



**Centro de Investigación en Alimentación y  
Desarrollo, A.C.**

**LA FORTIFICACIÓN DE HARINAS Y SU  
CONTRIBUCIÓN A LA INGESTIÓN DE VITAMINAS (B1,  
B2, B3, ÁCIDO FÓLICO), HIERRO Y ZINC EN  
POBLACIÓN PREESCOLAR**

---

Por:

**Gabriela Beltrán Rivas**

TESIS APROBADA POR LA

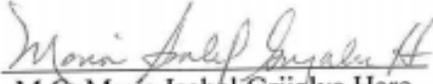
CORDINACIÓN DE NUTRICIÓN

Como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRÍA EN CIENCIAS**

## APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Gabriela Beltrán Rivas, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Nutrición.



---

M.C. María Isabel Grijalva Haro  
Directora de tesis



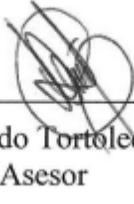
---

Dra. Graciela Caire Juvera  
Asesor



---

Dra. Martha Nydia Ballesteros Vásquez  
Asesora



---

M.C. Orlando Tortoledo Ortiz  
Asesor

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en esta tesis es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Director General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis requiere la autorización escrita, del manuscrito en cuestión, del director o directora de tesis. En estos casos siempre se deberá dar los créditos al CIAD.



---

Dr. Pablo Wong González  
Director General

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a CONACYT por la beca otorgada durante estos dos años de maestría.

A CIAD, muchas gracias por recibirme como alumna de posgrado y brindarme la oportunidad de superarme académicamente.

Gracias al proyecto de Tablas de composición y valor nutritivo de los alimentos por financiar mi investigación.

Un especial agradecimiento a mi directora de tesis M.C. María Isabel Grijalva Haro por abrirme sus puertas desde mis prácticas profesionales y por toda la ayuda, consejos y conocimiento que me brindó durante estos años; sin duda no pude haber elegido a una mejor directora que a usted. Muchas gracias por todo maestra.

A mis asesores y profesores, la Dra. Martha Nydia Ballesteros Vásquez y Dra. Graciela Caire Juvera, gracias por su ayuda y guía durante mis clases y durante las reuniones de comité. Al M.C. Orlando Tortoledo Ortíz muchas gracias por capacitarme y compartirme tu conocimiento, por ayudarme, corregirme y no desesperarte cuando no sabía hacer las cosas.

Muchas gracias a Amparo Nieblas y Luis Enrique González por capacitarme, guiarme y ayudarme durante mi proceso de aprendizaje en el laboratorio. Gracias a Bianca Vargas por su ayuda en trabajo de campo, y por compartirme de su conocimiento y ayuda en el laboratorio. Gracias a Luisa, Gaby, Itze y Oddete por su ayuda en el laboratorio y en trabajo de campo.

Muchas gracias a mis nuevas amigas que hice durante la maestría, Gina y Ale; por aguantar estos más de dos años juntas, por todas las desveladas, risas, experiencias y llanto que compartimos juntas en este tiempo; sin duda su compañía hizo que los días

malos fueran mejores. Gracias por las palabras de aliento y ánimo que me brindaron cuando lo necesité.

A mis otros amigos; Cacho, Adria, Fer, Hermi y Orlando, gracias por su amistad en estos años, la maestría fue muy divertida con ustedes.

Le agradezco a Dios las fuerzas y paciencia que me dio para poder realizar mi maestría, así como la inteligencia y conocimiento que me presta. Muchísimas gracias a mi mamá por siempre apoyarme en todo, por sus oraciones y palabras de aliento cuando ya no quería continuar y por siempre impulsarme a superarme y dar lo mejor de mí. Le agradezco a Amis por el cariño y apoyo que me brindó. A mi tío Andy le agradezco mucho todo el apoyo que me ha brindado y también que me haya presentado a la maestra Chave, creo que sin ellos nada de esto se hubiera dado. A mi familia y hermanos muchas gracias.

## **DEDICATORIA**

A mi mamá Sara Gabriela Rivas Sandoval porque todos mis logros te los debo a ti, y a mi papá José Luis Beltrán Camacho, porque aunque ya no estás aquí, sé que estuvieras muy orgulloso de lo que he logrado.

## CONTENIDO

<b>APROBACIÓN</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>DECLARACIÓN INSTITUCIONAL</b> .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>DEDICATORIA</b> .....	6
<b>CONTENIDO</b> .....	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	9
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	10
<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	¡Error! Marcador no definido.3
<b>2. PRINCIPALES DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES..</b> ¡Error! Marcador no definido.	
2.1 Tiamina.....	14
2.2 Riboflavina.....	16
2.3 Niacina.....	16
2.4 Ácido Fólico.....	177
2.5 Hierro.....	18
2.6 Zinc.....	19
<b>3. FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS</b> .....	21
3.1 Fortificación de Harinas.....	22
3.2 Implementación en México como una Medida Preventiva.....	23
<b>4. RECOMENDACIONES Y NORMA OFICIAL MEXICANA PARA LA FORTIFICACIÓN DE HARINAS</b> .....	25
4.1 Fortificación de Harinas de Trigo y Maíz con Diversos Micronutrientes.....	287
4.1.1 Tiamina .....	29
4.1.2 Riboflavina .....	30
4.1.3 Niacina.....	31
4.1.4 Ácido Fólico .....	33
4.1.5 Hierro .....	34
4.1.6 Zinc .....	36
<b>5. HIPÓTESIS</b> .....	37
<b>6. OBJETIVOS</b> .....	38
6.1 Objetivo General.....	38
6.2 Objetivos Específicos.....	38

<b>7. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	39
7.1 Muestras de Harinas y Método de Recolección de Datos.....	39

**CONTENIDO (Continuación)**

7.2 Caracterización Fisicoquímica de las Harinas Fortificadas.....	39
7.3 Determinación de la Cantidad de Hierro y Zinc en Harinas Fortificadas.....	39
7.4 Determinación de la Cantidad de Tiamina, Riboflavina, Niacina y Ácido Fólico en Harinas Fortificadas.....	40
7.5 Población de Estudio.....	411
7.5.1 Criterios de Inclusión.....	421
7.5.2 Criterios de Exclusión.....	42
7.6 Métodos de Evaluación.....	422
7.6.1 Antropométrica.....	422
7.6.2 Bioquímica.....	433
7.6.2.1 Hemoglobina.....	443
7.6.2.2 Ferritina.....	443
7.6.2.3 Zinc.....	44
7.6.2.4 Riboflavina.....	454
7.6.3 Dietaria.....	454
7.6.3.1 Recordatorio de 24 horas.....	45
7.6.3.2 Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos.....	46
7.7 Análisis de Datos.....	46

**8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**..... **Y**

<b>DISCUSIÓN</b> .....	466
8.1 Análisis de las Harinas Fortificadas.....	466
8.1.1 Caracterización Fisicoquímica de las Harinas Fortificadas.....	46
8.1.2 Determinación de Minerales y Vitaminas del Complejo B en Harinas Fortificadas.....	48
8.2 Características Físicas, Antropométricas y Biológicas de los Preescolares.....	576
8.2.1 Descripción de la Población de Preescolares.....	57
8.2.2 Evaluación Antropométrica.....	587
8.2.3 Evaluación Bioquímica.....	59
8.2.4 Evaluación Dietaria.....	62

8.2.4.1 Recordatorio de 24h .....	62
8.2.4.2 Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos.....	68
<b>9. CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>10. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>11. REFERENCIAS.....</b>	<b>73</b>

### LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pagina</b>
1	Porcentajes de cumplimiento de contenido de ácido fólico, hierro y zinc en harinas de trigo y maíz analizadas en el periodo 2005-2012.....	28
2	Concentración de hierro en las diferentes marcas de harinas comerciales.....	50
3	Concentración de zinc en las diferentes marcas de harinas comerciales. ....	51
4	Concentración de tiamina en las diferentes marcas de harinas comerciales. ....	53
5	Concentración de riboflavina en las diferentes marcas de harinas comerciales. ....	54
6	Concentración de niacina en las diferentes marcas de harinas comerciales. ....	55
7	Concentración de ácido fólico en las diferentes marcas de harinas comerciales. ....	56
8	Diagnóstico nutricional basado en puntaje Z. ....	58
9	Proporción de Anemia y Reservas de Hierro en los preescolares de Hermosillo. ....	60
10	Porcentajes de cumplimiento de los diferentes nutrimentos con respecto a la Ingesta Diaria Recomendada. ....	69

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
1	Cantidades promedio de nutrientes que pueden adicionarse a la harina de trigo en función de la extracción, el compuesto fortificador y la disponibilidad estimada de harina por habitante.....	26
2	Restitución y adición de micronutrientes en las harinas de trigo y maíz nixtamalizado de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008. ....	27
3	Análisis proximal de las harinas comerciales de trigo y maíz. ....	46
4	Concentraciones de minerales y vitaminas del complejo B en harinas comerciales de trigo y maíz.....	49
5	Características antropométricas de la población de estudio. ....	57
6	Parámetros bioquímicos de los preescolares de Hermosillo. ....	59
7	Principales alimentos consumidos en la dieta de los preescolares.....	63
8	Consumo de macro y micro nutrimentos de la población preescolar evaluada.....	64
9	Principales alimentos derivados de las harinas consumidos por los preescolares.....	68

