Harina de Trigo (Base Seca).

Alimento	Marca Comercial	Fitatos Totales* mg/100 g
Tortilla de harina	A	101 ± 7 <sup>a</sup>
	B	117 ± 10 <sup>bc</sup>
	C	135 ± 9 <sup>ab</sup>
	D	142 ± 4 <sup>a</sup>

\* Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.  
Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

Graf y Dintzis (1982), reportaron 230 mg/100g de fitatos en base seca, en harina de trigo enriquecida, mientras que Franz et al. (1980), determinaron que la harina de trigo refinada tuvo 40 mg/100g de fitatos en base seca. Oberleas y Harland (1981), reportaron 281.6 mg/100g de fitatos por porción comestible en harina de trigo.

Los resultados son muy importantes, porque si se considera que el consumo diario de 89 g de tortilla de trigo (Valencia et al. 1992), proporcionan una ingesta de 97 mg de fitatos diarios, los cuales sumados a los contenidos en los frijoles y en las tortillas de maíz de una dieta Sonorense, pudieran afectar la biodisponibilidad de minerales como Fe, Zn y Ca.

#### Contenido de Minerales en Alimentos

Se ha demostrado que los fitatos enlazan a los minerales y que actúan sinérgicamente cuando el Ca está presente con otros minerales como Zn y Fe (Maga, 1982). El contenido de Fe, Zn y Ca de la muestra certificada de Hígado de Bovino SRM 1577b se muestra en el Cuadro 6 observándose que los valores de cenizas húmedas son mayores que los de cenizas secas debido a que el método de cenizas secas tiene una mayor pérdida de minerales por la volatilización de estos. Sin embargo, con los dos métodos se obtuvieron valores similares a los establecidos en el estándar, lo cual muestra que la técnica utilizada y el manejo de los instrumentos, fueron los adecuados.

Cuadro 6. Determinación de la Concentración de Fe, Zn y Ca en Muestra Certificada de Hígado de Bovino SRM 1577b (mg/Kg).

Elemento	Cenizas Secas	Cenizas Húmedas	Concentración establecida
Fe	172 $\pm$ 2	208 $\pm$ 6	194
Zn	115 $\pm$ 4	174 $\pm$ 9	123
Ca	135 $\pm$ 9	142 $\pm$ 7	120

<sup>1</sup> NIST, U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, Mo. USA, 20899.

### Contenido de Hierro en Frijol Guisado

Los valores de Fe encontrados en el frijol guisado variaron en un rango de 5.03 a 7.50 mg/100g, base seca (cuadro 7) y se observó que no existieron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la procedencia 1 y 2, pero son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) a los de la procedencia 3 y 4 .

Los resultados del contenido de Fe encontrado en este estudio para los frijoles guisados son similares a los valores reportados en otros estudios locales: 5.8 mg/100g en base seca (Benítez, 1990), 4.9 mg/100g en base seca, (Grijalva, et al. 1992) y nacionales: 5.12 mg/100g en base seca (García-López y Wyatt, 1982), 5.2 mg/100g, porción comestible (Hernández et al. 1987). Por otro lado la variabilidad encontrada también ha sido reportada por Nabhan et al. (1985), quienes determinaron valores de 2.8 a 8.1 mg/100g en base seca para 7 variedades colectadas en diferentes localidades. También Koehler et al. (1987), encontraron valores de 4.47 a 8.27 mg/100g de Fe en base seca, en 13 frijoles (*P. vulgaris*, var. pinto) de diferentes cultivos.

Si se considera que el consumo diario de frijoles reportado para adultos Sonorenses mayores de 25 años de un nivel socioeconómico bajo, es de 329 g y que la dieta total, incluyendo todos los alimentos, tanto de origen vegetal como animal contiene 19 mg de Fe por día (Méndez, 1993), los frijoles aportarían 7.33 mg de Fe, es decir el 38.6% de la



Cuadro 7. Contenido de Minerales\* (Fe, Zn y Ca) en Frijol Guisado (*P. vulgaris* var. pinto) (mg/100 g, Base Seca)

Procedencia	Fe	Zn	Ca
1	5.11 ± 0.11 <sup>c</sup>	3.01 ± 0.01 <sup>ab</sup>	194.8 ± 3.3 <sup>a</sup>
2	5.03 ± 0.05 <sup>c</sup>	3.06 ± 0.02 <sup>ab</sup>	200.3 ± 4.2 <sup>a</sup>
3	7.50 ± 0.19 <sup>a</sup>	3.17 ± 0.21 <sup>a</sup>	159.5 ± 3.5 <sup>b</sup>
4	6.55 ± 0.20 <sup>b</sup>	2.87 ± 0.20 <sup>c</sup>	128.9 ± 4.5 <sup>c</sup>

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

dieta total. Lo cual reafirma lo indicado por Sgabier et al. (1979): los frijoles son una buena fuente de Fe en los países subdesarrollados. Por otra parte, es necesario considerar que el Fe de origen vegetal tiene baja disponibilidad, debido posiblemente a altas concentraciones de fitatos (Gillooly et al. 1983).

#### **Contenido de Zinc en Frijol Guisado**

Diversos estudios han mostrado que los fitatos de cereales y legumbres forman compuestos insolubles con Zn y Ca, de tal manera que reducen su biodisponibilidad (Erdman, 1981; Franz, 1980; Davies, 1985; Maga, 1982). En Sonora, se ha reportado que el frijol guisado es el alimento de mayor consumo, debido a esto se determinó el contenido de Zn en el frijol guisado. El Cuadro 7, muestra los resultados obtenidos, con una variación de 2.87 a 3.17 mg/100g en base seca y sin diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las procedencias 1, 2 y 3 .

Grijalva et al. (1992), obtuvieron un valor de 1.0 mg/100g de Zn en base seca, en frijol (*P. vulgaris*, var. pinto), guisado de una manera similar a los frijoles analizados en este estudio. Aunque el dato es menor que el obtenido en este estudio, se sabe que hay una gran variabilidad entre el contenido de Zn en frijoles de diferentes procedencias.

Así lo muestran otros estudios realizados con la misma variedad de frijol, con diferentes procedencias, quienes reportan sus datos en base seca: Koehler et al. (1987), encontraron entre 2.4 a 3.0 mg/100g y Nabhan et al. (1985), indicaron valores de 2.7 a 4.4 mg/100g. De acuerdo a el consumo de frijoles (P. vulgaris, var. pinto) guisados reportados por Méndez (1993), estos aportarían 3.52 mg de Zn diarios que representan el 18.05% de Zn total de la dieta.

#### **Contenido de Calcio en Frijol Guisado**

El Ca es el factor mas constante tanto in vivo como in vitro que incrementa la severidad del efecto negativo de los fitatos en la nutrición (Wise, 1986). Debido a esto se determinó el contenido de Ca en frijoles guisados (Cuadro 7), encontrándose en un rango de 128.9 a 200.3 mg/100g de Ca, base seca y no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), entre las procedencias 1 y 2, pero sí con las 3 y 4 ( $p < 0.05$ ). Estos resultados están en el rango de los obtenidos por Grijalva et al. (1992), para este platillo regionalmente preparado.

Existen variaciones en el contenido de Ca en frijoles, que pueden ser debidas a sus diversas procedencias. Así lo mostraron los valores de 126.8 a 329.5 mg/100g de Ca en base seca, obtenidos por Nabhan et al. (1985), en 7 muestras de frijol (P. vulgaris, var. pinto) crudo colectadas en diferentes lugares y por Koehler et al. (1987), quienes

encontraron valores de 127 a 173 mg/100g de Ca en base seca, en 13 muestras de frijol crudo de la misma variedad y de diferentes cultivos.

Una dieta de adultos sonorenses mayores de 25 años de un nivel socioeconómico bajo (Méndez, 1993), aporta 1105 mg de Ca/día, provenientes de frijol guisado, es decir el 19.76%.

#### **Contenido de Hierro en Tortilla de Maíz**

El contenido de Fe en la tortilla de maíz se indica en el Cuadro 8 y los resultados variaron de 3.09 a 5.50 mg/100g de Fe en base seca. Además se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre el Fe de las tortillas de diferentes formas de elaboración (maíz, maseca, maíz y maseca). Es posible que estas diferencias se debieron a las diferentes formas de elaboración, así como a las diferentes procedencias de maíz nixtamalizado.

Para tortillas de maíz, García-López y Wyatt (1982), reportaron valores de 2.66 mg/100g de Fe total en base seca, Grijalva, et al. (1992) reportan 6.3 mg/100g de Fe en base seca, mientras que Hernández et al. (1987), reportaron que la tortilla de maíz promedio tuvo 2.5 mg/100g de Fe por porción comestible.

Los resultados encontrados en este estudio, estuvieron en un rango similar a los de otros estudios efectuados con anterioridad. Si se considera que el consumo diario de un adulto sonorense de un nivel socioeconómico bajo es de 253 g

Cuadro 8. Contenido de Minerales\* (Fe, Zn y Ca) en Tortilla de Maíz (mg/100 g, Base Seca).

Elaboración	Fe	Zn	Ca
Maíz	5.50 ± 0.50 <sup>a</sup>	2.59 ± 0.50 <sup>a</sup>	183.5 ± 1.0 <sup>b</sup>
Maseca <sup>1</sup>	4.04 ± 0.10 <sup>b</sup>	2.06 ± 0.10 <sup>a</sup>	180.0 ± 2.0 <sup>b</sup>
Maíz y Maseca	3.09 ± 0.50 <sup>c</sup>	3.08 ± 0.50 <sup>a</sup>	201.1 ± 5.0 <sup>a</sup>
Maseca <sup>2</sup>	3.59 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.47 ± 0.10 <sup>a</sup>	106.9 ± 1.2 <sup>c</sup>

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media  $\pm$  Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

1,2 Diferentes procedencias

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

Cuadro 8. Contenido de Minerales\* (Fe, Zn y Ca) en Tortilla de Maíz (mg/100 g, Base Seca).

Elaboración	Fe	Zn	Ca
Maíz	5.50 ± 0.50 <sup>a</sup>	2.59 ± 0.50 <sup>a</sup>	183.5 ± 1.0 <sup>b</sup>
Maseca <sup>1</sup>	4.04 ± 0.10 <sup>b</sup>	2.06 ± 0.10 <sup>a</sup>	180.0 ± 2.0 <sup>b</sup>
Maíz y Maseca	3.09 ± 0.50 <sup>c</sup>	3.08 ± 0.50 <sup>a</sup>	201.1 ± 5.0 <sup>a</sup>
Maseca <sup>2</sup>	3.59 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.47 ± 0.10 <sup>a</sup>	106.9 ± 1.2 <sup>c</sup>

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media  $\pm$  Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

1,2 Diferentes procedencias

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

de tortilla de maíz (Méndez, 1993), estas proporcionan una ingesta de 4.93 mg de Fe diarios en la dieta.

#### **Contenido de Zinc en Tortilla de Maíz**

Los resultados del contenido de Zn en tortilla de maíz se indican en el Cuadro 8 y fueron de 2.06 a 3.08 mg/100g de Zn en base seca y no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre las diferentes formas de elaboración de las tortillas.

Grijalva et al. (1992), reportaron 1.5 mg/100g de Zn en base seca, en tortilla de maíz, estos valores son mas bajos que los reportados en este estudio. Firbas y Domínguez (1983) reportaron 4.0 mg/100g de Zn, en maíz entero y Ferguson et al. (1988) encontraron que 2 alimentos africanos basados en harina de maíz tuvieron concentraciones de 1.0 y 0.9 mg/100g de Zn en base seca. No es posible comparar estos resultados, debido a que son diferentes los métodos de preparación de los alimentos, así como el tipo de maíz utilizado.

Franz et al. (1980), reportaron 2.45, 2.54 y 2.54 mg/100g de Zn, base seca, en maíz crudo, cocido y cocido con un procedimiento similar a la nixtamalización, respectivamente. Estos resultados fueron similares a los encontrados en este estudio.

Méndez (1993), reportó que el consumo de tortilla de maíz de un adulto sonorense mayor de 25 años fué de 253 g/día, esta cantidad de tortilla de maíz aportó 2.98 mg de Zn, diarios lo

que equivale a un 15.28% del Zn total de la dieta. Sin embargo al igual que en el frijol guisado la biodisponibilidad del Zn en la tortilla de maíz pudiera estar afectada por los fitatos presentes en estos alimentos.

### **Contenido de Calcio en Tortilla de Maíz**

El Cuadro 8 muestra el contenido de Ca en la tortilla de maíz, observándose un rango de 106.9 a 201.1 mg/100g de Ca en base seca y se notaron diferencias ( $p < 0.01$ ) entre las diferentes formas de elaboración de las tortillas. Estas diferencias pudieron ser debido a que el proceso de nixtamalización que se utiliza para la elaboración de dichas tortillas, no está controlado.

Grijalva et al. (1992), reportaron que la tortilla de maíz contenía 175 mg/100g de Ca en base seca. Este valor se encuentra en el rango reportado en este estudio. Hernández et al. (1987) obtuvieron que la tortilla de maíz promedio tenía 108 mg/100g de Ca por porción comestible y Hermann et al. (1979), indicaron valores de 8 y 23 mg/100g de Ca, por parte comestible en el maíz normal y en el maíz-opaco-2.

Las diferencias encontradas en el contenido de Ca, entre el maíz y las tortillas de maíz, se deben a que durante el proceso de nixtamalización en la elaboración de la tortilla de maíz, se adiciona una cierta cantidad de "cal", que es un compuesto de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), por lo que el contenido de Ca en la tortilla de maíz está relacionado con el



tipo de maíz utilizado y la cantidad de carbonato de calcio adicionado.

