

# I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, así como en los países del área de Mesoamérica, el consumo del maíz es parte de nuestra cultura y ha venido con nosotros desde el tiempo de los mayas hasta nuestros días. En Guatemala el maíz se come en forma de tortilla que es el resultado de un proceso de cocción alcalino, conocido como nixtamalización.

Por eso se ha pensado que una forma de suplementar la dieta de los guatemaltecos sería por medio de la tortilla. Este trabajo se realiza pensando en que sí es posible enriquecer las tortillas nixtamalizadas por medio de la utilización de una cal suplementada con minerales al momento de la nixtamalización.

En este trabajo se realizó un estudio con el propósito de determinar la disponibilidad de iones de Hierro [ $\text{Fe}^{3+}$ ], en la masa de maíz destinada para hacer tortillas. El momento de adición de los iones fue durante la nixtamalización del maíz, incorporados a la cal. Los iones de Hierro se adicionaron al hidróxido de calcio en varias concentraciones.

El experimento se hizo con cuatro distintas presentaciones de Hierro, y al ver los resultados del estudio vemos que estos indican claramente que fue el óxido de Hierro el que se encontró a niveles más altos en la harina de maíz luego del proceso de Nixtamalización. Por lo tanto, es el Hierro que más disponibilidad presenta a comparación de las otras presentaciones de Hierro.

Como se esperaba, existe absorción de los iones al grano y por lo tanto están disponibles al ser humano al momento de comer.

Asimismo también vemos que las muestras de Óxido de Hierro a las que se les adicionó ácido ascórbico presentan niveles mas altos de Hierro por lo que se asume que la Vitamina C, tiene un efecto benéfico en la disponibilidad y/o absorción del Hierro en el grano de maíz.

Al estar disponibles los iones de Hierro en el maíz a través de la Nixtamalización, éste se convierte en un buen método para fortificar la masa de maíz para hacer las tortillas; es una forma fácil y muy económica de fortificación con la cual el campesinado y la gente de escasos recursos que utiliza la cal en el proceso de nixtamalización, puede aumentar su ingesta diaria de Hierro.

En un futuro se podría llegar a la implementación de un programa a nivel nacional que incluya la producción y distribución de una cal suplementada y que sea de fácil acceso a toda la población; esto vendría a ser una forma agresiva de luchar contra la desnutrición y contra muchas deficiencias alimenticias que encontramos en la gente en el interior del país y en los sectores pobres de nuestra sociedad.

## **II. ANTECEDENTES**

### **A. El maíz en la dieta**

La importancia del maíz en nuestro país es grande ya que su consumo está arraigado en nuestra cultura y se extiende por todo el territorio nacional.

Por razones históricas biológicas, económicas, sociales y estrictamente ideológicas el maíz tiene una importancia fundamental en la cultura de Guatemala. A lo largo de milenios y aún en el presente, en el cuerpo y en la cultura de los guatemaltecos “ha corrido y corre la leche del maíz”, como dicen los indígenas del altiplano meso-occidental de este país. Sin hipérbolos de ninguna clase, y tal como lo sugiere alegóricamente el Popol-Vuh, del maíz proviene la fuerza, la musculatura, el vigor del hombre, concebido este potencialmente como el producto más perfecto de la creación. La unidad ontológica del guatemalteco (el de antaño como el de hoy), es decir la combinación evolutiva de sus entidades física, social y cultural, gira entorno al maíz de modo preponderante. (Rojas, F., 1988)

El patrón dietético de Guatemala es similar, en gran parte, al de toda la región centroamericana y se integra fundamentalmente en base a tres alimentos: el maíz, el frijol, y el chile. En adición a estos, se le han incorporado otros alimentos, en forma casual, temporal o permanente. El consumo de estos otros alimentos, como fenómeno histórico es resultado del proceso de transculturación observado a lo largo de toda la historia del país. La disponibilidad de los alimentos modifica el patrón dietético de una población. En efecto, se consume lo que se tiene disponible. Esta disponibilidad no sólo modifica cualitativamente el patrón dietético, al remplazar un alimento disponible por otro no existente, sino también en forma cuantitativa. En este último caso cuantificado a lo largo de una escala, desde aquellas poblaciones con gran disponibilidad y que se refleja en una incidencia de obesidad y excesos nutricionales, hasta el otro extremo, con muy baja disponibilidad y que se manifiesta en forma de desnutrición y hambrunas. El patrón dietético de Guatemala se ha modificado a través del tiempo, en función de dicha disponibilidad. (Tejada, C., 1989)

### **B. Importancia del estudio**

La importancia de los cereales para la alimentación en el ámbito mundial es muy conocida. En nuestro país el maíz es de mucha importancia en la alimentación, especialmente en los sectores más pobres y en el interior del país.