## RESUMEN

El cambio de la dieta tradicional mexicana a una rica en alimentos densamente calóricos y pobres en micronutrientes, aunado al procesamiento de los alimentos, ocasionan pérdida de vitaminas y minerales, induciendo deficiencias de múltiples micronutrientes. La fortificación de alimentos se ha utilizado como una estrategia para mejorar el estado nutricional de la población de una región o de un país, es por ello que en México se publicó la Norma Oficial Mexicana: NOM-247-SSA1-2008; en ésta se dan las pautas para la adición y restitución de nutrientes en las harinas de trigo y maíz nixtamalizado. Si bien se tiene establecida la normatividad en el país, esta política no está bien regulada ni suficientemente monitoreada. El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de fortificación de las harinas de trigo y maíz que se comercializan en Hermosillo, Sonora y su contribución de micronutrientes a los preescolares hermosillenses. En las harinas de trigo y maíz, los intervalos de las concentraciones de hierro fueron de 48.95-89.94 mg/kg, y de zinc, 38.55-52.10 mg/kg. Para las vitaminas, se tuvieron 17.93-86.59 mg/kg para tiamina, 14.48-29.47 mg/kg para riboflavina, 10.29-21.8 mg/kg para niacina y 0.00-2.38 mg/kg para ácido fólico. La evaluación bioquímica mostró que 4% de los preescolares presentó anemia, mientras que 84% presentó deficiencia en las reservas de hierro. La evaluación dietaria mostró que los alimentos más consumidos por los preescolares fueron las tortillas de harina de trigo y de maíz, las pastas, galletas industriales y los cereales. De acuerdo a lo reportado en el cuestionario

de frecuencia de consumo de alimentos, todas las vitaminas del complejo B cubrieron más del 100% de la recomendación diaria, mientras que, para los minerales, más de la mitad de la población alcanzó a cubrir las recomendaciones diarias para el hierro y zinc. Los resultados de este trabajo muestran que es necesaria la supervisión adecuada del gobierno para que se cumpla con la correcta adición de micronutrientes a las harinas, lo que podría mejorar el estado nutricional de micronutrientes en la población en general.

**Palabras clave:** Fortificación de alimentos, harinas de trigo, harinas de maíz, hierro, zinc, vitaminas del complejo B.

### **ABSTRACT**

The change from the traditional Mexican diet to a diet rich in caloric and micronutrient-poor foods, combined with the processing of food, especially cereals, causes loss of vitamins and minerals, inducing deficiencies of multiple micronutrients. Massive food fortification has been used as a strategy to improve the nutritional status of the population. Therefore, Mexico published the Official Mexican Standard NOM-247-SSA1-2008, which indicates guidelines for the addition and restitution of nutrients in nixtamalized corn and wheat flours, as well as the quantity that must be added. Although the regulation is established in the country, this policy is not well regulated or sufficiently monitored. The objective of this research was to determine the level of fortification of wheat and maize flours marketed in Hermosillo, Sonora, and their micronutrient contribution to children from preschool level. In wheat and maize flours, the ranges of iron concentrations were 48.95-89.94 mg/kg and the ranges for zinc were 38.55-52.10 mg/kg. Concentrations of vitamins were 17.93-86.59 mg/kg for thiamine, 14.48- 29.47 mg/kg for riboflavin, 10.29-21.8 mg/kg for niacin and 0.00-2.38 mg/kg for folic acid. The biochemical evaluation showed that 4% of the preschoolers had anemia, while 84% had deficiencies in the iron reserves. The foods most consumed by preschool children were wheat and maize flour tortillas, pastas, industrial biscuits and breakfast cereals. According to the food frequency questionnaire, all the B complex vitamins covered more than 100% of the daily recommendation, and more than half of the

population reached the daily recommendations for iron and zinc. The results of this work show how that an adequate supervision from the government is needed to monitor that the correct addition of micronutrients to the flours is achieved, which could improve the nutrient status of micronutrients in the general population.

**Keywords:** Food fortification, wheat flour, maize flour, iron, zinc, vitamin B complex.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cuerpo humano necesita de múltiples nutrientes, tanto de origen animal como vegetal para cumplir con sus funciones. Una dieta monótona, no aportará los suficientes nutrientes provocando así, deficiencia de vitaminas y minerales (Guamuch et al., 2014). Al asegurar la ingestión adecuada de micronutrientes de las poblaciones en riesgo se disminuyen las enfermedades y se promueve el crecimiento y aprendizaje de los niños (Serdula, 2010b).

Uno de los problemas de salud pública que se presenta principalmente en los países en desarrollo, son los relacionados con la nutrición. Mundialmente se han reportado más de 6.9 millones de muertes en niños menores de 5 años debido a una mala nutrición, más específicamente por deficiencia de micronutrientes. A pesar de que se están llevando a cabo programas para reducir las muertes, estas deficiencias siguen afectando a un gran número de niños, lo que resulta en una peor salud y menor desarrollo cognitivo (Pritwani y Mathur, 2015).

La fortificación de alimentos es una medida en salud pública que se utiliza para prevenir deficiencias de vitaminas y minerales y asegurar su adecuada ingestión. Para llevar a cabo este proceso, se hace uso de alimentos básicos en la dieta de poblaciones y que pueden ser utilizados como vehículos de la fortificación. Es así, que los cereales y

específicamente las harinas de trigo y maíz se pueden fortificar con varios micronutrientes y aprovechar que estos son de alto consumo diario, con lo cual se puede lograr un impacto benéfico en la salud de las poblaciones (Serdula, 2010a). Desde 1997, se recomendó en México la fortificación de harinas de trigo y de maíz (Figueroa et al., 2001), más no fue sino hasta 2008 que se estableció la NOM-247-SSA1-2008, sin embargo, no existe un adecuado monitoreo ni supervisión de la misma. Por lo tanto, en este estudio se pretende determinar el nivel de fortificación de las harinas de trigo y maíz que se comercializan en el estado de Sonora y su efecto en la contribución de micronutrientes de preescolares Hermosillenses.

## **2. PRINCIPALES DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES**

La deficiencia de micronutrientes es la falta de vitaminas y minerales esenciales que el cuerpo requiere en pequeñas cantidades para el óptimo funcionamiento del organismo. El cambio de la dieta tradicional mexicana a una rica en alimentos densamente calóricos y pobres en micronutrientes, aunado al procesamiento de los alimentos, sobre todo de cereales, ocasionan pérdida de vitaminas y minerales (Olivares, 2013; Pedroza-Tobías et al., 2016). Además, la dieta de la población en condiciones de pobreza, limita de por sí el aporte, induciendo deficiencias de múltiples micronutrientes (Rivera et al., 2001; Rosado et al., 1999; Pedroza-Tobías et al., 2016).

Las vitaminas y minerales cuyas deficiencias son más comunes y por tanto de mayor importancia para la nutrición humana, son la tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, hierro y zinc (Akhtar et al., 2011; Latham, 2002). Las manifestaciones clínicas de su deficiencia, pueden o no ser visibles, dependiendo de la severidad.

### 2.1 Tiamina

El beriberi es la enfermedad que se asocia con la deficiencia de tiamina. La deficiencia severa de esta vitamina provoca enfermedades cardiovasculares y neurológicas. El síndrome de Wernicke-Korsakoff se ha asociado a la deficiencia, sin embargo, esta enfermedad no es provocada por la alimentación, sino por el abuso en el consumo de alcohol (Tiong et al., 2015; Gropper y Smith, 2013).

En 1995 se realizó una revisión de la información de deficiencias de vitaminas en la población mexicana por Rosado y colaboradores (1995). En dicha revisión encontraron un estudio en donde se evaluaban los niveles de ingestión y excreción urinaria de tiamina, riboflavina, N-metil-nicotinamida y ácido ascórbico en niños de siete comunidades rurales y de la ciudad de México. Entre el 10 y 30% de los niños estudiados presentaron excreciones bajas de todas las vitaminas con excepción del ácido ascórbico. Lo anterior reflejaba que las deficiencias de dichas vitaminas eran mayores que las documentadas en estudios previos.

En 2012 se reportó en México tanto el consumo habitual como las prevalencias por consumo inadecuado de diferentes micronutrientes en niños preescolares, siendo el de la tiamina de 1.00 mg/d y 1.51% respectivamente, en donde el porcentaje es variable dependiendo de la región geográfica del país y el estado socioeconómico (Pedroza-Tobías et al., 2016). De igual forma, se analizaron datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) del 2012 y se reportó una inadecuación baja en la ingestión de tiamina en niños (Rivera et al., 2016); datos que concuerdan tanto con el consumo como con la inadecuación en la ingestión de tiamina presentados anteriormente.

En ocasiones la deficiencia de tiamina se asocia con carencia de otras vitaminas y a pesar de no ser una deficiencia rara no existe mucha información sobre esta vitamina (Latham, 2002).