Los resultados encontrados en este estudio, son muy importantes porque la tortilla de maíz es otro de los alimentos de mayor consumo en Sonora, de tal forma que aporta 214.2 mg de Ca en la dieta de adultos Sonorenses mayores de 25 años de un nivel socioeconómico bajo, es decir el 19.38% de Ca total.

#### **Contenido de Hierro en Tortilla de Harina Trigo**

El Cuadro 9 muestra el contenido de Fe en tortillas de trigo de diferentes marcas comerciales (A,B,C y D), las marcas A, B y C presentaron rangos de 2.06 a 2.09 mg/100g de Fe en base seca y no se observaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre ellas. La marca D tiene un valor de 5.84 mg/100g de Fe en base seca y es estadísticamente diferente a las otras ( $p<0.05$ ), debido a que la marca comercial indicaba que estaba fortificada, pero no especificaba la manera de como se efectuó dicha fortificación.

Hernández et al. (1987), reportaron 2.2 mg/100g de Fe, por porción comestible en una mezcla de tortilla de maíz y trigo, Hermann et al. (1979), indicaron valores de 1.4 a 3.2 mg/100g de Fe, por porción comestible en 3 diferentes tipos de harinas de trigo y Grijalva et al. (1992), reportaron 7 mg/100g de Fe en base seca, en tortilla de harina comercial.

Cuadro 9. Contenido de Minerales\* (Fe, Zn y Ca) en Tortilla de Harina de Trigo (mg/100 g, Base Seca).

Marca Comercial	Fe	Zn	Ca
A	2.09 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	2.06 $\pm$ 0.07 <sup>a</sup>	52.3 $\pm$ 3.0 <sup>a</sup>
B	2.08 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	1.50 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup>	43.6 $\pm$ 5.0 <sup>b</sup>
C	2.06 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	1.10 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	36.6 $\pm$ 0.45 <sup>c</sup>
D	5.84 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	0.93 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	22.9 $\pm$ 1.1 <sup>d</sup>

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media  $\pm$  Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

Es difícil comparar estos resultados con los mencionados con anterioridad debido a que dos de los estudios los reportan en porción comestible, por lo que se debe considerar que puede haber variación en el contenido de humedad. Otro de los aspectos que se debe considerar es que no existe un control en los tipos de harina de trigo que se utilizan .

La tortilla de harina de trigo es el tercer alimento de importancia en el consumo de la dieta Sonorense (Valencia et al., 1992). Su consumo diario para adultos mayores de 25 años de un nivel socioeconómico bajo, fué de 105 g (Méndez, 1993) y proporcionarían una ingesta de 1.53 mg de Fe por día.

#### **Contenido de Cinc en Tortilla de Harina de Trigo**

El contenido de Zn en la tortilla harina de trigo se indica en el Cuadro 9 y fue de 0.93 a 2.06 mg/100g en base seca y no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre las marcas A y B, ni tampoco entre las B, C y D. La diferencia que se tiene con la marca A, puede ser, debido a los diferentes procesos de preparación y a la diferente harina de trigo utilizada.

Grijalva, et al. (1992), reportaron valores de 1.4, 1.1 y 1.4 mg/100g de Zn en base seca, para tortilla de harina de agua, tortilla de harina de manteca y tortilla de harina comercial, siendo esta última tortilla la que es similar a la de este estudio y su valor se encuentra en el rango establecido.

Oberleas y Harland (1981), reportaron 0.7 y 2.4 mg/100g de Zn por porción comestible, en harina de trigo refinada y en harina sin refinar. Franz et al. (1980), encontraron que la harina de trigo tuvo 2.46 mg/100g de Zn en base seca y Francois (1988), indicó valores de 0.82, 0.77 y 0.83 mg/100g de Zn en base seca, para 3 tipos de harina y valores de 2.74 y 2.97 mg/100g de Zn en base seca en harina de trigo sin refinar. Estos valores mostraron que los proceso de refinación en el trigo disminuyen su contenido de Zn.

Según lo reportado por Méndez (1993), la tortilla de harina de trigo de un adulto sonoreense mayor de 25 años de un nivel socioeconómico bajo fué de 105g/día. Por lo que considerando este valor, la tortilla de trigo aportaría 1.13 mg/día de Zn que corresponden al 5.79 % del Zn total de la dieta. Por lo tanto, tomando en cuenta el frijol guisado, la tortilla de maíz y la tortilla de harina de trigo, se observó que dichos alimentos proporcionan el 39% del total de Zn en la dieta.

#### **Contenido de Calcio en Tortilla de Harina de Trigo**

El Cuadro 9, también muestra el contenido de Ca de la tortilla de trigo y se encontraron en un rango de 22.9 a 52.3 mg/100g de Ca en base seca, además de que las cuatro marcas comerciales fueron significativamente distintas ( $p < 0.05$ ). Estas diferencias fueron debidas a los diversos procesos de

elaboración en las marcas comerciales, así como también a el tipo de harina de trigo utilizado.

Grijalva et al. (1992), encontraron valores de 45, 150 y 63 mg/100g de Ca en base seca, en tortilla de harina de agua, comercial y de manteca, respectivamente. Estos valores fueron superiores a los reportados en este estudio debido probablemente a que el muestreo se realizó de forma diferente y a que no existe un control en el proceso de elaboración de las mismas.

Hernández et al. (1987), indicaron que el trigo y la harina de trigo para pan tuvieron 58 y 44 mg/100g de Ca, por porción comestible. Hermann et al. (1979), establecieron que el trigo tuvo 43 mg/100g de Ca, por parte comestible. Estos resultados no se pueden comparar con los obtenidos en este estudio, porque como ya se mencionó, la variación en el contenido de humedad de las muestras puede conducir a comparaciones erróneas.

La tortilla de harina de trigo es otro de los alimentos que se consumen con mayor frecuencia en Sonora, por lo que es importante considerar la proporción de Ca que da a la dieta. De acuerdo a los datos reportados por Méndez (1993), las tortillas de trigo proporcionarían una ingesta de 34.6 mg de Ca/día, esto es un 3.13% del Ca total de la dieta.

Es necesario considerar que el aporte de Ca a partir de frijol guisado (19.76%), de la tortilla de maíz (19.38%) y de la tortilla de trigo (3.13%), corresponden al 42.27% del total

de Ca contenido en la dieta que consumen adultos Sonorenses mayores de 25 años de un nivel socioeconómico bajo (Méndez, 1993), y que afectara a los posibles complejos insolubles que se puedan formar con los fitatos.

**Fitatos en las Fracciones Solubles, Insolubles y**  
**Totales de los Alimentos**

La solubilidad es un prerrequisito para la biodisponibilidad de minerales, por lo que es importante considerar la habilidad que tienen los minerales para formar complejos insolubles con los fitatos (Van Campen, 1983).

**Contenido de Fitatos en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total del Frijol Guisado**

El Cuadro 10 muestra que el frijol guisado tuvo 170 mg/100g de fitatos en base seca, en la fracción soluble y 529 mg/100g en base seca se encontraron en la fracción insoluble. El total de fitatos fué de 602 mg/100g en base seca, por lo que 2.82% corresponden a la fracción soluble y 87.87% a la insoluble (Fig. 3).

No se han realizado estudios con los que se pueda comparar el contenido de fitatos en la fracción soluble e insoluble de los frijoles guisados. Sin embargo, se sabe que la fracción insoluble de los frijoles (tanto crudos como cocidos), contiene mayor porcentaje de fibra dietaria, que la fracción soluble (Hughes y Swanson, 1989). Como los fitatos

Cuadro 10. Contenido de Fitatos en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).

Alimento	Soluble*	Insoluble*	Total*
Frijol guisado	170 ± 9	529 ± 51	602 ± 7
Tortilla de maíz	119 ± 9	279 ± 48	410 ± 44
Tortilla de harina de trigo	68 ± 27	99 ± 17	143 ± 6

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media  $\pm$  Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

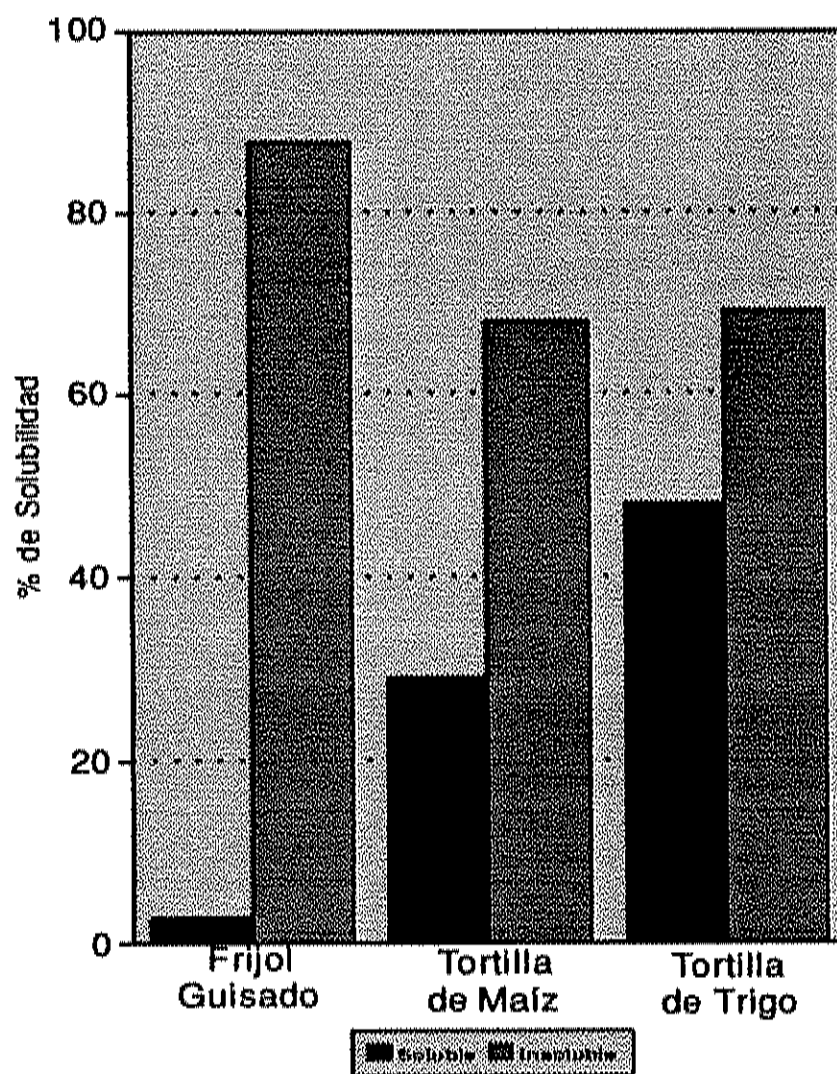


Fig.3 Porcentaje de Solubilidad de Fitatos en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.



son compuestos que están asociados con la fibra dietaria (Wise, 1983. Harland, 1989), puede ser posible establecer una comparación y es posible que el alto porcentaje de fitatos encontrado en la fracción insoluble del frijol guisado, enlace a minerales, haciéndolos indisponibles para la absorción intestinal.

#### **Contenido de Fitatos en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de la Tortilla de Maíz**

El Cuadro 10, muestra el contenido de fitatos en sus fracciones soluble, insoluble y total con valores de 119, 279 y 410 mg/100g de fitatos, base seca. Esto indica que 29.02% corresponde a la fracción soluble y 68.04 % a la insoluble (Fig. 3).

Como en lo anterior no existen datos para comparar la solubilidad de los fitatos en la tortilla de maíz, sin embargo, al igual que en los frijoles, la mayor concentración está en la fracción insoluble, por lo que es posible que los fitatos se pueden encontrar formando complejos con minerales como Fe, Zn y Ca.

#### **Contenido de Fitatos en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de la Tortilla de Harina de Trigo**

El contenido de fitatos en las fracciones soluble, insoluble y total se muestran en el Cuadro 10 y los valores son de 68, 99 y 143 mg/100g de fitatos en base seca y

corresponden a 47.9% en la fracción soluble y 69.2% en la insoluble (Fig. 3).

A la fecha no existen reportes que muestren datos sobre el contenido de fitatos en la fracción soluble e insoluble de la tortilla de harina de trigo, por lo que es difícil establecer comparaciones. Platt y Clydesdale (1987), reportaron que el 62.4 % de ácido fítico de la cáscara de trigo, es soluble a pH 2.

De los 3 alimentos que se consumen con mayor frecuencia en Sonora, la tortilla de harina de trigo es la que tiene un mayor porcentaje de fitatos en la fracción soluble. Esto puede implicar que minerales que puedan formar complejos insolubles, como Fe, Zn y Ca puedan estar enlazados en menor cantidad con los fitatos, ya que de acuerdo a Cheryan (1980), los fitatos solubles enlazan preferentemente a sodio (Na) y potasio (K), en lugar de otros minerales.

Otro de los aspectos que también se debe considerar es la posible acción de la enzima fitasa que se encuentra en el trigo y que pudiera activarse durante el amasamiento y preparación de las tortillas, aumentando de esta forma la solubilidad de los fitatos (Nayini y Makakis, 1986).

**Contenido de Minerales las Fracciones Soluble, Insoluble**  
**de los Alimentos**

Diversos estudios, han mostrado que los minerales de los alimentos de origen vegetal, pueden estar enlazados a fibra y/o fitatos formando compuestos insolubles, lo cual los hace indisponibles para la absorción intestinal, de tal manera que la solubilidad es una forma de evaluar in vitro la biodisponibilidad de los minerales (Subba y Narasinga, 1984; Champagne et al., 1985a; Champagne et al., 1985b; Platt y Clydesdale, 1984; García-López y Waytt, 1982; García-López y Lee, 1985).