La palabra nixtamalización se ha venido usando por unos veinte o treinta años, para hacer referencia al proceso alcalino de cocción del maíz, para convertirlo en masa y de ahí a una amplia cantidad de distintas preparaciones, entre las cuales la tortilla es posiblemente la más importante. El proceso es una

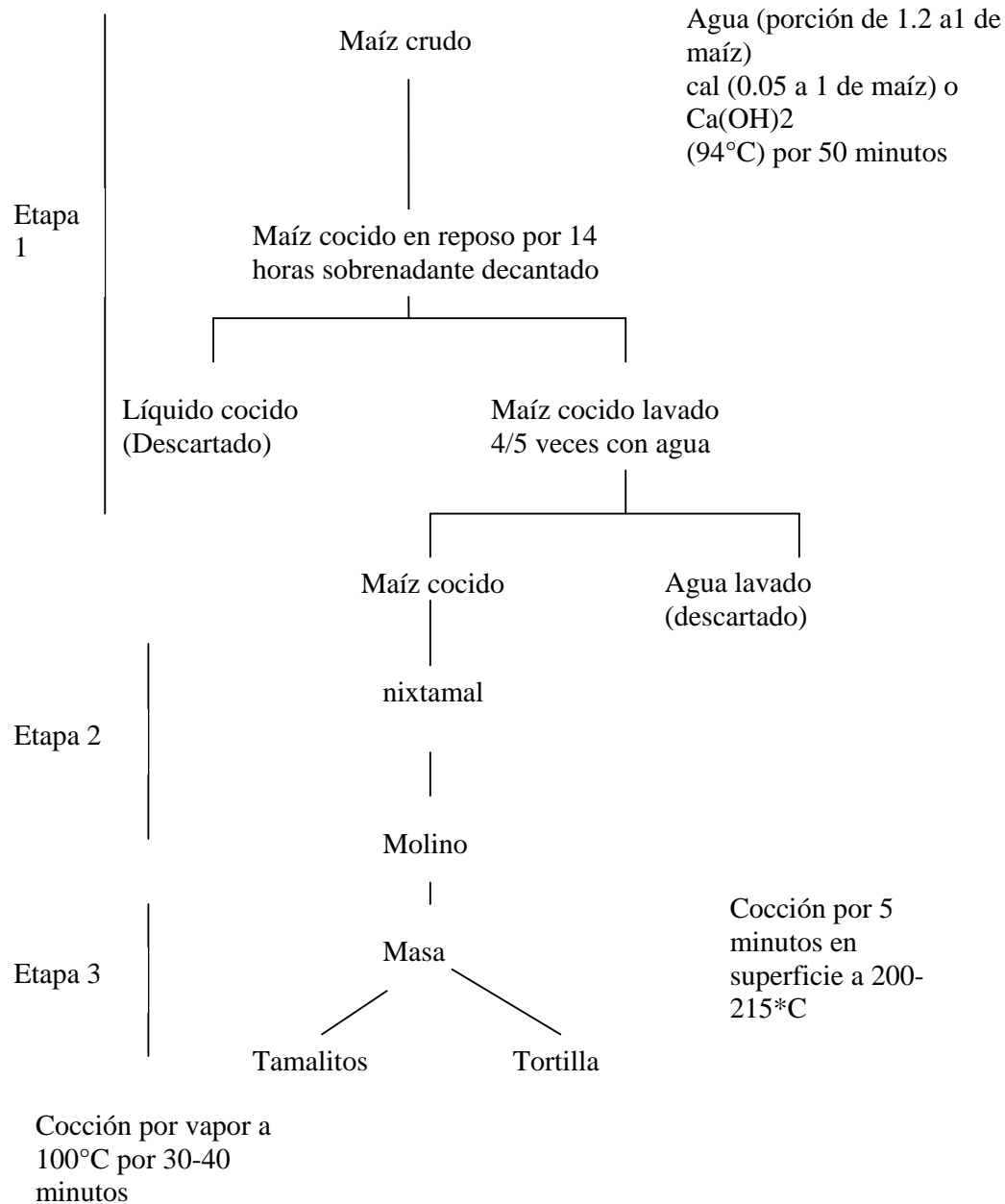
contribución de los mayas y los aztecas al mundo de la tecnología de alimentos, aunque ciertos grupos poblacionales de otras regiones han utilizado métodos alcalinos de cocción de cereales y otros productos y subproductos agrícolas. Como llegaron los mayas y aztecas a desarrollar esta tecnología y porque la aplicaron al maíz son temas de especulación; a menos que a través de prueba y error hayan decidido que ese proceso les era apropiado desde varios puntos de vista, incluyendo aspectos nutricionales, para convertir al maíz en una forma comestible como lo es la tortilla. Hoy en día gracias a estudios realizados en varios laboratorios se sabe relativamente mucho sobre este proceso y sus efectos (Bressani, 1995).