## 2.2 Riboflavina

Por lo general, la deficiencia de riboflavina está acompañada de otras carencias vitamínicas, principalmente de vitaminas del complejo B. Cuando ésta es severa produce queilosis, estomatitis angular, dermatitis y anemia (NCCFN, 2005; Gropper y Smith, 2013).

En la revisión realizada por Rosado y colaboradores (1995), se encontró un estudio en donde se evaluaba la excreción urinaria de riboflavina y otras vitaminas, entre niños de comunidades rurales y de nivel socioeconómico alto de la ciudad de México. La excreción de riboflavina varió de  $125 \pm 90$  a  $285 \pm 158$   $\mu\text{g}$  en los niños rurales, comparado con  $481 \pm 151$   $\mu\text{g}$  en los niños de la ciudad de México. Lo anterior demostraba un riesgo alto de deficiencia de riboflavina en los participantes. En otro estudio de la misma revisión, se informó de la existencia de deficiencia de riboflavina mediante el análisis de eritrocitos. De 200 niños pertenecientes a una zona rural del Estado de México, el 5% presentaban la deficiencia, mientras que 28% presentaron valores bajos del mismo indicador.

Por otra parte, Pedroza-Tobías y colaboradores (2016) y Rivera y colaboradores (2016) analizaron datos de la ENSANUT 2012; el primero reporta un consumo promedio de riboflavina en niños preescolares mexicanos de 1.37 mg/d y una prevalencia de 0.46% de inadecuación en la ingesta diaria de la vitamina; mientras que el segundo coincide en que el consumo inadecuado de riboflavina es bajo (0-2.4%) en los niños.

## 2.3 Niacina

La deficiencia de niacina se presenta por un consumo inadecuado en la dieta, en donde principalmente la base de la alimentación proviene del grano del maíz y bajo consumo de proteína. La pelagra es la enfermedad que se deriva de ésta deficiencia, la cual presenta síntomas como la demencia, dermatitis y diarrea, e incluso puede provocar la muerte si no se trata adecuadamente (Caballero et al., 2013, Gropper y Smith, 2013).

En el estudio descrito anteriormente de Rosado y colaboradores (1995), se encontraron investigaciones relacionadas con la deficiencia de niacina y su asociación con pelagra; notificándose 44 casos de pacientes con la enfermedad en una comunidad rural de Campeche.

En México se presentaron prevalencias por consumo inadecuado de niacina menores al 1% (0.64%) y una ingestión promedio de 17.2 mg/d en niños preescolares en 2012 (Pedroza-Tobías et al., 2016). De igual forma, Rivera y colaboradores (2016) coinciden en que se presenta una inadecuación baja en el consumo de niacina en los niños.

## 2.4 Ácido Fólico

La prevalencia por deficiencia de ácido fólico está basada en parte en los patrones dietarios de una población, ya que es común que se presente cuando se tiene un consumo inadecuado de folatos en la dieta (Serdula, 2010a; de Benoist, 2008). La prevalencia de deficiencia de folatos en 2006, para niños mexicanos de 1-5 años de edad fue de 3.2% (Shamah-Levy et al., 2012), mientras que en 2012 fue de 0.3% en preescolares (Villalpando et al., 2015), lográndose una reducción importante de la deficiencia, en donde ésta es prácticamente nula en los niños mexicanos. En México existen diversos programas de fortificación de alimentos (harinas fortificadas, Programa de Desayunos Escolares, leche Liconsa, Prospera, entre otros) los cuales en conjunto, pueden haber contribuido al descenso de la prevalencia de la deficiencia de ácido fólico en los niños.

Se reportó un consumo promedio de ácido fólico de 246 µg/d en niños preescolares mexicanos y un 12.9% de inadecuación en el consumo de la vitamina (Pedroza-Tobías et al., 2016). Rivera y colaboradores (2016) reportaron la inadecuación en la ingestión de folatos en la dieta de niños de 1-4 años de edad, presentándose de 8-13% de inadecuación, lo que se refleja en una inadecuación moderada para este grupo etario.

Aunque los niños son un grupo susceptible a la deficiencia de ácido fólico, el grupo más vulnerable son los recién nacidos. Si la madre presenta dicha deficiencia durante el embarazo, éstos pueden presentar anomalías fetales, defectos del tubo neural (DTN), retraso mental y del crecimiento o mayor susceptibilidad a contraer enfermedades y anemia (ISPCH, 2010; Villalpando et al., 2007; Castillo, 2014). Los niños que padecen anemia, por deficiencia de folatos, durante los primeros dos años de vida tienen un menor desarrollo cognoscitivo, el cual repercute en el desempeño intelectual y rendimiento escolar a lo largo de la vida, en donde estos daños no son reversibles aun cuando la anemia se corrija más adelante (Villalpando et al., 2007).

## 2.5 Hierro

La anemia es una enfermedad que puede ser provocada por un consumo inadecuado de hierro, que llega a afectar a más de 1.62 billones de personas en el mundo (Pritwani y Mathur, 2015; Villalpando et al., 2007). Por esto se considera un problema de salud pública (OMS, 2009; Sau, 2016), siendo los niños de los más vulnerables (OPS, 2017; Villalpando et al., 2007; Rivera et al., 2010). Esta deficiencia puede afectar la capacidad para combatir infecciones, el crecimiento y el desarrollo neuronal y cognitivo de los niños (Rivera, 2012; Akhtar et al., 2011; Villalpando et al., 2007).

De acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino (ENSANUT MC) del 2016, la prevalencia nacional de anemia en niños preescolares fue de 26.9% (de

la Cruz-Góngora et al., 2018). Los datos presentados en la ENSANUT 2012 indicaron una prevalencia nacional de anemia en niños preescolares de 23.3%. Los porcentajes tendieron a ser mayores en los niños que en las niñas, con 24.4% y 22.1% respectivamente (Gutiérrez et al., 2012). Con respecto a Sonora, la prevalencia de anemia para el 2012 fue de 20.8% en niños de 1-4 años de edad, comparado con 31.2% que se obtuvo en 2006 (INSP, 2012). En cuanto a los datos de ingesta de alimentos de la ENSANUT 2012, se encontró que aproximadamente más de la mitad (52.2%) de los niños evaluados no consumen suficiente hierro en su dieta, teniendo un consumo promedio de 10.3 mg/d del mineral, de los cuales 0.70 mg/d provienen de alimentos con hierro hémico y 9.8 mg/d de hierro no hémico (Sánchez-Pimienta et al., 2016).

Grijalva-Haro y colaboradores (2014) realizaron un estudio en donde evaluaron el consumo de leche fortificada Liconsa y el efecto que tuvo en el estado del hierro y zinc de niños preescolares de Sonora. Contaron con dos grupos, uno que consumía leche fortificada Liconsa y otro que consumía leche de vaca entera no fortificada. Sus resultados muestran que, en el grupo de niños que consumían la leche fortificada aumentó el valor de hemoglobina en 1.13 g/dL, disminuyó la prevalencia de anemia en un 3.7% y se presentó un incremento en los niveles de ferritina de 5.8 µg/L, así como al inicio del estudio se presentó un 27.7% de deficiencia en las reservas del hierro, el cual disminuyó a 5.5% para el final del mismo. Si bien los resultados presentados anteriormente se deben al efecto del consumo de una leche fortificada, es importante evaluar el impacto que han tenido los preescolares hermosillenses al consumir harinas fortificadas de trigo y maíz y sus productos derivados, para conocer si éstos han ayudado a disminuir las prevalencias de deficiencias, así como se ha observado con otros programas de fortificación de alimentos que se llevan a cabo actualmente en el país.

## 2.6 Zinc

La deficiencia de zinc es un problema mundial que se presenta principalmente en los países en desarrollo y generalmente se puede encontrar en personas con deficiencia de hierro. Ésta, se asocia con dietas basadas en alimentos de origen vegetal, en donde el consumo de los productos de origen animal varía dependiendo del ingreso económico de las familias (Rosado, 2003). Las poblaciones más afectadas suelen ser los niños, adolescentes, mujeres embarazadas y lactantes, y adultos mayores. Los principales signos clínicos que se manifiestan son la supresión de la inmunidad, disminución en el gusto y el olfato, deterioro de la memoria y disminución de la espermatogénesis (Akhtar et al., 2011; Rosado, 2003; Serdula, 2010b).

En México, la población más afectada por la deficiencia de zinc son los niños. En 1999 en la Encuesta Nacional de Nutrición, se encontró un valor medio de zinc en niños de 3 a 4 años de 73.7  $\mu\text{g/dL}$  y una prevalencia de niveles bajos de zinc sérico de 32.9% (Villalpando et al., 2003). En 2006, su prevalencia fue de 27.5% en niños menores de 5 años de edad (Shamah-Levy et al., 2012). Por su parte, en 2012 se registró una prevalencia de la deficiencia en niños de 1 a 11 años de edad de 26.6 % (Morales-Ruán et al., 2012), lográndose una reducción mínima en seis años. El consumo de zinc fue evaluado de datos provenientes de la ENSANUT 2012 por Sánchez-Pimienta y colaboradores (2016), se encontró que la ingestión del mineral es adecuado en casi la totalidad (98%) de los niños de 1-4 de edad evaluados, teniendo un consumo promedio de zinc de 8 mg/d y representando solamente un 0.97% de inadecuación de ingestión de zinc en la dieta. Si se llega a presentar deficiencia de zinc en los niños, ésta llega a afectar el crecimiento y el desarrollo cognitivo, la respuesta inmune y aumenta la prevalencia de enfermedades infecciosas como la diarrea (Rivera, 2012; Akhtar et al., 2011; Villalpando et al., 2003).