**Contenido de Hierro en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora**

El Cuadro 11, muestra el contenido de Fe en la fracción soluble, insoluble y total del frijol guisado, en las que se encontraron valores de 0.74, 5.26 y 6.89 mg/100g de Fe en base seca, estos valores corresponden a 12.33% del total de Fe en la fracción soluble y 87.66% del total de Fe en la fracción insoluble (Fig. 4).

Los valores del Fe en las fracciones soluble, insoluble y total de la tortilla de maíz se indican en el cuadro 11, observándose que son de 1.08, 2.60 y 3.65 mg/100g de Fe en base seca, los cuales corresponden a 29.58% y 73.69% del total de Fe en la fracción soluble e insoluble respectivamente (Fig. 4).

Cuadro 11. Contenido de Fe en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).

Alimento	Soluble*	Insoluble*	Total*
Frijol guisado	0.74 ± 0.21	5.26 ± 0.5	6.89 ± 0.47
Tortilla de maíz	1.08 ± 0.16	2.69 ± 0.19	3.65 ± 0.12
Tortilla de harina de trigo	0.31 ± 0.01	1.25 ± 0.04	1.75 ± 0.21

\* X ± DS Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

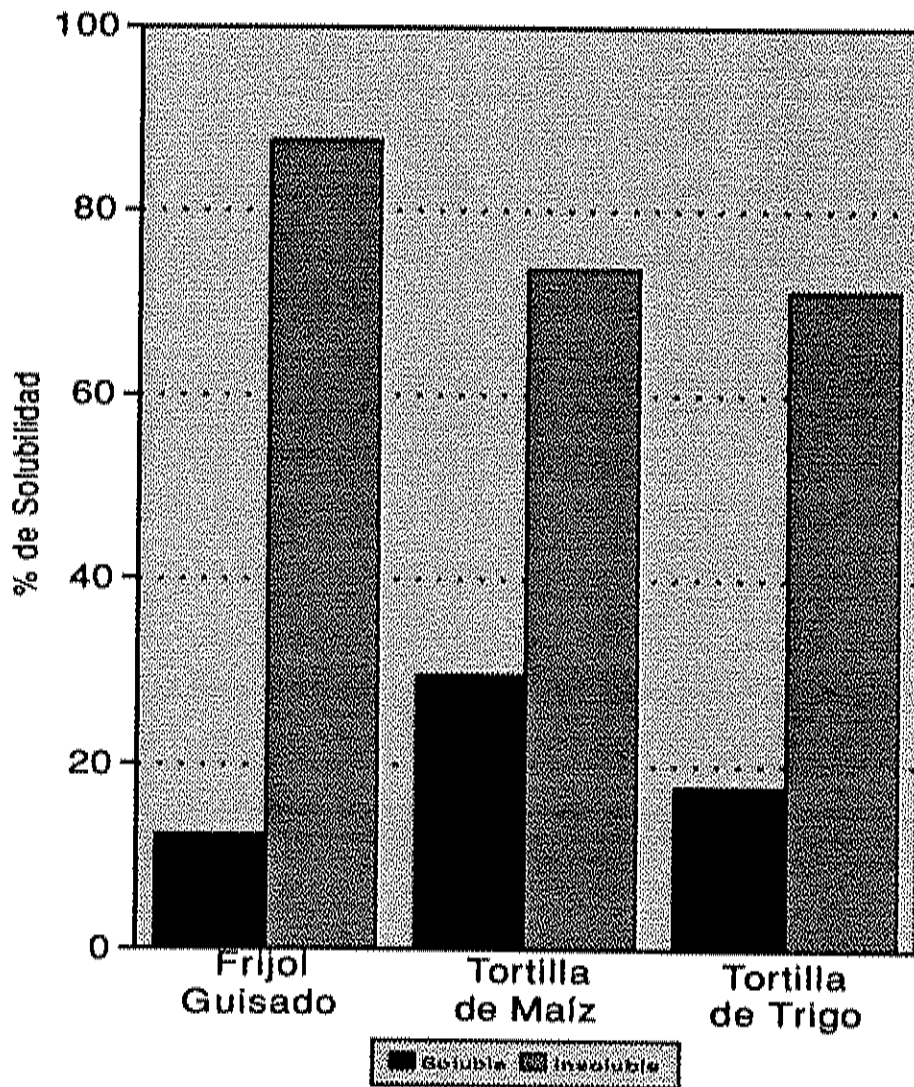


Fig.4 Porcentaje de Solubilidad de Hierro en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.

En la tortilla de harina de trigo se obtuvieron valores de 0.31, 1.25 y 1.75 mg/100g de Fe en base seca, en la fracción soluble, insoluble y total. Estos corresponden al 17.71% del total de Fe en la fracción soluble y al 71.42 % del Fe total analizado en la fracción insoluble (Fig. 4).

Los resultados de este estudio muestran que la concentración mas alta de Fe en los alimentos de mayor consumo en Sonora se encontró en la fracción insoluble y que menos del 30% de Fe de esos alimentos, pudieran estar disponibles para su absorción.

Benítez, (1990) estableció que de los 5.83 mg/100g de Fe en base seca, que contienen frijoles cocidos (Phaseolus vulgaris, var. pinto), 0.36 mg/100g de Fe en base húmeda, corresponden al Fe soluble, considerando un 60% de humedad en el frijol cocido, la fracción soluble contuvo 13.97 % del Fe total. Este resultado es similar al obtenido en este trabajo.

García-López y Wyatt (1982), encontraron que los frijoles cocidos (Phaseolus vulgaris, var. pinto), contienen 39 % de Fe soluble y que en las tortillas de maíz el 79% de Fe fué soluble. Estos resultados son mas altos que los encontrados en este estudio, sin embargo, en ambos estudios es mayor el porcentaje de Fe soluble en la tortilla de maíz. Subba y Narasinga (1984), reportaron que la harina de trigo tiene 6.7% de Fe soluble, este valor es mas bajo al reportado en este estudio, sin embargo, aunque el proceso para la determinación de la solubilidad es el mismo, las muestras son diferentes.

Reinhold et al. (1975), en un estudio in vitro determinaron la capacidad de adsorción que tiene el trigo integral, midiendo la solubilidad del  $Fe^{99}$ , observando que el trigo integral defitinizado tiene una mayor capacidad de enlazar Fe, por lo que concluyeron que la formación de compuestos insolubles de Fe, depende de otros factores como la fibra.

Sin embargo, el mismo autor y sus colaboradores (1981), mostraron que el Fe enlazado a la fibra de trigo y de maíz, depende principalmente de la concentración de Fe, pH, cantidad de fibra y la presencia o ausencia de inhibidores de enlace como los fitatos.

#### **Contenido de Zinc en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora**

El contenido de Zn en la fracción soluble e insoluble y total de frijol guisado se indica en el Cuadro 12 y son de 0.86, 2.28 y 2.98 mg/100g de Zn en base seca. Los cuales corresponden a 28.85 % del total de Zn en la fracción soluble y 76.51% de la insoluble

(Fig. 5).

Los valores de Zn en las fracciones soluble, insoluble y total de la tortilla de maíz, se indican en el Cuadro 12, observándose que fueron de 0.89, 2.07 y 2.23 mg/100g de Zn en base seca. Estos valores corresponden a 30.06% del total de Zn en la fracción soluble y 69.93% del total de Zn, en la fracción insoluble (Fig.5).

Cuadro 12. Contenido de Zn en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g, Base Seca).

Alimento	Soluble*	Insoluble*	Total*
Frijol guisado	0.86 ± 0.05	2.28 ± 0.51	2.98 ± 0.04
Tortilla de maíz	0.89 ± 0.04	2.07 ± 0.01	2.23 ± 0.02
Tortilla de harina de trigo	0.10 ± 0.06	1.04 ± 0.01	1.41 ± 0.01

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media  $\pm$  Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.



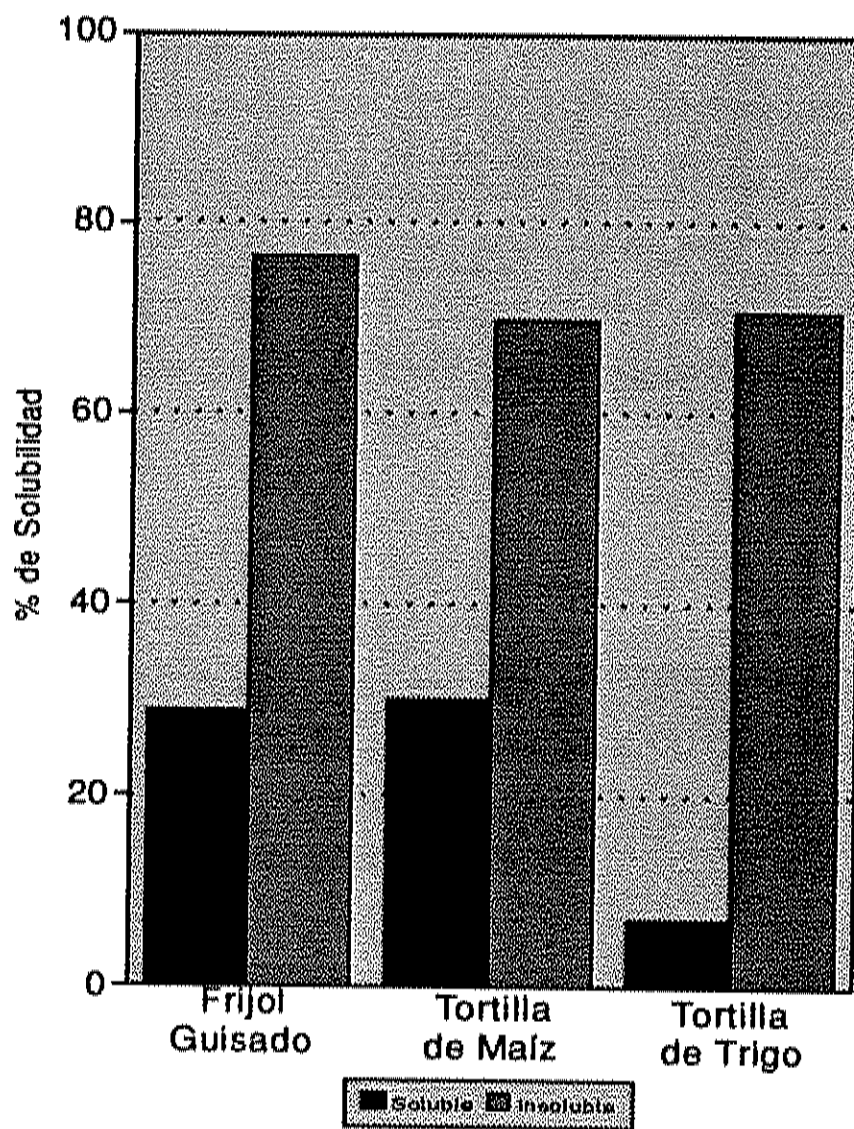


Fig.5 Porcentaje de Solubilidad de Cinc en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.

En la tortilla de trigo se obtuvieron valores de 0.10, 1.04 y 1.41 mg/100g de Zn en base seca, en el total, la fracción soluble y la insoluble, respectivamente. Estos valores corresponden al 7.09% del total de Zn en la fracción soluble y 70.92% en la insoluble (Fig. 5).

Los resultados encontrados en este estudio, son muy importantes porque no existen datos con los que se pueda comparar la solubilidad o insolubilidad del Zn en estos alimentos, de tal manera que se observó que las fracciones solubles en los alimentos son mas bajas respecto a las insolubles, lo cual puede indicar que es posible que los fitatos puedan estar formando compuestos insolubles con estos alimentos.

Udayasekhara y Deostale (1988), estudiaron una planta de la India (ragi) Eleusine coracana, en variedades blanca y café, encontrando 40% y 39% de Zn soluble en base seca, en cada una. Este resultado es similar al encontrado en el frijol guisado y la tortilla de maíz, sin embargo no se puede establecer una comparación porque aunque se usó un procedimiento similar al de este estudio las muestras son diferentes.

También los mismos autores, encontraron que en los cambios que se efectuaron durante la germinación de estas plantas, existieron altas correlaciones inversas, entre el contenido de Zn soluble y la cantidad de fitatos en las plantas. en la variedad blanca y café.

**Contenido de Calcio en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora**

En el Cuadro 13 se indica el contenido de Ca en las fracciones soluble, insoluble y total del frijol guisado, en las que se encontraron 114, 59 y 186 mg/100g de Ca en base seca, estos valores corresponden a 61.29 % de Ca total en la fracción soluble y 31.72% de Ca en la fracción insoluble (Fig. 6).

Los valores de Ca en las fracciones soluble, insoluble y total de la tortilla de maíz se indica en el Cuadro 13, observándose que fueron de 106, 56 y 158 mg/100g de Ca en base seca. Estos resultados corresponden a 67.08% del total de Ca en la fracción soluble y 35.44% del total de Ca en la fracción insoluble (Fig. 6).

En la tortilla de trigo se encontraron valores de 36, 6 y 43 mg/100g de Ca en base seca, en las fracciones soluble, insoluble y total, respectivamente (Cuadro 13). Estos datos corresponden al 83.72 % del total de Ca en la fracción soluble de la tortilla de trigo y 13.95% en la fracción insoluble (Fig. 6).

Estos resultados son importantes, ya que la mayoría del Ca se encuentra en la fracción soluble de los alimentos, por el contrario los fitatos, el Fe y el Zn se encuentran en la fracción insoluble. A la fecha tampoco existen datos con los que se pueda comparar la solubilidad de Ca en estos alimentos. Sin embargo, Subba y Narasinga (1984), encontraron que el 69% de Ca total en base seca, en arroz cocido es soluble. Este

Cuadro 13. Contenido de Ca en las Fracciones Solubles e Insolubles de los Alimentos (mg/100 g Base Seca).