La transformación de maíz en tortillas requiere de un proceso en el cual se utiliza agua, calor e hidróxido de calcio. Estos tres elementos influyen en la composición química del maíz elaborado dando lugar a modificaciones en su contenido de nutrientes. Los cambios se deben a las pérdidas materiales de granos y a las pérdidas químicas causadas por la destrucción de algunos elementos nutritivos y de la transformación química de otros. El proceso de cocción alcalina para transformar el maíz en tortillas produce algunas pérdidas considerables de elementos nutritivos y también modifica notablemente su disponibilidad. (FAO, 1993)

Brahmam y Bressani (1966) y Poneros y Erdman (1988) han demostrado que el calcio de las tortillas es altamente disponible y que su disponibilidad aumenta si se mejora la calidad de las proteínas añadiendo los aminoácidos limitantes. Como se ha indicado en diversos estudios la disponibilidad de zinc podría depender de un exceso de calcio, en lugar de la fibra dietética. Aunque tras la cocción del maíz en agua de cal se producen pérdidas químicas de algunos nutrientes, la calidad de las proteínas es leve, pero persistentemente superior, en las tortillas que en el maíz. La biodisponibilidad del calcio aumentó cuando se suplementó el maíz tratado en agua de cal con sus aminoácidos limitantes, esto es lisina y triptófano. Poneros y Erdman (1988) han confirmado la elevada biodisponibilidad de calcio de las tortillas con o sin adición de ácido ascórbico. (FAO, 1993)

El siguiente es el proceso de la nixtamalización o cocción alcalina del maíz:

Diagrama 1. Proceso de Nixtamalización del maíz:



(Tucux, 1993)

## C. Fortificación y biodisponibilidad

La fortificación de alimentos ha sido definida como el mejoramiento nutritivo de los alimentos ampliamente consumidos por medio del agregado de nutrientes, tales como vitaminas, minerales y aminoácidos (u otros suplementos proteínicos) sin producir ningún cambio detectable en la apariencia, el sabor y las propiedades tecnológicas de esos alimentos. (Lachance, 1970)

En los últimos años se ha promovido grandemente la fortificación de alimentos debido a las ventajas que esta tiene, tales como un gran potencial para beneficiar en el menor tiempo a la mayor parte de la población que padece de desnutrición, además no requiere el desarrollo de nuevos hábitos alimentarios y tiene un costo relativamente bajo. Gracias a que los alimentos que habrán de fortificarse ya se comercializan y cuentan con un amplio sistema de distribución, la fortificación se puede introducir rápidamente y es un proceso sostenible. (De León, 1995)

Debido a que el consumo de maíz y harinas de maíz nixtamalizadas en Guatemala es grande, se consideran estas últimas como un buen vehículo para mejorar la calidad de la dieta de los guatemaltecos. (Contreras, 1999)

Debido a que la dieta del guatemalteco presenta una deficiencia marcada en algunos nutrientes como Vitamina A, Hierro, yodo, etc. , se han buscado las formas adecuadas para hacer llegar a la población productos fortificados con estos nutrientes; de ahí que productos como el azúcar es fortificada con Vitamina A, la sal con yodo, y se espera poder fortificar las harinas de maíz con nutrientes como hierro y vitaminas del complejo B. Según Martínez-Torres *et. al.*, (1987) de los cereales más consumidos en general, el maíz presenta la menor biodisponibilidad de Hierro. Según Rienhold *et. Al.* (1981) y Reinhold y García (1979) los principales factores que interfieren con la baja biodisponibilidad de hierro en el maíz son el ácido fítico y la fibra dietética. El ácido fítico presenta una alta afinidad para atrapar el hierro y otros elementos como el Zn. La fibra dietética tiene también la capacidad para ligar el Hierro. Sumado la presencia de estos factores es muy importante tomar en cuenta el hecho de que el contenido de Hierro en el maíz es bajo. Es muy poca la información disponible al respecto de los niveles de Hierro en los productos de mías como las harinas industriales, además que existe muy poca información sobre el comportamiento del ácido fítico frente al proceso de nixtamalización y producción de tortillas. (Contreras, 1999)

Según Contreras (1999), el ácido fítico disminuye considerablemente de una muestra de maíz crudo a la de masa y hubo otra leve disminución de la muestra de masa a la tortilla; hubo un descenso de 29%, que fortalece el hecho que sí es posible disminuir la cantidad de ácido fítico en el maíz, a través del proceso de nixtamalización estrictamente bajo las condiciones utilizadas en el estudio, las cuales son un tiempo de cocción de 75 minutos, un remojo de 50 grados Celsius durante 10 horas; la disminución de los niveles de ácido fítico deben incurrir directamente en el aumento significativo de los niveles de hierro ionizable, de tal forma que la disponibilidad teórica del hierro debe aumentar. (Contreras, 1999)