Al inicio del estudio de Grijalva-Haro y colaboradores (2014) se reportó una prevalencia de deficiencia de zinc de 10.4% en los preescolares. El grupo que consumió la leche fortificada aumento el zinc sérico en 45.2  $\mu\text{g/dL}$ . Para el final del estudio ningún participante presentó deficiencia de zinc. Lo que indica que la fortificación de alimentos

es una medida útil para disminuir las prevalencias de deficiencias de micronutrientes en las poblaciones vulnerables.

### **3. FORTIFICACIÓN DE ALIMENTOS**

La fortificación masiva de alimentos se ha utilizado como una estrategia para mejorar el estado nutricional de la población de una región o de un país (ISPCH, 2010; Sanabria y Tarqui, 2007; Carrasco et al., 2013; Rosado et al., 1999; OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009). La fortificación de alimentos es la adición de un nutriente a un alimento. La finalidad es prevenir la deficiencia de ese nutriente en la población o agregar al alimento algún efecto saludable, con el mínimo riesgo posible (Olivares, 2013; Guamuch et al., 2014; Hurrell et al., 2010). La fortificación o enriquecimiento de los alimentos es una medida de bajo costo, muy efectiva para tratar las deficiencias de micronutrientes (FFI, 2013; Rosado et al., 1999; Akhtar et al., 2011; Biebinger et al., 2009), y se promueve en poblaciones vulnerables, además no se necesitan cambiar patrones alimentarios para mejorar esas deficiencias (Carrasco et al., 2011; OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009). Sin embargo, para que este tipo de programas tengan éxito, el gobierno debe tener un rol activo en cuanto al monitoreo y evaluación del programa de fortificación que se esté llevando a cabo (Changing Markets., 2018).

La fortificación de alimentos tiene sus limitantes. Beneficia solamente a aquellos que consumen el alimento fortificado regularmente (Rosado et al., 1999), a los que cuentan con la capacidad económica para obtenerlo, o bien a los que tienen disponibilidad del alimento en el lugar donde viven. Para evitar daños a la salud de una población, se deben limitar los valores agregados de micronutrientes a los alimentos, entonces, para que la fortificación de un alimento sea efectiva, se tiene que acompañar de otras intervenciones que ayuden a disminuir las deficiencias de micronutrientes. A pesar de esas limitaciones, a través de la fortificación de alimentos básicos se han podido controlar satisfactoriamente las deficiencias de algunas vitaminas del complejo B y hierro (FFI, 2013).

En México, la fortificación de alimentos se utiliza como parte de los programas gubernamentales que se enfocan en el estado de nutrición de la población, tales como la leche fortificada ofrecida por Liconsa, las papillas distribuidas por Prospera, los Desayunos Escolares del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) y el programa de fortificación de harinas de trigo y de maíz (Carrasco et al., 2013; OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009).

### 3.1 Fortificación de Harinas

A partir de 1940, se volvió una práctica común fortificar los productos hechos a base de cereales con tiamina, riboflavina y niacina (FFI, 2013). La fortificación de harinas comenzó en Estados Unidos, Canadá y Europa y se inició principalmente con la fortificación de la harina de trigo (Hurrell, 2015; Akhtar et al., 2011). Chile implementó la fortificación de harinas de trigo a partir de 1950 (ISPCH, 2010; Akhtar et al., 2011), al igual que Kuwait en 2001 (Biebinger et al., 2009), mientras que Brasil estableció la

fortificación de sus harinas de trigo y maíz a partir de 2004 (dos Santos et al., 2014). Por su parte, en México se acordó a partir de 1997 fortificar las harinas, esto como una estrategia para reponer las vitaminas y minerales que se pierden durante el procesamiento de los cereales (Figuroa et al., 2001; Hernández et al., 2006; Jyväkorpi et al., 2006), sin embargo, no fue sino hasta 2008 que el gobierno estableció como una normatividad obligatoria la fortificación de las mismas.

La fortificación de harinas de trigo y de maíz se ha expandido globalmente en alrededor de 78 países (dos Santos et al., 2014; FFI, 2013; Hurrell, 2015; Barkley et al., 2015), los cuales cuentan con una legislación para la fortificación de estas harinas con al menos hierro o ácido fólico (FFI, 2013; Akhtar et al., 2011; Barkley et al., 2015).

Durante el procesamiento, los cereales pierden principalmente vitaminas del complejo B como la tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico (Sanabria y Tarqui, 2007; Olivares, 2013), es por ello que se implementó la fortificación de harinas de trigo y maíz (Rosado et al., 1999; Figuroa et al., 2001). Al ser el trigo y el maíz alimentos básicos en el 60% de la población mexicana, la fortificación de sus harinas puede mejorar la ingestión de micronutrientes (Rosado et al., 1999; Carrasco et al. 2013; Andang'ó et al., 2007; Akhtar et al., 2011; Hotz et al., 2008). Estas mismas harinas pueden ser fortificadas con una gran variedad de micronutrientes; hierro para reducir anemia y ácido fólico para prevenir defectos del tubo neural, así como también pueden ser adicionadas vitaminas del complejo B y zinc (FFI, 2013).

Específicamente en México y Latinoamérica las harinas de trigo y de maíz se fortifican principalmente con hierro, tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y zinc (ISPCH, 2010; Olivares, 2013; Sanabria y Tarqui, 2007; Aguirre et al., 2013; Carrasco et al., 2013).

### 3.2 Implementación en México como una Medida Preventiva

En México, se asocian las deficiencias de micronutrientes con la pobreza y debido a que el maíz y el trigo son alimentos de alto consumo por la población, se seleccionaron las harinas como vehículo de fortificación (Rosado et al., 1999; Dunn et al., 2008). El trigo se utiliza en diversos países, incluso en los industrializados donde las prevalencias por deficiencias de micronutrientes son menores, mientras que el maíz es básico en la alimentación del mexicano, consumiéndose desde épocas prehispánicas (Rosado et al., 1999, 2012; Carrasco et al., 2013).

La tortilla y otros muchos productos de maíz, están entre los principales alimentos consumidos en México y su preparación con harina industrializada cada vez es mayor. Se estima que el 65% de los nutrientes provienen del consumo de la tortilla, en la población rural de México. Durante la producción de la tortilla, se pierde alrededor del 50% de tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico (Figuroa et al., 2001; Dunn et al., 2008; Burton et al., 2008). Por otra parte, el trigo es consumido en cantidades importantes en México en forma de pan y pastas; los dos son alimentos de bajo costo y con una ingestión elevada y en conjunto se asegura alcanzar y cubrir a toda la población (Guamuch et al., 2014). La adición de vitaminas y minerales en las harinas de estos alimentos básicos es una medida factible, ya que no producen cambios fisicoquímicos u organolépticos importantes en las harinas o sus productos derivados (Rosado et al., 1999).

#### **4. RECOMENDACIONES Y NORMA OFICIAL MEXICANA PARA LA FORTIFICACIÓN DE HARINAS**

En 2006, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) publicaron directrices sobre fortificación de alimentos con micronutrientes. Ésta, es una guía para los países que deseaban implementar la fortificación de harinas como una medida de salud pública. Una de las razones para la creación de esta guía fueron los resultados de los estudios en los que los niños y mujeres que consumían alimentos fortificados con hierro, durante al menos 6 meses, mejoraban sus niveles séricos (Hurrell, 2015; Akhtar et al., 2011).

En la guía publicada por la OMS y la FAO se describen los principios básicos que deben seguirse para que un programa de fortificación tenga éxito. Es importante que se tome en cuenta el vehículo que se utilizará, en donde el alimento debe ser ingerido en cantidades suficientes por la población. El compuesto seleccionado para la adición no debe cambiar las características en cuanto a textura, apariencia o sabor del vehículo y sus productos derivados. El nutriente agregado debe ser biodisponible y bien tolerado. Por último, el conjunto de todo esto no debe generar un incremento significativo en el precio del producto (OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009; Rosado, 2003; Akhtar et al., 2011).

Por otro lado, y con el fin de prevenir una sobredosis o cambios en el producto, en la mayoría de los países se establece un nivel máximo de adición de micronutrientes en las harinas (Rosado et al., 1999; Dary, 2008). Los compuestos y cantidades a adicionar que la OMS ha recomendado para la fortificación de harinas se muestran en la Tabla 1 (OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009).