Alimento	Soluble'	Insoluble'	Total'
Frijol guisado	114 ± 4	59 ± 1	186 ± 6
Tortilla de maíz	106 ± 1	56 ± 6	158 ± 1
Tortilla de harina de trigo	36 ± 4	6 ± 1	43 ± 2

$\bar{X} \pm DS$  Media  $\pm$  Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

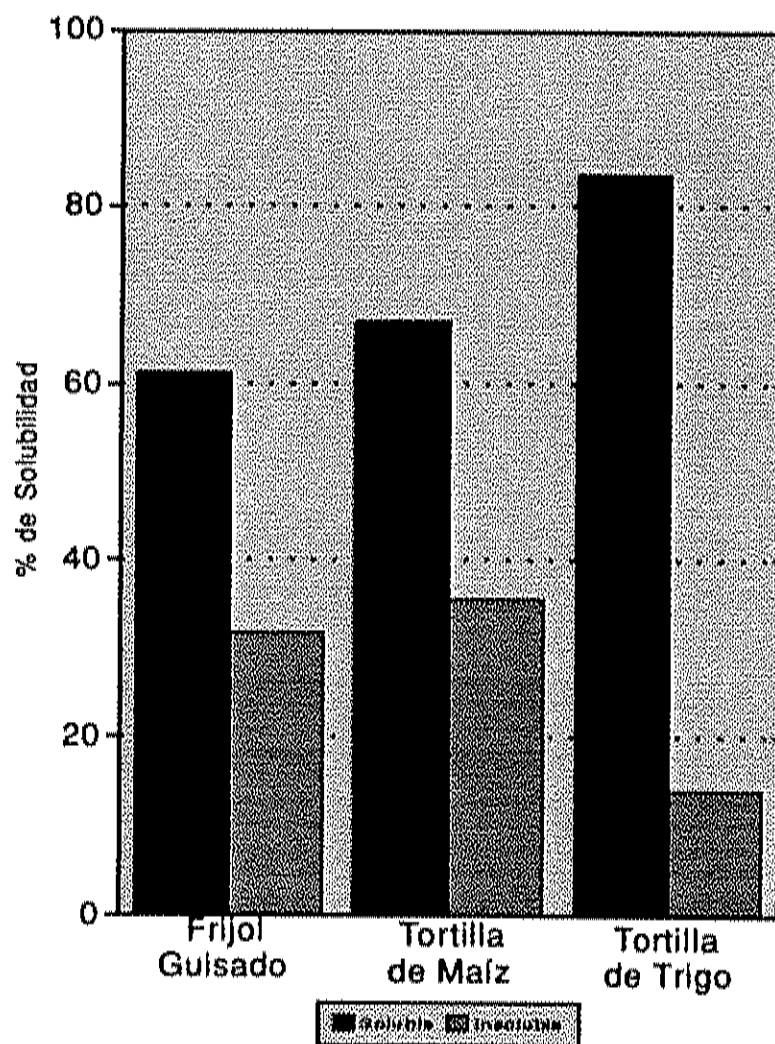


Fig.6 Porcentaje de Solubilidad de Calcio en las Fracciones Soluble e Insoluble de los Alimentos.

resultado es similar al porcentaje de las fracciones solubles del frijol guisado y de la tortilla de maíz encontrados en este trabajo.

Debido a los resultados encontrados en este estudio es necesario continuar estudiando la alta solubilidad de Ca que mostraron estos alimentos, porque aunque se ha mostrado que el ácido fítico tiene una gran afinidad hacia Ca y también existe información in vitro de la precipitación de minerales por Ca y fitatos. Además de los efectos gastrointestinales in vivo de los mismos, su enlace depende de diversos factores tales como pH, temperatura, fuerza iónica, tamaño y valencia del catión (Graf. 1983).

#### Relaciones Molares de Fitatos y Minerales de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora

Diversos autores indican que las relaciones molares fitato/cinc (Fit/Zn), calcio/fitato (Ca/Fit) y calcio x fitato/cinc ( $\frac{[Ca][Fit]}{[Zn]}$ ), son buenos predictores de la biodisponibilidad de Zn (Oberleas y Harland, 1981; Morris y Ellis, 1981).

### **Relación Molar Fitato/Cinc**

Oberleas y Harland (1981), indicaron que la ingesta de alimentos con relaciones molares Fit/Zn menores de 10, son adecuadas para la biodisponibilidad de Zn y que relaciones mayores de 15 pueden poner en peligro dicha biodisponibilidad.

Las relaciones molares Fit/Zn de los alimentos de mayor consumo en Sonora se indican en el Cuadro 14, observándose que las relaciones de los frijoles guisados de diferente procedencia son mayores de 15. También se encontró que la tortilla de maíz de diferente elaboración y la tortilla de trigo de la marca comercial D, tuvieron la relación molar alta. Por lo que según, estas relaciones solo las tortillas de trigo de las marcas comerciales A, B y C, tienen un valor menor de 15 y probablemente indican que se puede ver afectada la biodisponibilidad de Zn.

Franz et al. (1980), determinaron estas relaciones molares en maíz cocido, crudo y cocido con un procedimiento similar a la nixtamalización, encontrando que fueron de 30, 33 y 34 respectivamente y en frijoles lima cocidos y crudos con relaciones molares de 20 y 20 en cada uno y en frijoles blancos cocidos y crudos con 31 y 33. También cuantificaron la relativa biodisponibilidad de Zn, midiendo ganancia de peso y Zn total en el femur de ratas y observaron que la biodisponibilidad de Zn es menor cuando las ratas comieron alimentos con las relaciones molares Fit/Zn mas altas.

Cuadro 14. Relaciones Molares de Fitatos y Minerales de los Alimentos de Mayor Consumo en Sonora.

Alimento	Fuente	Fit/Zn <sup>1</sup>	Ca/Fit <sup>2</sup>	Ca/[Fit]/[Zn] <sup>3</sup>
Frijol guisado común ( <i>P. vulgaris</i> var. Pinto)	Procedencia			
	1	16.5	6.4	1.07
	2	20.0	5.3	1.00
	3	19.7	4.2	0.78
	4	25.3	2.9	0.82
Tortilla de maíz	Elaboración			
	maíz	18.5	6.2	0.85
	maseca	19.6	7.3	0.88
	maíz y maseca	15.4	6.9	0.77
Tortilla de harina de trigo	Marca Comercial			
	A	4.8	8.5	0.06
	B	7.7	6.1	0.08
	C	12.1	4.5	0.11
	D	15.1	2.7	0.08

<sup>1</sup> (mg Fit/PM Fit; mg Zn/PM Zn)

<sup>2</sup> (mg Ca/PM Ca; mg Fit/PM Fit)

<sup>3</sup> (mol/kg Ca) (mol/kg Fit) / (mol/kg Zn)



Forbes et al. (1984), mostraron que el depósito de Zn en el hueso de las ratas es el mejor criterio para indicar la biodisponibilidad de Zn, e indicaron que existe una alta correlación inversa entre los microgramos ( $\mu\text{g}$ ) de Zn determinados en la tibia de las ratas y la relación molar Fit/Zn.

### **Relación Molar Calcio/Fitado**

Wise (1983), sugirió que la solubilidad de los fitatos y la proporción de Zn enlazada al complejo mineral-fitato en el intestino, depende de los niveles de Ca e indicó que a relaciones molares de Ca/Fit, mas bajas de 6, la precipitación de Zn es incompleta.

Debido a esto, se determinó la relación Ca:Fit en los alimentos de mayor consumo en Sonora (Cuadro 14), observándose que solo el frijol guisado de la procedencia 1, rebasa esta relación. En cambio en la tortilla de maíz, solo la elaborada con Maseca de la procedencia 2 tuvo esta relación menor.

También se observó que la tortilla de harina de trigo tuvo valores que variaron según la marca comercial, siendo la marca comercial D la de menor relación molar Ca:Fit, con un valor de 2.7 y la marca comercial A con un valor de 8.5.

Tomando en cuenta el valor de 6, determinado en esta relación molar solo los frijoles guisados de las procedencias 2,3 y 4, además de la tortilla elaborada con Maseca de la procedencia 2 y las tortillas de harina de trigo de las marcas

comerciales C y D, pueden tener al Zn disponible para su absorción.

Ferguson et al. (1988), estudiaron 30 alimentos africanos preparados a base de cereales, legumbres y vegetales para determinar la relación molar Ca/Fit. Se encontró que los alimentos preparados a base de cereales tuvieron una relación molar menor de 1, mientras que los preparados a base de legumbres incluyendo frijoles, variaron entre 0.9 y 2. En los vegetales los valores fueron de 7 a 331. Estos datos no se pueden comparar con los obtenidos en este estudio porque las muestras son muy diferentes.

Usando solo esta relación molar, es muy difícil explicar la biodisponibilidad de Zn, ya que existe mucha variación en los datos por lo que Ferguson et al. (1989), recomendaron que esta relación molar debe complementarse con otras relaciones molares.

#### **Relación Molar $[Ca][Fit]/[Zn]$**

Ellis et al. (1987), mostraron que la relación molar Fit/Zn, es un buen predictor de la biodisponibilidad de Zn, sin embargo, se ha mostrado que el Ca acentúa el efecto de los fitatos al bajar la biodisponibilidad de Zn, por lo que la relación  $[Ca][Fit]/[Zn]$  es un mejor predictor y puede afectar la biodisponibilidad de Zn, cuando es mayor de 0.5.

Esta relación se determinó en los alimentos de mayor consumo en Sonora (Cuadro 14), encontrándose, que los frijoles guisados de 4 diferentes procedencias, tuvieron valores mayores de 0.5, así como también 3 de las 4 tortillas de maíz de diferente elaboración. En la tortilla de trigo, ninguna marca comercial tuvo esta relación molar menor de 0.5.

Ferguson et al. (1988), mostraron que la relación  $[Ca][Fit]/[Zn]$ , puede ser un mejor predictor e incrementar el riesgo de una deficiencia de Zn, solo cuando las relaciones molares Ca/Fit, tiendan a ser mayores de 6. Tomando en cuenta estos valores ( $[Ca][Fit]/[Zn]$  y Ca:Fit), es probable que el frijol guisado de la procedencia 1 y las tortillas de maíz de diferente elaboración, pueden tener el Zn menos disponible.

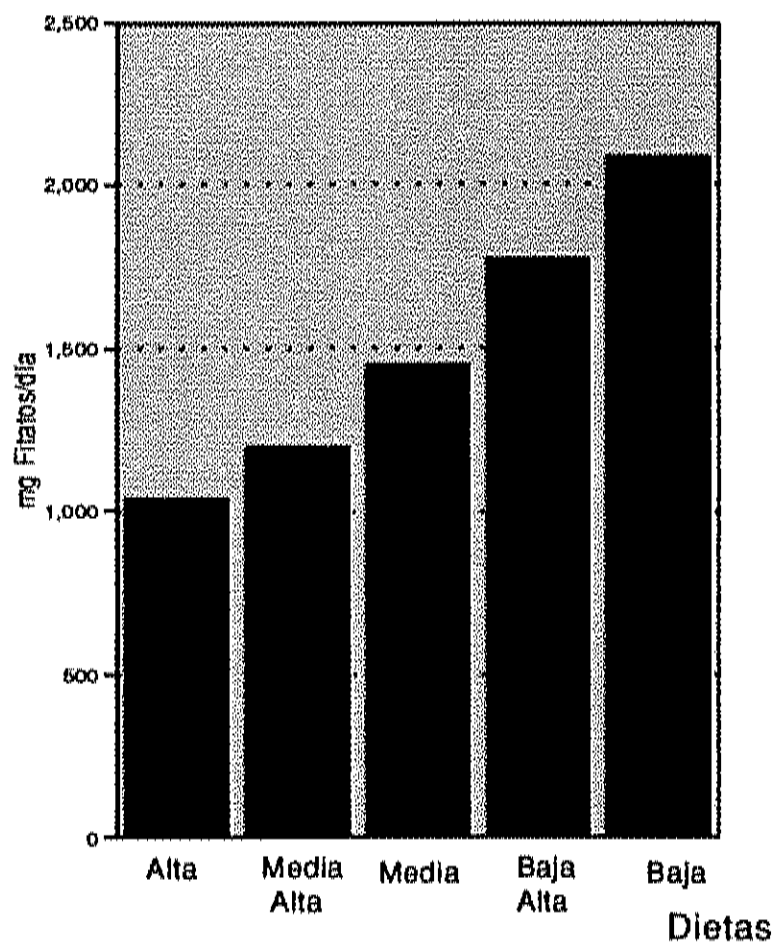
#### Contenido de Fitatos Totales en Dietas

Se determinó el contenido de fitatos totales en las dietas preparadas por Méndez (1993), que representan el consumo diario de alimentos de adultos mayores de 25 años de diferentes niveles socioeconómicos. Estas dietas mostraron que los frijoles guisados, las tortillas de maíz y las de trigo, están presentes en los 5 niveles socioeconómicos y que las cantidades consumidas aumentan según baja el nivel socioeconómico.

Los valores totales de los fitatos encontrados en las dietas, se muestran en la Fig. 7 y fueron de 1035, 1193, 1453, 1777 y 2088 mg de fitatos en base húmeda, consumidos diariamente en las dietas de los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio, bajo-alto y bajo, respectivamente. Estos resultados mostraron que la ingesta diaria de fitatos aumentó, según bajó el nivel socioeconómico y también coinciden con los de Méndez (1993), quién indicó que la fibra dietaria, del nivel socioeconómico bajo muestra un valor significativamente mayor ( $p < 0.05$ ), respecto al nivel alto.