La biodisponibilidad del Hierro se puede medir mediante una prueba In Vitro o bien utilizando ratas, es decir, una prueba en vivo. Un ejemplo de prueba In Vitro tiene el siguiente proceso general: se colocan dos gramos de cada muestra y luego se llevan a 500 grados Celsius durante dos horas, se agrega ácido nítrico y agua destilada: se blanquean las cenizas. Se adiciona ácido clorhídrico y 25 mililitros de agua destilada. Se realiza un filtrado de la solución final y se leen las muestras en un aparato de absorción atómica con lámpara multielemento en la longitud de onda de absorción del Hierro. Por último se realiza una curva de calibración con estándares de Hierro entre 0 ppm y 5 ppm de hierro. (Contreras, 1999)

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

Tabla1 Compuestos de Hierro utilizados en la fortificación de alimentos.

Compuestos	Promedio Biodisp. relativa en Ratas	Promedio de Biodisp. relativa en Humanos	Costo * Relativo
<b>I Solubles</b>			
1.Sulfato ferroso	100	100	1
2.Fumarato ferroso	95	101	5
3.Lactato ferroso	-	106	7
4.Gluconato ferroso	97	89	11
4. Citrato de Amonio Ferrico	107	-	7
<b>II Fosfatos</b>			
1.Ortofosfato férrico	7-32	31	6
2.Pirofosfato férrico de Sodio	14	15	17
3. Pirofosfato férrico	45	-	
<b>III Elemental</b>			
1. Hierro reducido (H, Co)	8-6	13-90	1.5
2. Electrolítico	-	-	1.5
3. Carbonílico	-	-	1.5
<b>IV Complejos</b>			
1. NaFeEDTA	-	-	11
2. Hb	-	-	-

(Hurrell, 1985)

\* Valores expresados en función al Sulfato ferroso.

Podemos ver que los compuestos solubles son mejor absorbidos pero son también los más reactivos químicamente. En términos de biodisponibilidad los compuestos solubles tienen una absorción comparable al sulfato ferroso,

sin embargo sus costos son relativamente más altos lo que limita su uso. Por el otro lado los fosfatos causan menores problemas organolépticos, pero su biodisponibilidad es baja. Los polvos de hierro elemental ocupan una posición intermedia en términos de absorción y reactividad.

En un estudio realizado por el INCAP (2003) se encontró que la fortificación del nixtamal a nivel de molinos debe ser realizada fortificando el agua que se utiliza para la molienda y que el mejor compuesto de hierro a utilizar es el Hierro Aminoquelado debido a su solubilidad. Para el caso de la fortificación de la masa se debe utilizar Hierro Aminoquelado en la premezcla líquida o cualquiera de los compuestos de hierro cuando se utiliza premezcla en polvo. (De León, 2003)

En este mismo estudio, los resultados de la determinación de biodisponibilidad de hierro utilizando el método de Eficiencia de Regeneración de Hemoglobina (HRE, por sus siglas en inglés) y utilizando animales experimentales (ratas) indicaron que no existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes compuestos de hierro estudiados. En términos generales, las tortillas fortificadas con hierro Aminoquelado ferroso fueron las que obtuvieron los valores más altos de HRE y % VBR (Valor Biológico Relativo), seguidas por las que contenían Fumarato ferroso y por último las fortificadas con Sulfato ferroso. (De León, 2003)

Con lo que respecta al calcio la situación es distinta. Debido al uso de Hidróxido de calcio utilizado en el proceso de convertir el maíz en tortillas, el contenido de calcio en el producto incrementa significativamente hasta en un 400 % del valor original. Los resultados de estudios de biodisponibilidad llevados a cabo por Braham y Bressani en animales experimentalmente, nos muestran que el maíz tratado con cal es más o menos (85.4 %), similar en disponibilidad al calcio que encontramos en la leche entera (97.0 %) (Bressani, 1990)

Con respecto a Zinc, vale la pena observar lo siguiente: numerosos autores han reportado que el impacto mayor del ácido fítico en la nutrición humana es en la reducción de la biodisponibilidad del Zinc; ya que se ha visto que en estudios in vitro, el Zinc forma el complejo más estable (insoluble) con el ácido fítico. Diversas investigaciones implican al ácido fítico como el factor causante de la baja absorción del Zinc a partir de cereales e inclusive han establecido una relación inversa entre el contenido de ácido fítico en la dieta y la biodisponibilidad del Zinc a partir de dicha dieta. (Urizar, 1995)