En 2004 un grupo de expertos del Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés), dio recomendaciones globales para el tipo y cantidad de compuestos de hierro a adicionar a la harina de trigo. Sin embargo, al ser recomendados por la OMS los mismos compuestos, se llegó al acuerdo de que cada país debía establecer sus propios niveles de adición, basados en las necesidades de su población (Hurrell et al., 2010).

Tabla 1: Cantidades promedio de nutrientes que pueden adicionarse a la harina de trigo en función de la extracción, el compuesto fortificador y la disponibilidad estimada de harina por habitante.

Nutriente	Tasa de extracción de la harina	Compuesto	Cantidad de nutrientes que adicionar en partes por millón (ppm) por el promedio estimado de disponibilidad por habitante de harina de trigo (g/día)			
			<75 g/día	75-149 g/día	150-300 g/día	>300 g/día
Hierro	Alta	NaFeEDTA	40	40	20	15
		Sulfato ferroso	60	60	30	20
		Fumarato ferroso	60	60	30	20
		Hierro electrolítico	NR	NR	60	40
	Baja	NaFeEDTA	40	40	20	15
Ácido fólico	Alta o baja	Ácido fólico	5.0	2.6	1.3	1.0
Vitamina B12	Alta o baja	Cianocobalamina	0.04	0.02	0.01	0.008
Vitamina A	Alta o baja	Vitamina A (palmitato)	5.9	3	1.5	1

Zinc	Baja	Óxido de zinc	95	55	40	30
	Alta	Óxido de zinc	100	100	80	70

Fuente: OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI. (2009).

En México, en acuerdo con la industria de cereales, se publicó la Norma Oficial Mexicana: NOM-247-SSA1-2008 Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba (Secretaría de Salud, 2009). En esta norma, se dan las pautas para la adición y restitución de nutrimentos en las harinas de trigo y maíz nixtamalizado, así como también la cantidad con que se deben adicionar. La Tabla 2 muestra las cantidades a añadir en las harinas de trigo y maíz nixtamalizado, así como también la forma química recomendada para la adición.

Se sabe que los programas de fortificación de harinas de trigo y maíz deben de estar monitoreados adecuadamente y asegurar la calidad de los mismos (FFI, 2013). En México, a pesar de que se tiene establecida la normatividad que deben seguir las harinas, no está ni bien regulado ni suficientemente monitoreada esta política (Jyväkorpi et al., 2006; Hurrell et al., 2010); de igual forma, no se han realizado estudios en donde se evalué el impacto que tiene el consumo de las harinas comerciales fortificadas de trigo y maíz en la población mexicana.

Tabla 2: Restitución y adición de micronutrientes en las harinas de trigo y maíz nixtamalizado de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008.

<b>RESTITUCIÓN</b>		
<b>Nutrimento</b>	<b>Nivel mínimo de adición mg/kg de harina</b>	<b>Fuente recomendada</b>
Tiamina (vitamina B1)	5	Mononitrato de tiamina
Riboflavina (vitamina B2)	3	Riboflavina
Niacina (vitamina B3)	35	Nicotinamida
<b>ADICIÓN</b>		

Ácido Fólico	2	Ácido fólico
Hierro (como ión ferroso)	40	Sulfato o fumarato ferroso
Zinc	40	Óxido de zinc

#### 4.1 Fortificación de Harinas de Trigo y Maíz con Diversos Micronutrientes

En México, la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2016), realizó la verificación del cumplimiento de la adición de hierro, zinc y ácido fólico en muestras de harina de trigo y maíz del 2005 al 2012 (Figura 1).

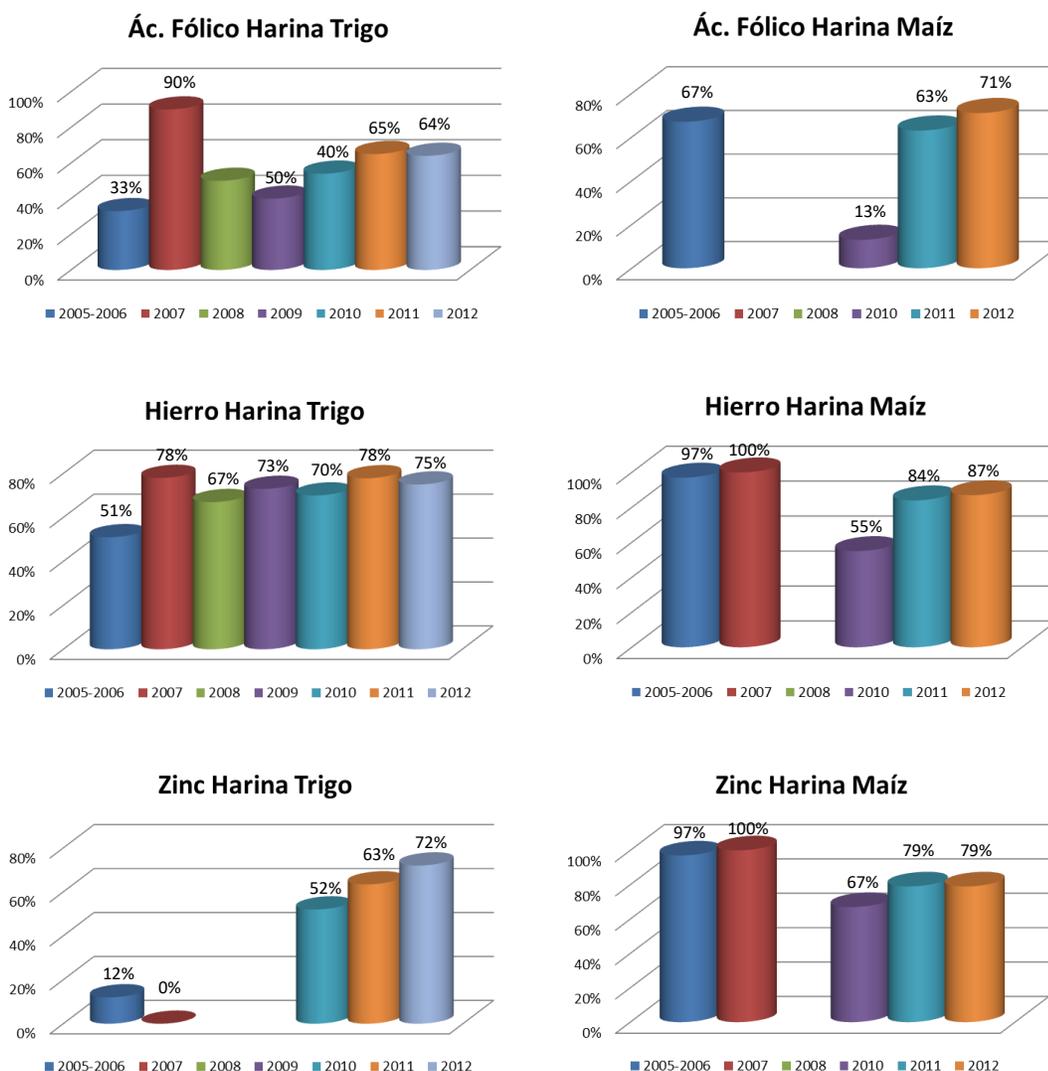


Figura 1: Porcentajes de cumplimiento de contenido de ácido fólico, hierro y zinc en harinas de trigo y maíz analizadas en el periodo 2005-2012.

Fuente: COFEPRIS, 2016.

En esta verificación se observa que en el caso del hierro, por lo menos el 50% de las muestras, tanto de trigo como de maíz, han cumplido con lo establecido en la normatividad, con excepción del muestreo del año 2008, en donde no se reporta información para el contenido de hierro en harinas de maíz. En el caso del zinc, se observa como a través de los años fue aumentando el cumplimiento en las concentraciones del mineral, sobre todo en las harinas de trigo, mientras que para las de maíz, en los primeros años el cumplimiento fue muy bueno, en los últimos años evaluados hubo más variación en el cumplimiento de la adición del zinc en las harinas. Por último, el cumplimiento en la adición de ácido fólico en las muestras ha sido muy variable; en cuanto a la harina de trigo, solo en el primer muestreo (2005-2006) se contó con una adecuación menor al 50% (33%), y se contó con al menos el muestreo completo de todos los años; mientras que para las muestras de harina de maíz, no se cuenta con el muestreo de 2 años (2007 y 2008) y solo en el año 2010 la adición en las harinas fue menor al 50% (13%).

Por otra parte, se han realizado estudios de diversos programas sociales que fortifican alimentos, para conocer su contribución en el estado nutricional de la población. Sin embargo, no se han realizado investigaciones de este tipo para evaluar las harinas de trigo y de maíz fortificadas con micronutrientes. A continuación, se hablará un poco del panorama general de la fortificación de harinas en el mundo.

#### **4.1.1 Tiamina**

Los programas de fortificación implementaron la adición de tiamina a las harinas para complementar la pérdida de ésta durante el proceso de molienda del trigo (Tiong et al.,

2015) y la nixtamalización del maíz. La tiamina es muy delicada en condiciones alcalinas o de calor, pudiendo llegar a perder hasta el 81% de su contenido vitamínico (Burton et al., 2008).