Ellis et al. (1982), cuantificaron el contenido de fitatos en 3 dietas de hospital, las cuales tuvieron una ingesta de 378, 440 y 1114 mg de fitatos, e indicaron que la biodisponibilidad de Zn no fue afectada. Ellis et al. (1987), determinaron el contenido de fitatos en dietas de hombres americanos omnívoros y vegetarianos y también en hombres asiáticos vegetarianos, encontrando valores de 734, 1500 y 1150 mg de fitatos diarios.

Estos resultados son mas bajos que los encontrados en las dietas de Sonora, debido a que tienen cantidades bajas de cereales y leguminosas. Ferguson et al (1989), mostraron que las dietas de niños de Malawain, Africa que son a base de cereales y leguminosas tuvieron valores de 1857 a 2167 mg de fitatos diarios, indicando que un alto porcentaje de niños de esta población, tuvieron un alto riesgo de deficiencia de Zn, debido a la alta ingesta de fitatos y a la baja concentración



**Fig.7 Consumo Diario de Fitosos en las Dietas Sonorenses de Diferentes Niveles Socioeconómicos.**

de Zn hallada en el pelo de los niños, así como también, la baja talla para la edad.

Aunque estos resultados son similares a los de las dietas de los niveles socioeconómicos bajos de este estudio, no existen reportes en la literatura de alguna manifestación de deficiencia de Zn, en el Estado de Sonora, debido probablemente, a el consumo de otros alimentos como la carne.

#### **Contenido de Fitatos en las Fracciones Soluble, Insoluble y Total de Dietas**

El contenido de fitatos de las fracciones solubles e insolubles y total de las dietas representativas de diferentes niveles socioeconómicos se muestra en el Cuadro 15. En él se puede observar que en la dieta del nivel socioeconómico alto los valores fueron: 134, 225 y 314 mg/100g, base seca, para los fitatos de la fracción soluble, insoluble y total, respectivamente. De tal manera que los fitatos de las fracciones soluble e insoluble corresponden al 42.67% y al 71.65% del total de fitatos en dicha dieta (Fig. 8).

En la dieta media-alta, se encontraron valores de 101, 93 y 233 mg/100 g de fitatos, base seca, en la fracción soluble, insoluble y total respectivamente. De éstas el 43.34% del total de fitatos corresponde a la fracción soluble y 40.01% a la insoluble. La dieta media tuvo valores de 100, 122 y 229 mg/100g de fitatos, base seca, en la fracción soluble, insoluble y total y en las que 43.66% del total de fitatos

Cuadro 15. Contenido de Fitatos en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses Representativas de Diferentes Niveles Socioeconómicos (mg/100 g, Base Seca).

Dieta	Soluble <sup>a</sup>	Insoluble <sup>a</sup>	Total <sup>a</sup>
Alta	134 ± 12 <sup>c</sup>	225 ± 59 <sup>a</sup>	314 ± 30 <sup>b</sup>
Media alta	101 ± 29 <sup>b</sup>	93 ± 7 <sup>c</sup>	233 ± 17 <sup>c</sup>
Media	100 ± 28 <sup>b</sup>	122 ± 27 <sup>bc</sup>	229 ± 3 <sup>c</sup>
Baja alta	80 ± 7 <sup>a</sup>	209 ± 67 <sup>ab</sup>	301 ± 24 <sup>a</sup>
Baja	117 ± 7 <sup>b</sup>	238 ± 18 <sup>a</sup>	357 ± 1 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> X ± DS Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

Los valores con diferente superíndice son significativamente distintos (p < 0.05)

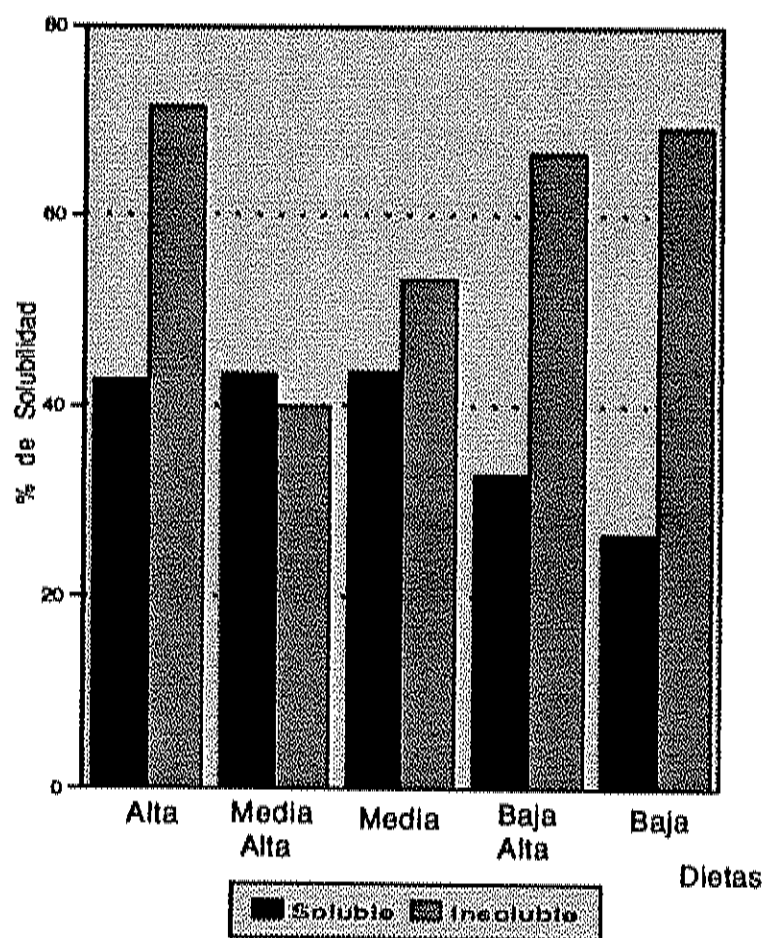


Fig.8 Porcentaje de Solubilidad de Fitatos en las Fracciones Soluble e Insoluble de las Dietas.



corresponde a la fracción soluble y 53.27% a la insoluble (Fig.8).

También el Cuadro 15, muestra los contenidos de fitatos de las fracciones solubles, insolubles y total de la dieta baja, los cuales fueron de 117, 238 y 357 mg/100g de fitatos, base seca y que corresponden a 32.77% y 66.66% del total de fitatos en la fracción soluble e insoluble (Fig.8).

Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre los fitatos totales de la dieta alta y las demás dietas, pero no se encontraron entre la dieta media-alta y la media, ni entre la dieta baja-alta y baja. Al comparar las dietas de los niveles medio-alto y medio con las de los niveles bajo-alto y bajo se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

En las fracciones solubles de las dietas se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la dieta alta, media-alta y media. En la fracción insoluble se notaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la dieta alta, media-alta y media. Estas diferencias probablemente fueron debidas a la cantidad de fitatos en cada una de las dietas y también a que durante la separación de las fracciones puede haber pérdida de muestra.

Es necesario indicar que las dietas se agruparon de acuerdo a los niveles socioeconómicos alto, medio y bajo, pero como en las encuestas de donde se obtuvieron los datos había muchos alimentos, en los niveles socioeconómicos medio y bajo,

se procedió a dividir estos niveles socioeconómicos en dos (Méndez, 1993).

No existen datos con los que se pueda comparar la solubilidad y/o insolubilidad de los fitatos en otro tipo de dietas. Se observó que la solubilidad de los fitatos es mayor en la dieta alta, media-alta y media (42.67%, 43.34% y 43.66%, respectivamente) y menor en las dietas de los niveles bajo-alto y bajo.

Cabe aclarar que en algunos casos la suma del porcentaje de fitatos en las fracciones soluble e insoluble no alcanza o excede el 100% debido probablemente, a que no se tuvo una buena separación de dichas fracciones durante su análisis químico.

Por otra parte, a pesar de que las cinco dietas contenían elevadas cantidades de frijoles, tortillas de maíz y tortillas de harina de trigo y que además la mayoría de los fitatos de estos alimentos se encontraron en la fracción insoluble, se observó durante el análisis de la dieta total que los fitatos tuvieron alta solubilidad (entre 25 y 50%).

Uno de los factores que influyen en la solubilidad de los fitatos es el grado de acidez o pH del medio (Cheryan, 1980), por lo que es probable que dicha condición se haya cumplido en las cinco dietas gracias a la presencia de refresco de cola y otros alimentos ácidos, ayudando de esta manera a solubilizar los fitatos.

Contenido de Minerales en las Fracciones Solubles,  
Insolubles y Totales de las Dietas

Se determinó el contenido de Fe, Zn y Ca en las fracciones soluble, insoluble y total de las dietas sonorenses de diferentes niveles socioeconómicos. Debido a que uno de los objetivos de este estudio fué determinar la el efecto de los fitatos en la solubilidad de los minerales y de esta forma evaluar su capacidad para enlazar minerales, se trató de utilizar las fracciones solubles e insolubles de los fitatos para evaluar directamente en ellas el contenido de Fe, Zn y Ca.

Sin embargo esto no fué posible debido a que durante la determinación de fitatos, la muestra se calcina y no es posible recuperar una porción de la misma ya que la cantidad total de la muestra se utiliza para la cuantificación de fitatos. Utilizar otra muestra para evaluar la capacidad de enlazar minerales de esos fitatos podría llevar a errores durante su determinación. Debido a esto se procedió a determinar el contenido de Fe, Zn y Ca en las fracciones solubles e insolubles de las dietas y de esta forma obtener una información confiable acerca del efecto que los fitatos tienen en la solubilidad de dichos minerales.

**Contenido de Fe en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de las Dietas.**

No todo el Fe que se ingiere se encuentra disponible para la absorción, ya que el hierro de origen vegetal (no hemínico) es menos disponible (Layrisse et al. 1969). Narasinga y Prabhavathi (1978), encontraron que una forma de evaluar la biodisponibilidad del Fe no hémico era cuantificando el hierro soluble in vitro .

Se determinó el contenido de Fe soluble en las dietas (Cuadro 16), encontrando que los valores fueron de 1.07, 0.048, 0.043 y 0.054 mg/100g de Fe en base seca. También se observó que la dieta alta fue significativamente ( $p < 0.05$ ) diferente a las demás. Estos valores corresponden a 20.07%, 1.07%, 0.84%, 1.42% y 1.79% del Fe total de las dietas en los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio bajo-alto y bajo.

Méndez (1993), indicó que la alta solubilidad de Fe determinada en la dieta del nivel socioeconómico alto se debe a que tuvo una mayor cantidad de carne y de ácido ascórbico. Jansuittivechakul et al. (1985), determinaron con un método in vitro el hierro soluble en dietas elaboradas con carne cocida en agua, en autoclave y horneada, encontrando valores de 14.96, 24.3, y 13.4%. Uno de estos resultados es similar al de este estudio.

El Cuadro 16 también muestra el contenido de Fe en cinco dietas sonorenses de diferentes niveles socioeconómicos, con valores de 5.33, 5.66, 3.01, 3.01 y 3.33 mg/100g de Fe total,

Cuadro 16. Contenido de Fe en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses (mg/100 g, Base Seca).

Dieta	Soluble	Insoluble	Total <sup>2</sup>
Alta	1.07 ± 0.09 <sup>a</sup>	2.89 ± 0.52 <sup>a</sup>	5.33 ± 0.57 <sup>a</sup>
Media alta	0.048 ± 0.008 <sup>b</sup>	3.88 ± 0.64 <sup>a</sup>	5.66 ± 0.57 <sup>a</sup>
Baja	0.043 ± 0.018 <sup>b</sup>	2.86 ± 0.11 <sup>a</sup>	3.01 ± 0.01 <sup>b</sup>
Baja alta	0.054 ± 0.020 <sup>b</sup>	3.03 ± 0.20 <sup>a</sup>	3.01 ± 0.01 <sup>b</sup>
Baja	< LD	3.25 ± 0.16 <sup>a</sup>	3.33 ± 0.57 <sup>b</sup>

< LD Menor del límite de detección

<sup>1</sup>  $\bar{X} \pm DS$  Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

base seca, para las dietas de los niveles alto, medio-alto, medio, bajo y bajo-alto, respectivamente, con diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las dietas de los niveles alto y medio-alto respecto a los demás niveles.

El consumo diario de Fe corresponde a 29.7, 29.4, 19.4, 17.81 y 19.68 mg en cada nivel socioeconómico de tal manera que en las cinco dietas se superaron las recomendaciones establecidas por la RDA (NAS, 1989) para adultos mayores de 25 años (10 y 15 mg/día hombres y mujeres respectivamente).

Méndez (1993), cuantificó el contenido de Fe de estas dietas encontrando valores similares a los del presente estudio y mencionó que el alto contenido de Fe en las dietas se debe a la presencia de carne y frijoles. Por otra parte aunque las tortillas de maíz y de harina de trigo tienen un bajo contenido de Fe, pueden ser importantes aportadores de dicho mineral debido a su elevado consumo.

Valencia et al. (1992), reportaron un consumo promedio de Fe en Sonora de 14, 15 y 14 mg/día, en diferentes niveles socioeconómicos, por lo que a pesar de ser mas bajos a los encontrados en el presente estudio, se observa que ambos cumplen con los requerimientos de la RDA (NAS, 1989).

Wisker et al (1991), determinaron que obtuvieron balances positivos de Fe con mujeres jóvenes que ingirieron dietas altas en proteína (73.8 g/día), altas en fibra (38.6 g/día), bajas en fitatos (334mg/día) y bajas en Fe (10.4 mg/día). Comparando estos valores con los determinados por Méndez

(1993) en las dietas del presente estudio se observa que las cantidades de proteína son mayores (104 a 129 g/día), las de fibra también (37 a 49 g/día), las de fitatos son aún mas elevadas (1034 a 2088 mg/día), así como las de Fe (17.8 a 29.4 mg/día).