Estudios posteriores han señalado que la biodisponibilidad del Zinc no sólo se ve afectada por la unión con el fitato, sino que también existe deficiencia por la presencia de algunos aditivos alimenticios (ácido pirofosfato) u otros metales que causen un efecto sinérgico como el calcio. Se ha señalado que la presencia de calcio en los alimentos puede aumentar la absorción del Zinc u otros metales. Al competir por el fitato el calcio desplaza al Zinc u otro y por tanto aumenta su solubilidad. Estudios han mostrado que la cantidad de Zn libre es proporcional a la concentración de calcio a los niveles bajos de fitato. En el caso del hierro hay controversia, algunos señalan que no existe un efecto significativo y que la baja absorción del mineral se debe a la presencia de otros interferentes, como la fibra; sin embargo no se descarta la posibilidad de efectos quelantes por parte del ácido fítico o bien cambios en la microflora del intestino que puedan causar inhibición enzimática. (Urizar, 1995)

Por último es importante decir que el alimento fortificado debe ser consumido por la población en riesgo: los alimentos comercialmente disponibles llegan a una gran cantidad de consumidores, pero una de las condiciones más importantes es que sean accesibles al grupo humano que más deseamos favorecer. Probablemente no se logre la meta nutricional establecida con este grupo, por lo que es importante determinar en qué grado se ha beneficiado, para así identificar que otras medidas complementarias son necesarias para alcanzar el fin propuesto. (Dary, O., 1999)

Este es el caso de la tortilla, la cual constituye un buen medio de distribución de unos elementos tan esenciales como lo son el Hierro y el Zinc. Indiscutiblemente es el alimento de mayor consumo masivo en nuestro país y con capacidad de llegar a todos los rincones de nuestro país.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

La justificación para realizar este trabajo tiene motivos experimentales pero también sociales. Los campesinos en el interior del país utilizan cal para remojar el maíz que está esperando ser hervido y molido. Existe la posibilidad que ciertos iones, además del Calcio puedan ser absorbidos por el maíz al momento de ser hervido y estar en remojo. De esta forma los iones estarían presentes en el producto final: la tortilla, con lo cual estarían disponibles para ser ingeridos por el ser humano.

La importancia del estudio radica en que la nixtamalización constituye una forma fácil por medio de la cual se puede suplementar la tortilla, ya que junto con la Cal, se pueden agregar algunos Minerales y de esta manera beneficiar a los consumidores de la misma, que estarían consumiendo un alimento más nutritivo. Los beneficiados serían los consumidores de tortillas en todo el país, que en su mayoría son campesinos, indígenas y gente de escasos recursos.

En un futuro, se podría distribuir y/o producir una cal que contenga Hierro y otros iones; esto se podría realizar a escala nacional y con esto ayudar a que la gente más necesitada pueda recibir una mejor alimentación por medio de un producto de consumo masivo como lo es la tortilla.

## **IV. OBJETIVOS**

### **General**

Determinar la presencia de los iones de Hierro en la harina de maíz, luego del proceso de nixtamalización.

### **Específicos**

1. Determinar que tipo de sal de Hierro es la que muestra un mejor comportamiento en cuanto a la retención del Hierro.
2. Determinar el comportamiento de las sales de Hierro al agregarle vitamina C.

## V. HIPÓTESIS

**A.** Los iones de Hierro adicionados por medio de la cal, durante el proceso de nixtamalización, estarán presentes en la harina a consumir por el ser humano.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado para la realización de este experimento, fue maíz blanco, específicamente el HB Proticta, el cual es un maíz alto en proteína.

Se pesaron 200 gramos de maíz y se adicionaron 500 ml., de agua destilada. También le agregamos 2.4 gramos de Cal químicamente pura. En este momento se adicionó el Hierro, la concentración fue distinta para cada experimento. Todo esto junto se puso a cocinar (ebullición) por espacio de una hora. Luego se procedió a dejar en reposo durante 12 a 14 horas. Se espera que alcance temperatura ambiente y se procede al lavado de los granos de 3 a 4 veces con agua destilada.

Luego se puso a deshidratar la muestra en un horno de convección. Al estar deshidratada la muestra se realizó la molienda en un molino de acero inoxidable. Al tener la harina molida, se tomaron 2 gramos de la harina por cada tipo y concentración de Hierro y se procedió a incinerar las muestras en una Muffla, de acuerdo al método de la AOAC (1984). Las cenizas que obtuvimos las blanqueamos con 4 ml. de Ácido Nítrico y junto con la estufa de calor se utilizó una campana de extracción de gases.

Al final, las cenizas se filtraron con 3 ml. De HCl y con agua destilada en balones de 100 ml., en los cuales se realizó el análisis de Hierro por Espectrofotometría y por medio de Absorción Atómica, ambos análisis de acuerdo al método de la AOAC (1984).

En los que respecta a materiales, utilizamos cuatro sales de hierro diferentes: Sulfato Ferroso, Sulfato Férrico, Óxido de Hierro, y Cloruro Férrico.

Además del equipo anteriormente mencionado también se usaron beakers, balones, una balanza analítica, buretas y cristalería en general.