Rosado y colaboradores (2005), realizó un estudio en donde comparaba harinas de maíz comerciales; éstas no estaban fortificadas, sin embargo, se tomó una muestra de la harina de maíz no fortificada y se le adicionó una premezcla con micronutrientes de acuerdo a las recomendaciones existentes para la fortificación de harinas de 1999. La mezcla de micronutrientes contenía tiamina (8 mg/kg), riboflavina (4 mg/kg), zinc (30 mg/kg) y hierro (30 mg/kg). Las muestras fueron analizadas cada 15 días hasta alcanzar los 90 días. Dentro de sus resultados reportan un contenido de tiamina de 1.1 mg/100 g y pasados los 90 días de 0.83 mg/100 g, lo que corresponde a una disminución del 24% de tiamina en las harinas de maíz fortificadas; al compararlo con los resultados de las harinas de maíz no fortificadas encontraron que las harinas fortificadas tenían en promedio tres veces más tiamina que las harinas no fortificadas.

En 2010, el Instituto de Salud Pública de Chile realizó el monitoreo de la adición de micronutrientes a las harinas de trigo. Se analizaron 175 muestras de harina de trigo y se encontró un rango en las concentraciones de tiamina de 1.4 a 18.5 mg/kg en las harinas; en comparación con los resultados que tenían con respecto al año 2009, las concentraciones de la vitamina variaron de 1.3 a 60 mg/kg (ISPCH, 2010).

Montoya y colaboradores (2012) analizaron una muestra de harina de trigo, la cual se dividió para realizar análisis a la harina en sus diferentes formas (seca, masa y pan); se analizó la composición química así como una determinación de vitaminas y minerales de la harina. La harina de trigo presentó concentraciones de tiamina de 5.78 mg/100 g, mientras que en su forma de pan esta fue de 0.74 mg/100 g. Lo anterior refleja la variación en la cantidad de vitaminas que permanecen en los productos elaborados, lo que nos da un buen indicativo del porqué se deben fortificar las harinas de trigo y maíz.

En el estudio de Tiong y colaboradores (2015), se comparan los niveles de tiamina en panes comerciales fortificados y panes fabricados con una harina fortificada de laboratorio a la que se le agregaba levadura. La adición de levadura aumentó el contenido de tiamina en los panes y dejan en duda la posibilidad de usar distintas cepas de levadura para aumentar el contenido de la vitamina en las harinas.

#### **4.1.2 Riboflavina**

La adición de riboflavina en las harinas de trigo se ha implementado ya que en conjunto con el hierro, zinc, ácido fólico y vitamina B12, ayuda a disminuir el riesgo de anemia. En las harinas de maíz se adiciona ya que esta vitamina se degrada en condiciones alcalinas como la nixtamalización (Barkley et al., 2015; Burton et al., 2008).

En el estudio de Rosado y colaboradores (2005) en el que analizaron harinas comerciales de maíz, encontraron un contenido de riboflavina en la harina de maíz fortificada de 0.6 mg/100 g, pasados los 90 días, se observaron pérdidas del 18% de la vitamina en las harinas, presentando un contenido de 0.49 mg/100 g.

Se analizaron 175 muestras de harinas de trigo por el ISPCH en el 2010; sus resultados mostraron concentraciones de riboflavina de 0.3 a 3.6 mg/kg en las harinas de trigo (ISPCH, 2010).

De igual forma, se analizó una muestra de trigo por Montoya y colaboradores (2012), en su estudio cuantifican la cantidad de riboflavina en harina seca así como también en pan (elaborado con dicha harina); se encontró una concentración de riboflavina en la harina de 3.65 mg/100 g, mientras que en el pan fue de 1.50 mg/100 g.

#### **4.1.3 Niacina**

Se ha propuesto la adición de niacina a las harinas, debido a la pérdida que se tiene de la vitamina durante el procesamiento de los cereales. Cuando las harinas de maíz son sometidas al proceso de nixtamalización se libera la niacina del maíz, provocando un aumento en el valor de esta vitamina (Figueroa et al., 2001; Burton et al., 2008); sin embargo al convertirse la harina en productos derivados como la tortilla de maíz, la vitamina se llega a perder debido al mal manejo del producto, el tiempo de almacenamiento, o las altas temperaturas de cocción a la que se someten los diferentes productos.

En un estudio realizado por Figueroa y colaboradores (2001), en donde fortificaban harina de maíz con tiamina, riboflavina y niacina, en conjunto con aminoácidos (lisina y triptófano), realizaron un análisis proximal a tortillas elaboradas con dicha harina y encontraron que ésta aumentaba su valor proteico en comparación con la sola adición de aminoácidos. Esto nos puede dar una idea de cómo se pueden utilizar ciertos alimentos básicos de una población para disminuir no solo deficiencias de micronutrientes, sino también la desnutrición, dos problemas de salud pública que aquejan a los países en desarrollo.

Carrasco y colaboradores (2011), realizaron un estudio en donde tuvieron un grupo al que le proporcionaron harina de maíz enriquecida con soya, vitamina A, hierro, zinc, niacina y ácido fólico a lactantes y preescolares de zonas rurales de México y otro grupo al que se le entregaba harina sin enriquecer; se evaluó el estado nutricional entre otros aspectos. La harina de maíz estaba enriquecida por cada 100 g con 1.5 g de harina de soya, 42.4 mg de hierro, 33.3 mg de zinc, 120 mcg de vitamina A, 6.5 mg de niacina y 548 mcg de ácido fólico; las cuales fueron analizadas previo a su distribución para asegurarse de que contenían las concentraciones mencionadas anteriormente. Al finalizar el estudio se observó que no se presentaron diferencias entre los grupos en cuanto a peso/talla, talla/edad, peso/talla o niveles de hemoglobina; sin embargo, se estimó la interacción del tipo de harina con algunas variables y se encontró que el

peso/talla era mejor en los niños que consumieron la harina fortificada con respecto a los que no la consumieron; de igual forma se observó una mejoría en el índice de peso/edad en los niños mayores a un año y medio que consumieron la harina fortificada.

Montoya y colaboradores (2012), analizaron harina de trigo y pan elaborado con la misma harina, determinaron la cantidad de niacina en los dos y encontraron concentraciones de 52.31 mg/ 100 g en la harina, mientras que en el pan fue de 13.58; observándose una pérdida considerable de niacina cuando ésta se transforma en pan.

#### **4.1.4 Ácido Fólico**

Mundialmente se estipuló la adición de ácido fólico en las harinas como una medida en salud pública efectiva para aumentar el consumo de folatos y por lo tanto, ayudar a prevenir y disminuir las prevalencias por DTN, ya que ésta es considerada una de las anomalías congénitas más comunes en los recién nacidos (FFI, 2013; Russo et al., 2014; OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009). Otra razón importante para la fortificación de esta vitamina, es que previene la aparición de las enfermedades coronarias, así como también ayuda a disminuir la anemia (ISPCH, 2010 Serdula, 2010b).

Los países que fortifican harinas con ácido fólico, por lo general, reportan descensos en las tasas por defectos del tubo neural (FFI, 2013; OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009). Ejemplos del éxito de esta fortificación se tienen en países como Estados Unidos y Chile. El primero, ha reportado disminución en las prevalencias de los defectos del tubo neural de 19-32% desde su implementación en 1998 (Crider et al., 2011). Chile, el primer país latinoamericano en fortificar la harina de trigo en el 2000 con esta vitamina (López, 2010), reportó una disminución de los defectos del tubo neural de

10/10,000 en los recién nacidos y menos de 1% de deficiencia en mujeres de edad fértil (Sanabria y Tarqui, 2007; FFI, 2013; Olivares, 2013). Los resultados del análisis de harinas de trigo presentados por el ISPCH en el 2010, mostraron concentraciones de ácido fólico de <0.02 a 7.0 mg/kg en las harinas (ISPCH, 2010.)

En un estudio se determinó el contenido de ácido fólico en harina de trigo así como en pan elaborado con esta harina. Se encontraron concentraciones de ácido fólico en la harina de trigo de 1421 µg/100 g y en el pan de 637.67 µg/100 (Montoya et al., 2012).

Russo y colaboradores (2014), determinaron la cantidad de ácido fólico adicionado y hierro total de 10 muestras de harina de trigo fortificadas de Uruguay y estimaron la ingesta de ácido fólico al consumir la cantidad diaria recomendada de pan. Se encontró un rango de las concentraciones de ácido fólico de 1.5 a 4.7 mg/kg en las harinas de trigo y una ingesta promedio de 148 µg/día lo que representa el 74% de la ingesta diaria recomendada de ácido fólico.

De acuerdo a datos obtenidos de la ENSANUT 2012, Villalpando y colaboradores (2015) realizaron una evaluación del estado nutricional de hierro, vitamina B12, folato, retinol y anemia en niños de 1-11 años de edad. En la muestra del estudio, participaron niños que pertenecían a programas de apoyo social. Los resultados de la investigación parecen indicar que la fortificación masiva de micronutrientes ha tenido un impacto positivo en la reducción de la deficiencia de folatos y anemia, entre otros micronutrientes. Sin embargo, sería conveniente evaluar los resultados provenientes de la fortificación de harinas con ácido fólico que se han obtenido en el país, para conocer la eficacia de las mismas.