Considerando los valores anteriores, no es posible indicar que también en las dietas de este estudio puede haber un balance positivo de Fe, debido a que los valores de fitatos son muy diferentes. La baja solubilidad de Fe encontrada en las dietas de los niveles socioeconómicos medio-alto, medio, bajo-alto y bajo, puede ser debido a la alta ingesta de frijoles, tortilla de maíz y tortilla de harina de trigo.

También es posible que la baja solubilidad de estas 4 dietas de diferentes niveles socioeconómicos sea una de las múltiples causas de la anemia que presentaron el 7.41 % de las personas adultas mayores de 25 años en la Zona Serrana (Valencia et al. 1980) y el 13% en los centros urbanos marginados (Valencia et al. 1981).

#### **Contenido de Zn en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de las Dietas**

El Cuadro 17 muestra el contenido de Zn soluble, en las dietas representativas de Sonora, fué de 2.39, 1.88, 2.06, 2.08 y 2.05 mg de Zn soluble/100g en base seca, para las dietas de los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio, bajo-alto y bajo. Observándose que no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la solubilidad del

Cuadro 17. Contenido de Zn<sup>1</sup> en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses (mg/100 g Base Seca).

Dieta	Soluble <sup>1</sup>	Insoluble <sup>2</sup>	Total <sup>1</sup>
Alta	2.39 ± 0.15a	4.27	6.66 ± 1.15a
Media alta	1.88 ± 0.06a	4.45	6.33 ± 0.57a
Media	2.06 ± 0.30a	1.6	3.66 ± 0.57b
Baja alta	2.08 ± 0.03a	1.93	4.01 ± 0.01b
Baja	2.05 ± 0.28a	1.28	3.33 ± 0.57b

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado. Los valores con diferente superíndice son significativamente distintos (p < 0.05).

<sup>1</sup> Por análisis

<sup>2</sup> Por diferencia



Zn en las 5 dietas. Estos valores corresponden al 35.88%, 29.69%, 56.28%, 51.87% y 61.56% del Zn total de las dietas.

El contenido de Zn insoluble en la dietas se indica en el Cuadro 17, esta determinación se efectuó por la diferencia del total menos la fracción soluble, debido a que el análisis de la fracción insoluble efectuado en el laboratorio no tuvo buena repetibilidad. Además el análisis del Zn en la fracción soluble es muy confiable debido a que se efectúa de manera directa en el espectrofotómetro de absorción atómica.

El Cuadro 17 también muestra el contenido de Zn total en dietas representativas de Sonora, siendo 6.66, 6.33, 3.66, 4.01 y 3.33 mg/100g de Zn, base seca, en las dietas de los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio, bajo-alto y bajo, observándose diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre las dietas de los niveles socioeconómicos alto y medio-alto con los demás (medio, bajo-alto y bajo). Estos valores corresponden a una ingesta de 37.39, 32.88, 23.66, 23.73 y 19.68 mg de Zn/día.

El contenido de Zn total encontrado en las dietas es alto, considerando que la recomendación es de 15 mg/día (NAS, 1989) y todas las dietas de este estudio superan este valor. También es superior al reportado por otros estudios como el de Hunt et al. (1987), que indicaron un consumo de Zn de 9 mg/día por mujeres embarazadas de niveles socioeconómicos bajos en Montemorelos, México, indicando que su extrema pobreza es la causa de esta deficiencia de Zn.

Zaror et al. (1987), determinaron la ingesta de Zn de hombres y mujeres adultos chilenos jóvenes de niveles socioeconómicos medio y bajo, encontrando valores entre 8.3 y 9.7 mg de Zn diarios. Indicando que esta baja ingesta de Zn fue debida al consumo de cereales y pocos alimentos de origen animal. Solomons (1982), estableció que la dieta típica de Guatemala, rica en fibra, fitatos, calcio y taninos reduce la absorción de Zn.

Murphy y Calloway (1986), reportaron ingestas de 8.11 mg/día en mujeres adultas estadounidenses, indicando también que es posible que esta deficiencia se deba a errores en la base de datos del programa de computación con el que se estimó el valor. Ellis et al. (1987), determinaron la ingesta de Zn en dietas de hombres adultos americanos omnívoros, americanos vegetarianos y asiáticos-indios, determinando valores de 12, 12.5 y 8.5 mg de Zn diarios. Estas dietas presentaron valores mas bajos de los requerimientos diarios.

Respecto a la solubilidad del Zn encontrada en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos, se observó el mayor porcentaje de solubilidad en los niveles medio, bajo-alto y bajo. Probablemente la solubilidad de Zn en estas dietas fue favorecida por el posible efecto de pH bajo en las dietas ya que al igual que los fitatos (Fig. 8), mostraron altos porcentajes de solubilidad.

**Contenido de Ca en las Fracciones Solubles, Insolubles y Totales de Dietas**

El Ca de las fracciones solubles de las dietas de diferentes niveles socioeconómicos, se indica en el Cuadro 18. Los valores de 125, 129, 150, 194 y 172 mg/100g de Ca, base seca, no mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre el Ca soluble de las dietas del nivel socioeconómico alto y medio-alto y mostraron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) con y entre las dietas del nivel socioeconómico medio, bajo-alto y bajo. Estos valores corresponden al 86.2%, 84.3%, 89,82%, 90.23% y 87.3% de Ca soluble en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos.

El Cuadro 18 también muestra el contenido de Ca total en las dietas de los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio, bajo-alto y bajo, siendo 145, 153, 167, 215 y 197 mg/100g de Ca, base seca. No encontrándose diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre la dieta del nivel socioeconómico alto y medio-alto, mas sin embargo se presentaron diferencias significativas ( $p<0.05$ ), entre la dieta media, baja-alta y baja. Estas diferencias pueden ser debido a los diferentes alimentos aportadores de Ca en la dieta como la leche y el queso y a las cantidades de los mismos.

Con los valores de Ca obtenidos en las dietas de diferentes niveles socioeconómicos, se determinó la ingesta diaria de Ca siendo de 818, 800, 1079, 1272 y 1164 mg/día para los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio, bajo-alto y bajo. Estas dietas cumplen y sobrepasan las recomendaciones

Cuadro 18. Contenido de Ca en las Fracciones Solubles e Insolubles de Dietas Sonorenses (mg/100 g Base Seca).

Dieta	Soluble*	Insoluble*	Total*
Alta	125 ± 2 <sup>d</sup>	11 ± 1 <sup>b</sup>	145 ± 6 <sup>d</sup>
Media alta	129 ± 4 <sup>d</sup>	13 ± 0 <sup>b</sup>	153 ± 3 <sup>d</sup>
Media	150 ± 8 <sup>c</sup>	13 ± 1 <sup>b</sup>	167 ± 1 <sup>c</sup>
Baja alta	194 ± 0 <sup>a</sup>	17 ± 1 <sup>a</sup>	215 ± 8 <sup>a</sup>
Baja	172 ± 2 <sup>b</sup>	18 ± 1 <sup>a</sup>	197 ± 2 <sup>b</sup>

\*  $\bar{X} \pm DS$  Media ± Desviación Estándar de las determinaciones por triplicado.

Los valores con diferentes superíndices son significativamente distintos ( $p < 0.05$ ).

establecidas de 800 mg/día de Ca (NAS, 1989). Grijalva et al. (1992), reportaron un consumo promedio de  $900 \pm 360$  mg de Ca/día.

Ferguson et al. (1989), determinaron el contenido de Ca en dietas de niños de Malawain, Africa, en 3 diferentes estaciones del año, encontrando valores de 473, 342 y 379 mg/día de Ca. Ellis et al. (1987), determinaron el contenido de Ca en dietas de hombres americanos omnívoros, americanos vegetarianos, asiáticos-indios vegetarianos, obtuvieron valores de 1100, 1000 y 750 mg de Ca/día. Ellis y Morris (1982), determinaron el contenido de Ca en 3 dietas que denominaron regular, ovolactovegetariana, y con soya como sustituto de carne, encontrando valores de 1282, 1567 y 1650 mg/día de Ca.

Wisker et al. (1991), determinaron el contenido de Ca en dietas bajas en fibra, altas en proteína y altas en fibra, además de dietas bajas en proteínas y altas en fibra, obteniendo valores de 979, 1020 y 916 mg/día de Ca, respectivamente. Encontrando balances positivos de Ca en las mujeres jóvenes con las dos primeras dietas y un balance negativo de Ca en la última. Las 5 dietas de diferentes niveles socioeconómicos pueden considerarse altas en proteína y fibra, por lo que es posible que la absorción de Ca no se vea afectada.

Esta última suposición puede ser considerada debido a que las 5 dietas de diferentes niveles socioeconómicos tuvieron altas solubilidades de Ca, es posible que también el pH pueda influir en esta solubilidad.

### Relaciones Molares de Fitatos y Minerales en Dietas

Ya se mencionó que las relaciones molares pueden ser buenos predictores de la biodisponibilidad de Zn y Ca, sin embargo Ellis et al. (1987), indicaron que estas relaciones deben complementarse con estudios de biodisponibilidad en humanos ya que a la fecha existen pocos estudios en humanos que correlacionen estos valores.

#### **Relación Molar Fitato/Cinc en Dietas**

La relación molar Fit/Zn de las dietas representativas de diferentes niveles socioeconómicos, se indica en el Cuadro 19 y como ya se indicó Oberleas y Harland (1981), sugirieron que la relación molar Fit/Zn menor de 15 es la mas adecuada.

Los valores encontrados en las dietas representativas de los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio y bajo-alto tuvieron valores menores de 10 y solo la dieta baja, tiene este valor ligeramente mayor. Por lo que según esta relación molar, puede suponerse que todas las dietas tiene buena disponibilidad de Zn.

Cuadro 19. Relaciones Molares de Fitatos y Minerales de Dietas Sonorenses.

Dieta	Fit/Zn <sup>1</sup>	Ca/Fit <sup>2</sup>	[Ca] [Fit]/[Zn] <sup>3</sup>
Alta	4.6	7.6	0.17
Media Alta	3.6	10.8	0.14
Media	6.2	12.1	0.26
Baja Alta	7.4	11.2	0.38
Baja	10.5	8.7	0.49

<sup>1</sup> (mg Fit/PM Fit: mg Zn/PM Zn)

<sup>2</sup> (mg Ca/PM Ca: mg Fit/PM Fit)

<sup>3</sup> (mol/kg Ca) (mol/kg Fit) / (mol/kg Zn)

Murphy y Calloway (1986), determinaron que la relación molar Fit/Zn en dietas de mujeres jóvenes estadounidenses fué de 5.76. Ellis et al. (1982), determinaron esta relación molar en 3 dietas vegetarianas que denominaron: regular, ovolactovegetariana y de soya como sustituto de carne, encontrando valores de 4, 5 y 8 y en ambos estudios se indicó que probablemente la biodisponibilidad de Zn se vió poco afectada.

Ellis, et al. (1987), determinaron las relaciones molares de las dietas de hombres americanos omnívoros, americanos vegetarianos, y asiáticos-indios, encontrando valores de 5.3, 14 y 13, respectivamente y sugirieron que los fitatos tuvieron muy poco efecto en las dietas de los americanos omníviro y que probablemente las otras 2 dietas tuvieron una deficiencia marginal de Zn.

Zhou, et al. (1992), confirmaron la importancia de la relación molar Fit/Zn, cuando dieron de comer a ratas, dietas con relaciones molares Fit/Zn altas (32.3 y 52.4), bajando significativamente ( $p < 0.05$ ) la ganancia de peso de las ratas y obteniendo una relación lineal negativa entre el Zn de la tibia y los niveles de ácido fítico. Cuando se disminuyeron estas relaciones molares a 9.8 y 15.8, las dietas tuvieron un significativo ( $p < 0.01$ ) incremento en la biodisponibilidad de Zn.



**Relación Molar Calcio/Fitato en Dietas**

Como ya se mencionó, Wise (1983) sugirió que a relaciones molares Ca/Fit menores de 6, la precipitación de Zn es incompleta. En el Cuadro 17 se indican estas determinaciones, encontrándose que los valores de estas relaciones molares fueron: 7.6, 10.8, 12.1, 11.2 y 8.7, para las dietas de los niveles socioeconómicos alto, medio-alto, medio, bajo-alto y bajo, respectivamente. Se puede observar que ninguna de las 5 dietas tuvieron un valor menor de 6, por lo que según esta relación molar es posible se pueda afectar la solubilidad de Zn.

Ferguson et al. (1989), determinaron las relaciones molares Ca:Fit en 3 dietas de Malawain, Africa, en tres diferentes estaciones del año, encontrando que los valores fueron de 3.4, 3.1 y 3.1, sin embargo concluyeron que la biodisponibilidad de Zn se vió afectada en los niños que las ingirieron. Esto llevó a los autores a indicar que esta relación molar no es un buen indicativo de la biodisponibilidad de Zn.

**Relación Molar [Ca][Fit]/[Zn] en Dietas**

Esta relación se muestra en el Cuadro 19 y como ya se mencionó, puede afectar la biodisponibilidad de Zn cuando es mayor de 0.5. Se observó que ninguna de las 5 dietas, de diferentes niveles socioeconómicos tuvieron valores mayores a 0.5. Por lo que considerando esta relación es probable que la

absorción de Zn, no se vea afectada, esta suposición puede también relacionarse con la alta solubilidad de los fitatos, Zn y Ca mostrada en las 5 dietas.