## VII. RESULTADOS

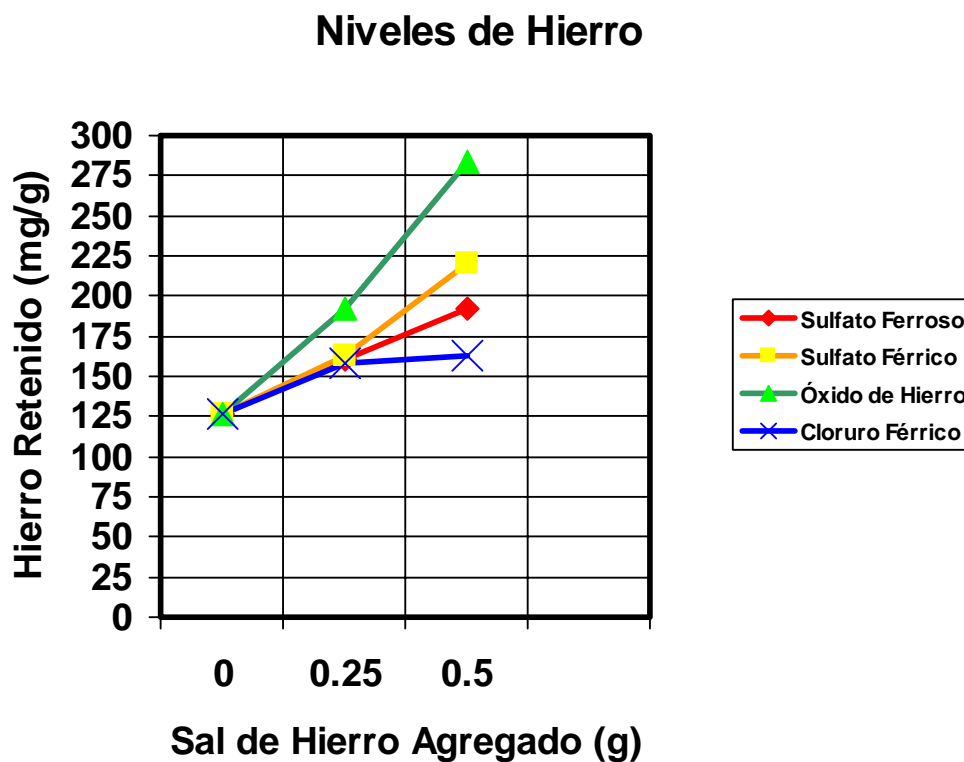
En la tabla 2 se presentan los resultados del experimento de fortificación, utilizando cuatro distintos tipos de Hierro. Vemos que el Hierro que mayor retención presenta por parte del Maíz es el Óxido de Hierro. La columna de Hierro presente en la Harina de Maíz nos indica el valor de hierro disponible en la harina al final del proceso.

Tabla 2. Valores de retención de cuatro tipos de Hierro en el maíz.

Sal de Hierro	Cantidad añadida, Fe (g/100g.)	Contenido de Hierro presente (g/100g.)
Sulfato Ferroso	0.25	0.160
Sulfato Ferroso	0.5	0.193
Sulfato Férrico	0.25	0.163
Sulfato Férrico	0.5	0.220
Óxido de Hierro	0.25	0.193
Óxido de Hierro	0.5	0.284
Cloruro Férrico	0.25	0.158
Cloruro Férrico	0.5	0.163

La figura 1 presenta la grafica de la diferencia que existe en la retención por parte del maíz de los cuatro distintos tipos Hierro. Vemos que la retención que presenta el Óxido de Hierro es muy superior a la retención de todos los demás hierros, en la harina de maíz. El Hierro que menor disponibilidad presentó en la harina final fue el Cloruro Férrico. Vemos que esta diferencia se hace mayor conforme la concentración del tipo de Hierro aumenta.

Figura 1. Valores de retención de cuatro tipos de Hierro en el maíz.



Los resultados del efecto de la fortificación con Óxido de Hierro se presentan en la Tabla 3. Se observa una mayor retención del Hierro por parte del maíz, cuando la concentración es de 0.75 g. de Hierro añadido por cada 200 gramos de maíz. Incluso, la retención es mayor cuando adicionamos 0.75 gramos que cuando adicionamos 1 gramo, de Hierro.

En la Tabla 4 se presentan los datos de la fortificación del maíz con Óxido de Hierro, con Vitamina C añadida. Se observa la misma tendencia que en la Tabla 1, pero con la diferencia que los niveles de Hierro presentes en la harina al final del proceso, son mayores. Hay mayor absorción del Hierro en la harina cuando hay presencia de Vitamina C.

Tabla 3. Retención del Óxido de Hierro a distintas concentraciones en el maíz.