#### **4.1.5 Hierro**

Las harinas de trigo y maíz que se fortifican mundialmente con hierro, son utilizadas como una medida en salud pública (Hurrell, 2015; FFI, 2013) para disminuir las prevalencias tanto de deficiencia de hierro como de anemia en las poblaciones vulnerables (Carrasco et al., 2013; Russo et al., 2014; Barkley et al., 2015). Sin embargo, la evidencia de la efectividad de la fortificación de harinas con hierro es inconsistente (Barkley et al., 2015).

En un estudio donde se compararon las prevalencias de anemia de 12 países antes y después (por lo menos 2 años) del consumo de harinas de trigo o maíz fortificadas, se encontró que por cada año de consumo de harinas fortificadas con hierro, ácido fólico y vitamina B12, se disminuía la prevalencia de anemia en un 2.4% (Hurrell, 2015).

Chile es un país que presenta prevalencias menores al 1% de deficiencia de hierro, lo cual se le atribuye a su programa de fortificación de harinas (Akhtar et al., 2011). El ISPCH analizó 175 muestras de harina de trigo como parte del monitoreo que se realiza cada año para evaluar la fortificación de harinas de este país; reportando un contenido de hierro en las harinas de 10-84 mg/kg.

La Iniciativa de Fortificación de Alimentos (FFI) realizó una revisión de los programas de fortificación (programas a grande escala) existentes. En ésta se compararon niveles de ferritina sérica y hemoglobina antes y después de la implementación del programa. Se encontró que los niveles de ferritina sérica incrementaron en 9 de 11 estudios, mientras que la hemoglobina aumentó en 11 de 23 estudios reportados. La FFI concluyó que debido a que los niveles de ferritina y hemoglobina pueden ser afectados por diversos factores, el aumento en el consumo de micronutrientes provenientes de la fortificación pudo no modificarlos (FFI, 2013).

Carrasco y colaboradores (2013), realizaron un estudio con mujeres que vivían en localidades rurales y de alta marginación del centro de México, con un rango de edad de 14-64 años. Se contó con dos grupos, uno experimental y uno control, a los que se les entregó harinas durante 10 meses. Al grupo experimental se le proporcionó mensualmente 20 kg de harina de maíz enriquecida con 1.5 g de proteína de soya, 42.4 mg de hierro en forma de fumarato ferroso, 120 mcg de vitamina A, 548 mcg de ácido fólico, 33.3 mg de zinc y 6.4 mg de niacina, por cada 100 g de harina. Al grupo control se le suministró harina sin enriquecer por el mismo período y en la misma cantidad que al grupo experimental. Aunque los niveles de hemoglobina aumentaron, estos no fueron significativos con respecto al grupo control. Sin embargo, los autores sugieren que si la cantidad fortificada de hierro y el tiempo hubieran sido mayores, se habría obtenido un mayor beneficio en la población.

Con respecto a los estudios presentados anteriormente, la fortificación con hierro en las harinas es una buena estrategia para disminuir los problemas causados por su deficiencia. Sin embargo, es necesario contar con el adecuado nivel de fortificación, así como también, tomar en cuenta el tiempo de consumo como un factor necesario para lograr un cambio significativo en el estado nutricional de una población.

#### **4.1.6 Zinc**

La fortificación de zinc se ha incorporado en las harinas de trigo, ya que, en los países desarrollados, la dieta contiene múltiples sustancias que afectan la biodisponibilidad de este micronutriente, además, éste influencia en la síntesis de hemoglobina, ayudando en la disminución de la anemia (Barkley et al., 2015). Se ha asociado la fortificación de las harinas con este mineral con una disminución de la morbilidad, posiblemente debido a un estímulo de la respuesta inmune (Rosado et al., 1999). Sin embargo, se tiene poca experiencia con esta fortificación.

Rosado y colaboradores (2005) analizó el contenido de zinc en harinas comerciales de maíz, reportando un contenido de 4.1 mg/100 g de harina, pasado 90 días, el contenido del mineral en la harina continuaba siendo el mismo; lo que indica que los minerales presentan mayor estabilidad que las vitaminas.

Se ha probado la eficacia del zinc en algunos estudios y se ha encontrado que su adición a las harinas puede incrementar el consumo total del mineral, así como también la cantidad absorbida; todo esto tanto en niños como en adultos. Por lo que es necesario evaluar más a profundidad la eficacia y efectividad de los programas de fortificación que incluyen al zinc (Akhtar et al., 2011; OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009; Serdula, 2010b).

## **5. HIPÓTESIS**

La fortificación de harinas de trigo y maíz cumple parcialmente con los niveles establecidos en la NOM-247-SSA1-2008; sin embargo, el consumo de estas harinas, tiene efecto en la disminución de las prevalencias de deficiencias de micronutrientes (vitamina B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, ácido fólico, hierro y zinc) en preescolares hermosillenses.

## **6. OBJETIVOS**

### 6.1 Objetivo General

Determinar el nivel de fortificación de las harinas de trigo y maíz que se comercializan en Hermosillo, Sonora y su contribución de micronutrientes en preescolares hermosillenses.

### 6.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el nivel de fortificación de tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, hierro y zinc en harinas de trigo y maíz y su caracterización fisicoquímica.
2. Estimar el consumo de tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico, hierro y zinc aportados por las harinas de trigo y maíz en preescolares hermosillenses.

3. Determinar el nivel de riboflavina, deficiencia de hierro y zinc en una muestra biológica de preescolares hermosillenses.
4. Establecer asociación entre el consumo de alimentos derivados de las harinas y los niveles séricos de riboflavina, hierro y zinc de los preescolares hermosillenses.

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **7.1 Muestras de Harinas y Método de Recolección de Datos**

El estudio se llevó a cabo analizando 35 muestras de harinas comerciales fortificadas, provenientes de 5 supermercados ubicados tanto en el norte como en el sur de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Se contó con un total de 8 distintas marcas, de las cuales, 2 eran de harina de maíz nixtamalizado, 4 de harina de trigo y 2 de harina de trigo integral. Las muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria en cada supermercado y se identificaron de la siguiente manera: HM1, HM2, HT3, HT4, HT6, HTI7, HTI8.

### **7.2 Caracterización Físicoquímica de las Harinas Fortificadas**

Se realizó un análisis proximal para conocer las características de humedad, ceniza y proteína de las harinas, utilizando las técnicas oficiales de la AOAC (2011). Se midió la humedad conforme al método 934.01, en una estufa blue M C-4850-Q (Blue Island,

Illinois, USA). La ceniza se determinó de acuerdo al método 942.05, en una mufla (Type 30400 Furnace; Dubuque Iowa, USA). La proteína se cuantificó por el método 960.52, utilizando un digestor y destilador (modelo 60300, Labconco Corporation, Kansas City Missouri 64132) propio para microkjeldahl.

### 7.3 Determinación de la Cantidad de Hierro y Zinc en Harinas Fortificadas

La determinación de hierro y zinc en las harinas se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, siguiendo el método 999.10 de la AOAC (2011). Para ello, se pesaron 0.2 g de muestra, los cuales se vaciaron en vasos de digestión y se les agregó 10 mL de ácido nítrico ultrapuro ( $\text{HNO}_3$ ) para pre digerirse por 40 minutos. Posteriormente las muestras se digirieron en un horno de microondas (Mars 6 One Touch™ Technology – CEM Corp). Una vez finalizada su digestión, se añadieron 2 mL de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a las muestras. Finalmente, se aforaron las muestras a 25 mL con agua desionizada. Se utilizó un estándar certificado SRM 1577c Bovine Liver – National Institute of Standards & Technology (Gaithersburg, MD, USA). El análisis de hierro y zinc se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica (Thermo Scientific iCE 3000 Series); con una flama de aire-acetileno, a una longitud de onda de 248.3 nm y 214 nm para hierro y zinc, respectivamente.

### 7.4 Determinación de la Cantidad de Tiamina, Riboflavina, Niacina y Ácido Fólico en Harinas Fortificadas

Se determinó el contenido de tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico (vitaminas del complejo B) en harinas de trigo y maíz mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) de acuerdo con las técnicas descritas por Moncada y Ruíz (2000) y Li y Chen (2001). Para ello, se pesaron 2 g de muestra seguido de la adición de 30 mL de buffer fosfato 0.1 M con pH 7 ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$  Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA y KOH Merck, Naucalpan de Juárez, Edo. México, México) estas fueron homogenizadas en una

placa de agitación (Corning, Lowell, MA, USA) por un período de dos horas. Posteriormente el líquido sobrenadante se centrifugó a 900g por 10 minutos a 4° C (Thermoscientific modelo SL 16R 2016, Alemania). Finalmente, el líquido se filtró y se depositó en un vial para posteriormente ser procesado en el equipo. Para esta determinación se realizaron muestras por triplicado, con duplicado de inyección. Se utilizaron estándares certificados de tiamina, riboflavina, ácido fólico (Supelco Analytical, Bellefonte, PA, USA) y niacina (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO).