Las dietas vegetarianas preparadas por Ellis et al. (1987), tuvieron relaciones molares de 1.66, 2.98 y 2.54, por lo que determinaron que pueden tener un riesgo en el consumo de Zn y que sugirieron que estos estudios deben complementarse determinando biodisponibilidad en humanos.

Ferguson et al. (1989), determinaron que las dietas de niños en Malawain, Africa en diferentes estaciones del año tuvieron valores en estas relaciones molares de 2.68, 0.79 y 0.54, siendo mas altas que la relación establecida y también indicaron que la biodisponibilidad de Zn pudo afectarse debido a la baja talla para la edad de los niños y el contenido de Zn encontrado en el cabello de los mismos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El contenido de fitatos encontrado en los 3 alimentos de mayor consumo en Sonora es alto, sin embargo solo el frijol guisado mostró una menor solubilidad de los fitatos respecto a la tortilla de maíz y la tortilla de harina de trigo y también en el frijol guisado se observó una menor solubilidad de Fe, por lo que es probable que solo en este alimento la solubilidad del Fe podría estar afectada.

Respecto al Zn, la tortilla de harina de trigo mostró una menor solubilidad de Zn sin embargo las relaciones molares de este alimento no indican que pueda existir algún peligro en la biodisponibilidad de este mineral. En el Ca de los 3 alimentos de mayor consumo en Sonora, se observó una alta solubilidad, inclusive el porcentaje de Ca soluble fué mayor que el de Ca insoluble, por lo que es posible considerar que probablemente el Ca de estos 3 alimentos se encuentre en forma soluble. Sin embargo, se debe considerar que el Ca es uno de los minerales que tiene una mayor influencia en los complejos mineral-fitato.

Es necesario establecer que los efectos de los fitatos en la solubilidad del Fe, Zn y Ca de los 3 alimentos de mayor consumo en Sonora, mostrados en este estudio, se deben

complementar con estudios in vivo porque los resultados encontrados, solo son indicadores de una posible interacción entre los fitatos y los minerales.

Respecto a las dietas que representan el consumo diario de adultos mayores de 25 años provenientes de diferentes niveles socioeconómicos, se encontró que los fitatos están relacionados con los niveles socioeconómicos, siendo mas altos en los niveles socioeconómicos bajos, sin embargo, no existen datos que indiquen deficiencias severas de los minerales Fe, Zn y Ca en el Estado de Sonora.

Esto, posiblemente podría relacionarse con la alta solubilidad de fitatos observada en las 5 dietas. Sin embargo solo la dieta del nivel socioeconómico alto mostró solubilidad de Fe. El Zn de las 5 dietas de diferentes niveles socioeconómicos, tuvieron altas solubilidades y considerando sus relaciones molares dentro de los rangos establecidos para la biodisponibilidad de Zn, probablemente ninguna de las dietas mencionadas tenga efectos de insolubilidad de este mineral.

Respecto al Ca, al igual que en los alimentos en las dietas se observó una alta solubilidad, por lo que es probable que la mayoría del Ca de las dietas se encuentre en forma soluble, pero al igual que en la recomendación efectuada en los 3 alimentos de mayor consumo en Sonora, estos resultados deben complementarse con estudios de biodisponibilidad en humanos.

Finalmente, se recomienda que en estudios posteriores se consideren también los efectos favorables a la salud de los humanos que se han atribuido a los fitatos y que son similares a los de la fibra dietaria.

## BIBLIOGRAFIA

- Ali, H.I. and Harland, B.F. 1991. Effects of fiber and phytate in sorghum flour on iron and zinc in weanling rats: a pilot study. *Cereal Chem.*, 68(3),234-238.
- Anderson, R.J. 1912. Phytin and phosphoric acid esters of inosite. *J. Biol. Chem.* 12(97) in Reddy , N.R. et al., 1989. Introduction: historical background, chemical structure, and properties of phytic acid. Chapter I. CRC Press, Inc. Boca Raton, Fla. p. 1-6.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists 15 ed. (Ed.) Kenneth Helrich. Washington, D. C.
- Asada, K., Tanaka, K., and Kasai, Z. 1968. Phosphorylation of myoinositol in ripening grains of rice and wheat. Incorporation of phosphate  $P^{32}$  and myoinositol  $-H^3$  into myoinositol phosphates. *Plant Cell Physiology.*, 9, 185.
- Benítez, M. A. 1990. Contenido y biodisponibilidad de hierro en variedades selectas de frijol tepari (*Phaseolus acutifolius*) y la evaluación nutricional de sus proteínas. M.C. Tesis. UACH-CIAD-UNISON. Hermosillo, Son., México.
- Ballesteros, M. N., Nieblas, A., Sanchez, A., Atondo, J. L. 1992. Efecto del consumo de fibra dietaria sobre la utilización de proteína. Congreso del Noroeste en Ciencias Alimentarias y Biotecnología. Hermosillo, Mexico.
- Barré, R., Curtois, J.E., and Woismser, G. 1954. Etude de la structure de l'acide phytique au moyen de ses courbes de titration et de la conductivité de ses solutions. *Bull Soc. Chem. Biol.* (36), 455 in Reddy, N.R. et al., 1989. Introduction: historical background, chemical structure, and properties of phytic acid. Chapter I, pp. 1-6. CRC Press, Boca Raton, Fla.

- Blank, G.E., Petcher, J., and Sax, M. 1971. The structure of myoinositol hexaphosphate, dodecasodium salt octahydrate: a single crystal x-ray analysis. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, (44), 319 in Reddy, N.R. et al., 1989. Introduction: historical background, chemical structure, and properties of phytic acid. Chapter I, pp. 1-6. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Bos, D.K., Verbeek, Peter van Eeden, C.H., Slump, P. and Wolters, M.G. 1991. Improved determination of phytate by ion-exchange chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 39, 1770-1772.
- Brune, M., Rossander, L. and Hallberg, L. 1989. Iron absorption: no intestinal adaptation to a high-phytate diet. *Am. J. Clin. Nutr.* 49:542-545.
- Camou, E. H., Himojosa, A., Larios de G. M., Platt, A., Aja, H., Murillo, J., Manzo, F. 1990. *Cocina Sonorense*. 1a. edición. Instituto Sonorense de Cultura, Editorial Yescas, S.A. Sonora, Mexico.
- Campa, M. G., Aldana, M. L., Romero, B. A. y Ranquard, S. O. 1992. Interacción entre fitatos, proteínas y minerales durante el cocimiento del frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*). Congreso de Noroeste en Ciencias Alimentarias y Biotecnología. Hermosillo, Mexico.
- Cilliers, J.L. and Van Nickerk, P.J. 1986. Determination of phytic acid in foods by postcolumn colorimetric detection. *J. Agric. Food Chem.* 34, 680.
- Costello, A.J., Glonek, T. and Myers, T.C. 1976. Phosphorus-31 nuclear resonance-pH titrations of myoinositol hexaphosphate, *Carbohydr. Res.*, 46, 159 in Reddy, N.R. et al., 1989. Introduction: historical background, chemical structure, and properties of phytic acid. Chapter I, pp. 1-6. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Champagne, E.T., Rao, R.M., Liuzzo, J.A., Robinson, J.W., Gale, R.J. and Miller, F. 1985a. Solubility behaviors of the minerals, proteins, and phytic acid in rice bran with time, temperature, and pH. *Cereal Chem.*, 62, 218-222.
- Champagne, E.T., Rao, R.M., Liuzzo, J.A., Robinson, J.W., Gale, R.J. and Miller, F. 1985b. The interactions of minerals, proteins, and phytic acid in rice bran. *Cereal Chem.* 62, 231-237.

- Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 13, 297-335. Davies, N.T., Carswell, A.J.P., and Mills, C.F. 1985. The effects of variation in dietary calcium intake on the phytate-zinc interaction in rats. In Trace Elements in Man and Animals, Tema 5 (Ed) Mills, C.F., Bremmer, I., and Chesters, J.K., pp. 456. Aberdeen, Scotland.
- De Boland, A.R., Garner, G.B., and O'Dell, B.L. 1975. Identification and properties of phytate in cereal grains and oil seed products. J. Agric. Food Chem., 23, 1186 in Cheryan, M. 1980. Phytic acid interactions in food systems. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 13, 297-335.
- De Rham, O. and Jost, T. 1979. Phytate-protein interaction in soybean extracts and manufacture of low phytate soy protein products. J. Food Sci., 44, 596.
- Dintzis, R. R., Lehrfeld, S., Nelsen, T. C., and Finney, L. D. 1992. Phytate content of soft wheat brans as related to kernel size, cultivar, location and milling and flour quality parameters. Cereal Chem. 69, (5), 577-581.
- Ellis, R. and Morris, E.R. 1982. Comparison of ion-exchange and iron precipitation methods for analysis of phytate. Cereal Chem. 59, (3), 232-233.
- Ellis, R. and Morris, E. R. 1983. Improved ion-exchange phytate method. Cereal Chem., 60 (2), 121-124.
- Ellis, R., Reynolds, R.D., Kelsey, J.L., and Morris, E. 1982. Phytate: zinc molar ratio, mineral, and fiber content of three hospital diets. J. Am. Diet. Assoc. 81 : 26-29.
- Ellis, R. and Morris, E.R. 1986. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. Cereal Chem., 63, (1), 58-59.
- Ellis, R., Morris, A. D., Hill, A. D. and Smith, J. C. 1982. Phytate:zinc molar ratio, mineral and fiber content of three hospital diets. J. Amer. Diet. Assoc. 81, 26-29.
- Ellis, R., Kelsay, J. L., Reynolds, R. D., Morris, E. R., Moser, P. B. and Frazier, C. W. 1987. Phytate:zinc and phytate x calcium:zinc millimolar ratios in self-selected diets of Americans, Asian Indians and Nepalese J. Am. Diet. Assoc. 87(8):1043-1047.



- Erdman, J.W. Jr. 1981. Bioavailability of trace minerals from cereals and legumes. *Cereal Chem.* 58, 21-24.
- Empson, K.L., Labuza, T. P. and Graf, E. 1991. Phytic acid a food antioxidant. *J. of Food Sci.* 56, (2), 560-563.
- Evans, W.J. and Pierce, A.G. Jr. 1982. Interaction of phytic acid with the metal ions, copper (II), cobalt (II), iron (III), magnesium(II) and manganese(II). *J. of Food Sci.* 47, 1014-1015.
- Ferguson, E.L., Gibson, R.S., Thompson, L.V., Ounpuu, S. and Berry, M. 1988. Phytate, zinc, and calcium contents of 30 east African foods and their calculated phytate: Zn, Ca:phytate, and Ca:Phytate/Zn molar ratios. *J. Food Comp. and Anal.* 1, 316-325.
- Ferguson, E.L., Gibson, R.S., Thompson, L.V. and Ounpuu S. 1989. Dietary calcium phytate, and zinc intakes and the calcium phytate, and zinc molar ratios of diets of a selected group of East African Children. *Am. J. Clin. Nutr.* 50: 1450-1456.
- Firbas, B. J., Dominquez, M. M. 1983. Deficiencias de microelementos esenciales en dietas hispanoamericanas. *Arch. Lat. Amer. de Nutr.* 33, (1), 189-200.
- Fiske, C.H., and Subbarow, Y. 1925. Colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66:375.
- Forbes, R. M., Parker, H. M. and Erdman, J. W. 1984. Effects of dietary phytate, calcium and magnesium level on zinc bioavailability to rats. *J. Nutr.* 114, 1421-1425.
- Fordyce, E.J., Forbes, R.M., Robbins, K.R., and Erdman, J.W. Jr. 1987. Phytate X calcium/zinc molar ratios: are they predictive of zinc bioavailability? *J. Food Science.* 52 (2): 440-444.
- Frolich, W. and Asp, N.G. 1985. Minerals and phytate in the analysis of dietary fiber from cereals III. *Cereal Chemistry.* 62 (4): 238-242.
- Franz, K. B., Kennedy, B. M. and Fellers, D. A. 1980. Relative bioavailability of zinc from selected cereals and legumes using rat growth. *J. Nutr.* 110, 2272-2283.

- García-López, J.S. and Lee, K. 1985. Iron binding by fiber is influenced by completing minerals. *J. Food Science*. 59: 424-426.
- García-López, J.S., and Wyatt, C.J. 1982. Effect of fiber in corn tortillas and cooked beans on iron availability. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 30 (4): 724-727.
- Gifford, S. R. and Clydesdale, F. M. 1990. Interactions among calcium, zinc and phytate with three protein sources. *J. Food Sci.* 54, (6), 1720-1724.
- Gillooly, M., Bothwell, T. H., Torrance, J. D., Mac Phail, A. P., Derman, D. P., Bezwada, W. R., Mills, W. and Charlton, R. W. 1983. The effects of organic acids, phytates and polyphenols on the absorption of iron from vegetables. *Br. J. Nutr.* 49, 331-342.
- Goycolea, F.M. 1988. Efecto de los tratamientos caseros de preparación de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. Tesis. Universidad La Salle. México, D.F.
- Graf, E. 1983. Calcium binding to phytic acid. *J. Agric. Food. Chem.*, 31, 851-853.
- Graf, E. and Dintzis, F. R. 1982. Determination of phytic acid in foods by high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 30, (6), 1094-1097.
- Graf, E. 1986. Chemistry and applications of phytic acid: an overview. In *Phytic Acid: Chemistry and Applications*. Pilatus Press, Minneapolis, Mn. p. 1-26.
- Grijalva, M.I., Olivas, N.R., Vázquez, F.A. y Valencia, M.E. 1992. Determinación de minerales y vitaminas en alimentos de consumo frecuente en el Noroeste de México. Congreso del Noroeste en Ciencias Alimentarias y Biotecnología. Hermosillo, México.
- Goycolea, F.M. 1988. Efecto de los tratamientos caseros de preparación de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris*) sobre el contenido de taninos y valor nutritivo de las proteínas. Tesis. Universidad La Salle. México, D.F.
- Hallberg, L., Bione, M., and Rossander, L. 1989. Iron absorption in man; ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate. *Am. J. Clin. Nutr.* 49, 140-144.