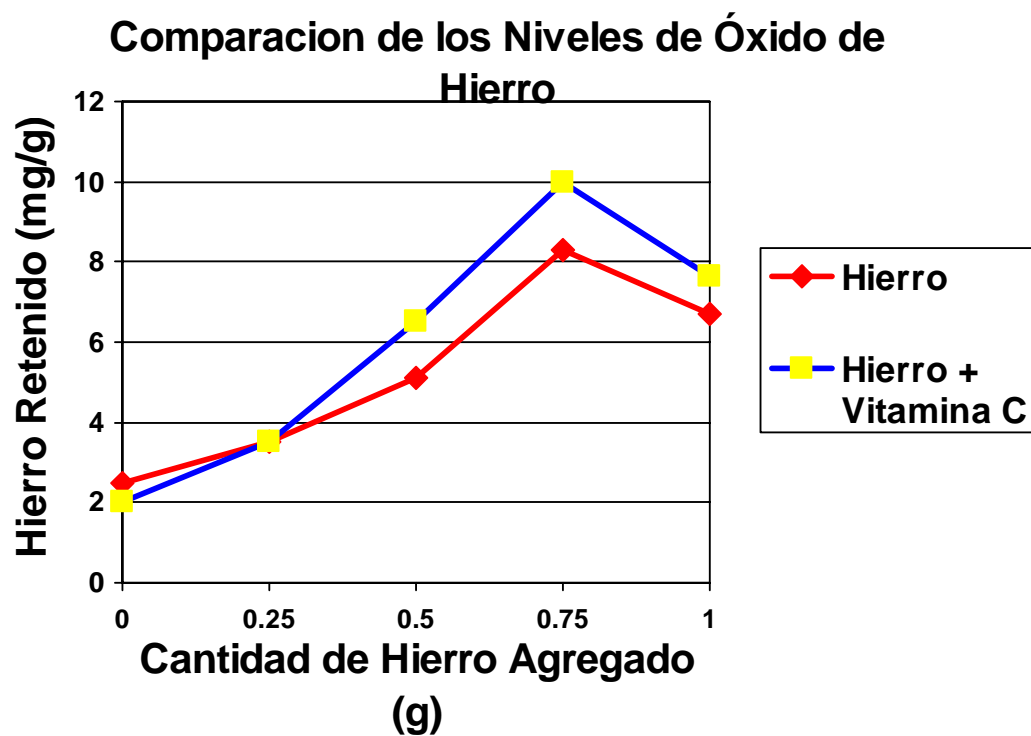
Cantidad añadida (g.)	Concentración de Hierro presente en harina (mg/g)
0	2.5 +/- 0.0
0.25	3.5 +/- 0.2
0.5	5.1 +/- 0.7
0.75	8.3 +/- 0.1
1	6.7 +/- 0.5

Tabla 4. Retención del Óxido de Hierro a distintas concentraciones en el maíz, en presencia de Vitamina C añadida.

Cantidad añadida (g.)	Concentración de Hierro presente en harina (mg/g)
0	2.0 +/- 0.0
0.25	3.5 +/- 0.2
0.5	6.5 +/- 0.0
0.75	10.0 +/- 0.7
1	7.65 +/- 0.2

En la Figura 2 podemos observar la gráfica de los resultados de la fortificación con Óxido de Hierro solamente y también la gráfica de los resultados de la fortificación con Óxido de Hierro pero en presencia de Ácido Ascórbico. Vemos que la retención de Hierro aumenta en presencia de la Vitamina C. La tendencia de las gráficas es la misma en todas las concentraciones de Hierro utilizadas en el experimento, pero la disponibilidad del Hierro en la harina aumenta con la Vitamina C agregada a la muestra.

Figura 2. Comparación de los resultados de Hierro retenido, luego de una fortificación solo con Óxido de Hierro y de Óxido de Hierro con Vitamina C.



## VIII. DISCUSIÓN

Se pueden ver en la tabla 1 la retención de los cuatro tipos de Hierro utilizados en el experimento. Estos valores representan la absorción o retención del Hierro después del proceso de nixtamalización y fueron analizados por espectrofotometría. El Óxido de Hierro resultó tener una mayor absorción por parte del grano de maíz y por lo tanto, en nuestros resultados. El Óxido de Hierro tiene más capacidad para enlazarse con las moléculas del grano de maíz y por eso se pierde menos en el lavado del maíz. Es más eficiente a la hora de penetrar en el grano de maíz.

Al tener el Óxido de Hierro una retención mayor en el maíz, fue utilizado para la segunda parte del experimento donde lo probamos a distintas concentraciones, con el fin de encontrar cual es la concentración idónea para realizar una fortificación efectiva.

En la tabla 2 vemos que la muestra a la que el Hierro presenta mayores niveles de absorción y retención en el maíz fue la de 0.75 gramos de Óxido de Hierro añadido por cada 200 gramos de maíz. Vemos incluso que los valores de retención cuando utilizamos 1 gramo por cada 200 gramos de maíz son menores que cuando utilizamos 0.75 gramos por cada 200 gramos de maíz. Esto podría ser causado por la capacidad del grano para retener cierta cantidad de este tipo de Hierro y que pudiera existir un nivel de saturación en el que las moléculas pierden la capacidad de absorción del Hierro.