- Harland, B. F. 1989. Dietary fiber and mineral bioavailability. *Nutr. Res. Rev.* 2, 133-147.
- Harland, B.F. and Oberleas, D. 1977. A modified method for phytate analysis using ion-exchange procedure: application to textured vegetable proteins. *Cereal Chem.*, 54, 827.
- Harland, B.F. and Oberleas, D. 1986. Anion-exchange method for determination of phytate in foods: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 69, (4), 667-670.
- Harland, B. F., Oke, O. L. and Felix-Phipps, R., 1988. Preliminary studies on the phytate content of Nigerian foods. *J. Food Comp. and Anal.* 1, 202-205.
- Heaney, R. P. Weaver, C.M. and Fitzsimmons, M.L. 1991. Soybean phytate content: effect on calcium absorption. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 745-747.
- Hermann, S.H., Penacciotti, I., Masson, L., Mella, M., Zuccarelli, M., Carrasco, C., Jaña, W., Oliver, H. 1979. *Tablas de Composición Química de los Alimentos Chilenos. 6a. Ed. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacobiológicas de la Universidad de Chile. Dpto. de Química y Tecnología de Alimentos. Chiprodal S.A.I. Chile.*
- Hernández, M., Chávez, A., y Bourges, H. 1987. *Valor Nutritivo de los alimentos. Tablas de uso practico. 10a ed. Instituto Nacional de la Nutrición. Publicaciones de la Division de Nutricion L-12. Mexico.*
- Hughes, J.S., Swanson, B.G. 1989. Soluble an insoluble dietary fiber in cooked common bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Food Microstructure.* 8: 15-21.
- Hunt, I.F., Murphy, N.J., Martner-Hewer, P.M., Faraji, B., Swendseid, M.E., Reynolds, R.D., Sánchez, A. and Mejía, A. 1987. Zinc, vitamin B-6 and other nutrients in pregnant women attending prenatal clinics in México. *Am. J. Clin. Nutr.* 46:563-569.
- Hussain, A., Boshuk, W. 1992. Interference of phytic acid with extraction of proteins from grain legumes and wheat with acetic acid. *J. Agric. Food Chem.* 40, (10), 1938-1942.

- Jackman, R.H. and Black, C.A. 1951. Solubility of iron, aluminum, calcium, and magnesium inositol phosphates at different pH values. *Soil Science*. 72, 179. In Cheryan M. 1980. Interaction in Food Systems. *CRC Critical Review in Food Science and Nutrition*, 13, 297-335.
- Jansuittivechakul, O., Mahoney, A.W. Cornforth, D.P., Hendricks, D.G. and Kangsadalampai, K. 1985. Effect of heat treatment on bioavailability of meat and hemoglobin iron fed to anemic rats. *J. of Food Science*. 50 : 407-479.
- Johnson, L. F. and Tate, M. E. 1969. Structure of phytic acids. *Can. J. Chem.* 47, 63. In Reddy N. R. et al 1989. Chapter I p. 1-6. CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Kaufman, H. W. 1986. Interactions of inositol phosphates with mineralized tissues. In *Phytic Acid: Chemistry and Applications*, Graf, E., Ed., Pilatus Press, Minneapolis, Mn.
- Krause, M. V. and Mahan, L. K. 1984. Food, nutrition and diet therapy. 7a. ed. W.B. Saunders Company. Philadelphia, PA. USA. p. 132-135.
- Knuckles, B. E., Kuzmick, D. D. and Betschart, A. A. 1985. Effect of phytate and partially hydrolyzed phytate on in vitro protein digestibility. *J. Food Sci.* 50, 1080-1082.
- Koehler, H.H., Chiung-Hsia, C., Scherier, G. and Burke, D.W. 1987. Nutrient composition protein quality and sensory properties of thirty six cultivars of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. of Food Science* 52 (5):1335-1340.
- Layrisse, M., Cook, J. D., Martinez, C., Roche, M., Kuhn, I. N., Walker, R. B., and Finch, C. A. 1969. Food iron absorption: a comparison of vegetable and animal food. *Blood*. Vol. 33, (3), p. 430-443.
- Le Francois, P. 1988. Phytic acid and zinc contents of cereal products: relation to the manufacturing process. *J. Food Comp. and Anal.* 1, 139-145.
- Lehrfield, J. and Wu. Y. V. 1991. Distribution of phytic acid in milled fractions of scout 66 hard red winter wheat. *J. Agric. Food Chem.* 39, (10), 1820-1824.

- Loewus, F. A. and Loewus, M. W. 1980. Myo-inositol: biosynthesis and metabolism, in *Biochemistry of Plants Vol. 3* Preiss, J., Ed., Academic Press, New York. In Reddy et al. 1989. *Phytates in cereals and legumes*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. p. 15-24.
- Lolas, G. M., Palamidis, N., and Makakis, P. 1976. The phytic acid, total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans, and wheat. *Cereal Chem.*, 53, 867.
- Lott, J.N.A. and Ockenden, I. 1986. The fine structure of phytate rich particles in plants. In *Phytic Acid: Chemistry and Applications*. Graf, E., Ed., Pilatus Press, Minneapolis, Mn. Maga, J. A. 1982. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agric. Food Chem.* 30, (1):1-8.
- Méndez, R.O. 1993. Contenido de Fe, Zn, fibra dietaria, acido ascorbico, composición proximal en dietas Sonorenses de adultos mayores de 25 años de diferentes niveles socioeconómico. M.C. Tesis. CIAD. Hermosillo, Son., México.
- Morris, E. R. and Ellis, R. 1981. Phytate-zinc molar ratio of breakfast cereals and bioavailability of zinc to rats. *Cereal Chem.* 58, 363.
- Murphy, S. P. and Calloway, D. H., 1986. Nutrient intakes of women in NHANES II emphasizing trace minerals, fiber and phytate. *J. Amer. Diet. Assoc.* 86, (10), 1366-1371.
- Murphy, E. W., Willis, B. W., and Watt, B. K. 1975. Provisional tables on the zinc content of foods. *J. Am. Diet. Assoc.* 66, 345.
- Nabhan, G.P., Weber, C.W. and Berry, J.W. 1985. Variation in composition of Hopi indian beans. *Ecology of Food and Nutrition* 16:135-152.
- Narasinga, R. and Prabhavathi, T. 1978. An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from foods. *Am. J. Clin. Nutr.* 31:169-175.
- NAS. National Academy of Science. 1989. *Recommended Dietary Allowances*. 10th. Edition. Washington, D.C.

- Nayini, N. R. and Makakis, P. 1986. Phytases. In Phytic Acid: Chemistry and Applications. Pilatus Press, Minneapolis, Mn. p. 101-108.
- Nolan, K. B., Duffin, P. A., Mc Weeny, D. J. 1987. Effects of phytate on mineral bioavailability in vitro studies on Mg, Ca, Fe, Cu, Zn (also Cd). Solubilities in presence of phytate. J. Sci. Food Agric. 40:79-85.
- Noller, B. W. and Bloom, H. 1978. Methods of analysis for major and minor elements in foods. Food Tech in Australia. January 11-23. Oberleas, D., Harland, B.F. 1981. Phytate content of foods: Effect on dietary zinc bioavailability. J. Amer. Diet. Assoc. 79:433-436.
- Oberleas, D. and Harland, B. F. 1986. Analytical methods for phytate in Phytic Acid: Chemistry and applications, Graf, E., Ed., Pilatus Press, Minneapolis, Mn. p.77.
- O'Dell, B. L., de Boland, A., and Koirty, R. 1972. Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. J. Agric. Food Chem., 20, 718.
- O'Neill, I. K., Sargent, M. and Trimble, M. L. 1980. Determination of phytate in foods by phosphorus fourier transform nuclear magnetic resonance spectrometry. Anal. Chem. 52, 288.
- Phillipy, B. Q. and Johnston, M. R. 1985. Determination of phytic acid in foods by ion chromatography with post column derivatization. J. Food. Sci., 50, 541.
- Platt, S. R. and Clydesdale, F. M. 1987. Interactions of iron, alone and in combination with calcium, zinc, and copper, with a phytate-rich, fiber-rich fraction of wheat bran under gastrointestinal pH. Cereal Chem. 64 (2), 102-105.
- Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K., Salunkhe, D. K., 1989. Phytates in cereals and legumes. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Reinhold, J. G., Ismail-Beigi, F. Faradji, B., 1975. Fiber vs phytate as determinant of the availability of calcium, zinc and iron of breadstuffs. Nutr. Rep. Intern. 12, (2) 75-85.

- Reinhold, J. G., Garcia. L. S. and Garzon. P. 1981. Binding of iron by fiber of wheat and maize. The Amer. J. of Clin. Nutr. 34, 1384-1391.
- Sandberg, A.S., Carlsson, N.G. and Svanberg, U. 1989. Effects of inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron availability. J. of Food Science. 54 (1):159-161.
- SAS. 1989. SAS User's Guide. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Sgarbier, V. C., Antunes, P. L., and Almeida. L. D. 1979. Nutritional evaluation of four varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L. ) J. Food Sci. 44, 1306.
- Sharma, R. D. 1986. Phytate and the epidemiology of heart disease, renal calculi and colon cancer. In *Phytic Acid: Chemistry and Applications*. Pilatus Press, Minneapolis, Mn. p. 161-172.
- Smith, K. T. 1988. Calcium and trace mineral interactions. *Cereal Foods World*, 33, (9), 776-782.
- Southgate, D. A. 1987. Minerale, trace elements and potencial hazards. *Am. J. Clin. Nutr.* 45, 1256-1266.
- Solomons, N.W. 1982. Interacciones entre cinc y factores dietéticos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol. XXXII. No. 1. 26-31.
- Steel/Torrie. 1989. *Bioestadística, Principios y Procedimientos*. 2a. Ed. Mc Graw-Hill. Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Subba Rao and Narasinga Rao. 1984. Studies on the effect of inorganic polyphosphates on dietary ionisable iron and the solubility of other minerals in vitro. *Nutr. Rep. Intern.* 29, (4), 941-948.
- Tangendjaja, B., Buckle, K. A., and Wootton. M. 1980. Analysis of phytic acid by high performance liquid chromatography. *J. Chromatography*, 197, 274.
- Udayasekhara, R. and Deosthale, Y. G. 1988. In vitro availability of iron and zinc in white and coloured ragi (*Eleusine coracane*); role of tannin and phytate. *Plant Food for Human Nutrition* 38, 35-41.

- Underwood, E. J. (Ed.) 1977. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th ed. Academic Press. New York, N. Y.
- Valencia, M.E., Jardínez, R., Noriega, E. y Higuera, I. 1980. Estudio nutricional en la Zona Serrana del Estado de Sonora. Reporte Técnico. Instituto de Investigaciones y Estudios Científicos del Noroeste. Sonora, México.
- Valencia, M.E., Jardínez, R., Higuera, I., Lozano, J., Wong, P., Noriega, G. 1981. Estudio nutricional en centros urbanos marginados de Sonora. Reporte Técnico. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores del Noroeste, Sonora, México.
- Valencia, M.E., Hoyos, L.C., Ballesteros, M.N., Ortega, M.I., Palacios, M.R., Grijalva, M.I. y Atondo, J.L. 1992. Canasta Estatal de consumo de alimentos y aporte de nutrimentos. Reporte Técnico en proceso. División de Nutrición. CIAD. Hermosillo, Son., México.
- Van Campen. D. 1983. Iron bioavailability techniques. An overview. Food Tech. 37 (10), 127.
- Varian, 1989. Analytical Methods. Publication No. 85-1000009-00 Varian Techtron Pty Limited, Mulgrave Victoria Australia.
- Wise, A. 1983. Dietary factors determining the biological activities of phytate. Nutrition Abstract and Reviews in Clinical Nutrition 53, (9), 791-806.
- Wise, A. 1986. Influence of calcium on trace metal-phytate interaction. In Phytic Acid: Chemistry and Applications. Pilatus Press, Minneapolis, Mn. p. 151-160.
- Wisker, E., Nagelk, R. Tanudjaja, T. K. Feldheim, W. 1991. Calcium, magnesium, zinc, and iron balances in young women: effects of a low-phytate barley-fiber concentrate. Am J. Clin. Nut. 54, 553-559.
- Yépiz, G., Ballesteros, M.N., Grijalva, M.I., Ramos, E. y Valencia, M. 1983. Mezcla de frijol-tortilla de maíz, frijol-tortilla de harina de trigo, de la dieta Sonorense. Valor nutritivo de las proteínas de las mezclas. Rev. Tecnol. Alimentos. Vol. XVIII. No. 1. P.16-23.



- Xu, P., Price, J., Aggett, P. J. and Wise, A. 1991. Interaction of inositol phosphates with calcium, Zinc and histidine. Division of Biochemical Science, Rowett Research Institute, Greenburn Road, Bucksburn, Aberdeen AB2 95B. Resultados no publicados.
- Zaror, V.G., Fisberg, M., Barrera, A.G. y Dagach-Imbarack, R.U. 1987. Nutrición de cinc en adultos jóvenes chilenos. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXXVII. No. 2. p. 239-249.
- Zhou, J.R., Fordyce, E.J., Raboy, V., Dicenson, D.B., Wong, M.S., Burns, R.A., and Erdman, J.W.Jr. 1992. Reduction of phytic acid in soybeans products improves zinc bioavailability in rats. J. Nutr. 122: 2466-2467.