En la Tabla 3 se presentan los datos con la misma tendencia pero con la diferencia que tienen 0.1 gramos de Vitamina C añadida por cada 100g de harina de maíz. Vemos que los resultados tienen la misma tendencia, pero la diferencia se observa en que los valores de retención son mayores en presencia de Ácido Ascórbico que los valores de Retención en ausencia del mismo.

Una explicación a estos resultados puede ser que la Vitamina C reduce el Hierro en su condición  $[Fe^{3+}]$  y lo convierte en  $[Fe^{2+}]$ , lo cual lo hace más disponible y puede ser retenido más fácilmente por el grano de maíz.

Un punto muy importante al observar los datos de la tabla 3 y de la gráfica 2, es que la Vitamina C de alguna manera ayuda a la retención del Hierro por parte del grano de maíz. Al aumentar la presencia del Hierro en el grano de maíz, este se vuelve más disponible para el consumidor de la harina o del producto final.

Con base a estas evidencias podemos decir que aceptamos tanto la Hipótesis del presente estudio. Los iones de Hierro añadidos por medio de la Cal, sí están disponibles en la harina, al final del proceso de nixtamalización; la Vitamina C, cuando está presente, hace que esta retención y disponibilidad sea aún mayor.

## **IX. CONCLUSIONES**

1. El Hierro que presenta mayor absorción por parte del maíz es el Óxido de Hierro.
2. La mejor retención de Hierro se dio cuando fortificamos con 0.75 gramos por cada 200 gramos de maíz.
3. La vitamina C aumentó el nivel de absorción y retención del Óxido de Hierro.
4. La hipótesis se acepta ya que sí existe absorción y retención de los lones de Hierro en la harina, luego de una fortificación por medio del proceso de nixtamalización.

## **X. RECOMENDACIONES**

1. Como seguimiento a este trabajo se recomienda realizar una prueba de biodisponibilidad con animales (In vivo) para ver la biodisponibilidad del Óxido de Hierro y el efecto de la vitamina C en la asimilación del mismo.
2. También se recomienda realizar un estudio sobre la influencia del pH del agua y su efecto en la acción de la vitamina C y en la retención de las sales en el maíz.
3. Realizar un estudio sobre la incorporación de sales de Hierro a la Cal, con el propósito de iniciar una posterior producción y distribución de una Cal suplementada con minerales a nivel nacional.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC Official Methods of Analysis, 1984, 14<sup>th</sup>. Ed. Arlington, VA. US.
- Bressani, R., 1999, Chemistry, Technology, and Nutritive value of Maize Tortillas, Food Reviews International, 6(2),225-264 (1990)
- Bressani, R., 1995, La nixtamalización del maíz, 1995, Agroindustria Rural, CIRAD-IICA, No 1, Junio, p. 64-84.
- Contreras, P, 1999, Tesis: Biodisponibilidad del hierro presente en muestras de maíz crudo, masa nixtamalizada y tortillas, Lopdel, Guatemala, 72 pp.
- De León L., 2003, Informe Final: Desarrollo tecnológico y evaluación de la fortificación con hierro de masa de maíz nixtamalizada mejorada o no con soya, 1<sup>a</sup> Edición, INCAP/OPS-CONCYT, Guatemala, Guatemala. 109 pp.
- De León, L., 1995, Experiencia de la industria de Alimentos en la fortificación con hierro. Primer Simposio Nacional sobre micronutrientes, San José Costa Rica, Publicación INCAP CE/072
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación) El Maíz en la Nutrición Humana, 1993,1era Edición, Roma Italia. 172 pp.
- Hurrell, R.F., 1985, Nonelemental sources. In: Iron Fortification of Foods. Academic Press., p.39-53
- Lachance, P.1972, La filosofía de la fortificación y nutrificación aplicada del maíz.Cap. 2 En Memorias de la Conferencia Internacional de Nutrición celebrada en el INCAP, Bressani R.,Braham E, y Behar M. (Ed.) , Impresos INCAP, 325 pp.
- Rojas, F. 1988. La cultura del maíz en Guatemala, Delgado Impresos, Guatemala, Guatemala. 146 pp.
- Tejada, C., 1989. Evolución histórica de las enfermedades nutricionales en Guatemala, Editorial Independiente, Guatemala, 322 pp.
- Tucux, 1993, Tesis: Efecto del proceso de nixtamalización de variedades del maíz sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de la tortilla y el tamalito, USAC, Guatemala, 162 pp.
- Urizar, A., 1995, Tesis: Efecto de la nixtamalización del maíz sobre el contenido de ácido fítico, calcio y hierro, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala, 123 pp.