Se utilizó un cromatógrafo Agilent Technologies 1260 Infinity con un detector UV-visible con arreglo de diodos (Agilent Technologies, Santa Clara, CA). Para la fase estacionaria, se utilizó una precolumna Lichocart 4-4, lichrospher 100 RP-18 5mm y una columna Lichocart 250-4 purospher RP-18 encapped 5  $\mu$ m; como fase móvil se tuvo un gradiente con los siguientes solventes: A: acetonitrilo (J. T. Baker, Edo. Méx, México); B: buffer fosfato 0.04 M pH 2.8 ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  y  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  Sigma-Aldrich, St. Louis, MO); C: buffer fosfato 0.02 M pH 2.8 ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  y  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) en la siguiente composición: A/B/C de 0 a 2 min 0/100/0; de 2 a 3 min 2/0/98; de 3 a 8 min 12/0/88; de 8 a 16 min 17/0/83; de 16 a 20 min 50/0/50; de 20 a 30 min 0/100/0; flujo de 1 mL/min; con inyecciones de 20  $\mu$ L; las longitudes de onda utilizadas para tiamina y niacina fueron de 261  $\lambda$  nm y para riboflavina y ácido fólico de 267  $\lambda$  nm.

## 7.5 Población de Estudio

Se realizó un estudio transversal descriptivo, con un muestreo no probabilístico por conveniencia y de participación voluntaria. Se contó con una muestra de 106 niños preescolares. Para el reclutamiento de los sujetos, se eligieron 4 escuelas públicas de nivel preescolar. De estas, 2 fueron de la zona norte, 1 de la zona centro y 1 de la zona este de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Este estudio fue aprobado por el comité de ética del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), según oficio CE/008/2017.

### **7.5.1 Criterios de Inclusión**

Se incluyeron niños preescolares de ambos sexos, aparentemente sanos, los cuales no debían pertenecer a ningún programa de apoyo social alimentario (Programa de Desayunos Escolares, Liconsa, Prospera, entre otros), en edades de 3 a 5 años y que contaran con el consentimiento informado y firmado por los padres o tutor.

### **7.5.2 Criterios de Exclusión**

Se excluyeron a los preescolares que presentaban alguna enfermedad al momento del muestreo, fueran beneficiarios de algún programa social alimentario o hubieran consumido suplementos multivitamínicos 3 meses antes del estudio.

## **7.6 Métodos de Evaluación**

### **7.6.1 Evaluación Antropométrica**

Se llevaron a cabo mediciones de peso y talla en los preescolares, según la técnica de Jelliffe y Jelliffe (1989), utilizando una balanza electrónica digital, con capacidad de 0 a  $150 \pm 0.05$  kg (AND FV-150 KA1, A&D Co., LTD. Japón) y un estadiómetro Holtain,

con capacidad de medición de 0 a 210 ± 0.1 cm. Se tomaron los puntos de corte de la OMS para clasificar y diagnosticar el puntaje Z. Para la talla/edad se tomó como retraso del crecimiento cuando se obtuvieron -2 desviaciones estándar (D. E.) y desmedro cuando se presentaron -3. El peso/edad se clasificó como bajo peso (-2 D.E.) o bajo peso severo (-3 D.E). El peso/talla fue clasificado como obesidad (3 D.E), sobrepeso (2 D.E), riesgo de sobrepeso (1 D.E), emaciación (-2 D.E) y emaciación severa (-3 D.E.). Por último, el IMC/edad se clasificó como obesidad (3 D.E), sobrepeso (2 D.E), riesgo de sobrepeso (1 D.E), malnutrición (-2 D.E.) y malnutrición severa (-3 D.E) (OMS, 2007, 2008). Cuando los niños fueron mayores a 60 meses de edad, no se tomó en cuenta el peso/talla.

### **7.6.2 Evaluación Bioquímica**

A cada niño en ayuno se le tomó una muestra de 10 mL de sangre, mediante punción venosa. La muestra se recolectó en dos tubos (BD Vacutainer™ Blood Collection Tubes); un tubo sin anticoagulante fue usado para medir riboflavina y hierro (hemoglobina y ferritina) en suero, mientras que en otro tubo con anticoagulante EDTA se midió zinc plasmático. Una vez recolectada la muestra sanguínea, se centrifugó (CS-6R centrífuga Beckman, Instruments Palo Alto, CA) a 698.75g durante 20 min. El suero y plasma obtenidos se almacenaron en viales a una temperatura de -70°C hasta su análisis posterior.

7.6.2.1 Hemoglobina. La medición, se realizó en un hemoglobinómetro portátil (HemoCue modelo Hb 201, Angelholm, Suecia), el equipo opera con baterías y microcubetas desechables con los reactivos de fase seca. Los eritrocitos son hemolizados para liberar la hemoglobina. La hemoglobina se convierte en metahemoglobina y luego se combina con azida para formar azidametahemoglobina. La medición se realiza en el equipo analizador, donde se mide la transmitancia y se calcula la absorbancia y los niveles de hemoglobina. La absorbancia es directamente proporcional a la concentración de hemoglobina. Se consideró a un niño con anemia cuando éste presentó niveles menores a 11.0 g/dL de hemoglobina (OMS, 2011a).

7.6.2.2 Ferritina. La cantidad de ferritina sérica se determinó por medio de un kit Ferritin ELISA (Alpco Diagnostics, Salem, NH, USA). El principio se basa en utilizar un anticuerpo por la fase sólida (pocillos) y un anticuerpo monoclonal secundario antiferritina en la solución conjugada anticuerpo-enzima (peroxidasa). La muestra se hace reaccionar simultáneamente con los anticuerpos desarrollando un color intenso. La concentración de ferritina es directamente proporcional a la intensidad de color de la muestra. Se consideró deficiencia de hierro cuando se presentaron valores  $\leq 12$   $\mu\text{g/L}$  (OMS, 2011b).

7.6.2.3 Zinc. La cuantificación de zinc fue realizada mediante el método oficial 991.11 de la AOAC (2011). Se empleó la técnica de espectrofotometría de absorción atómica (Thermo Scientific iCE 3000 Series), con una flama de aire-acetileno, a una longitud de onda 214 nm y con una lámpara de zinc de cátodo hueco. El suero se diluyó (1:5) con brij 35 al 0.03% y los estándares utilizados para la curva de calibración fueron preparados con la misma matriz. Se usó como control una muestra certificada de leche NIST SRM Nonfat Milk 1549. Para determinar el estado del zinc, se consideraron valores  $< 65$   $\mu\text{g/dL}$  como deficientes (de Benoist et al., 2007).

7.6.2.4 Riboflavina. La vitamina B<sub>2</sub> fue analizada mediante un kit de ELISA (Vitamin B2 ELISA kit, E-EL-0048, Elabscience, USA). El principio consiste en que se cuenta con una placa de microtitulación previamente recubierta con un antígeno específico para vitamina B<sub>2</sub>. Durante la reacción, la vitamina de la muestra compite con una cantidad fija de riboflavina, lo que provoca un cambio de color. Dicho cambio se mide espectrofotométricamente a una longitud de onda de 450 nm ± 2 nm. Finalmente, la concentración de la vitamina se determina comparando la densidad óptica de las muestras con la curva estándar. Se consideró deficiencia de riboflavina cuando se presentaron valores <1 µg/mL (Mayo Clinic, 2018).

### **7.6.3 Evaluación Dietaria**

La evaluación dietaria consistió en la aplicación de un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos y dos recordatorios de 24 horas en días no consecutivos. Los datos que se obtuvieron fueron codificados y analizados en el programa ESHA Food Processor II 2007 (ESHA, 2007), el cual contiene alimentos de la población norteamericana, así como diversos alimentos regionales que han sido analizados en CIAD (Grijalva et al., 1995).

7.6.3.1 Recordatorio de 24 horas. Se aplicaron dos recordatorios de 24 h, en dos entrevistas no consecutivas (Shamah-Levy et al., 2016). Este, consiste en preguntar sobre los alimentos consumidos durante las 24 horas previas a la entrevista. Se utilizaron modelos de plástico, cartón y utensilios de cocina de los cuales se tienen identificados su peso y volumen. Los recordatorios sirvieron de apoyo para establecer relaciones entre el consumo de alimentos derivados de las harinas y los niveles séricos de micronutrientes evaluados en los preescolares.

7.6.3.2 Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos. Se aplicó un cuestionario validado para el estado de Sonora (Quizán-Plata y Ortega-Vélez, 2000), el cual se adaptó con los productos derivados de las harinas de trigo y maíz y se preguntó al entrevistado (en este caso a los padres del preescolar y acompañados del mismo), con qué frecuencia eran consumidos dichos alimentos (diariamente, semanalmente, mensualmente, anualmente o rara vez). El entrevistado indica la frecuencia habitual de consumo del alimento, así como la porción usual consumida (chica, mediana, grande) en función de una referencia que se les muestra basado en el paquete didáctico Nutrikit®; todo esto con el fin de conocer el consumo promedio de vitaminas del complejo B por los preescolares.

## 7.7 Análisis de Datos

El análisis de los datos se realizó mediante el programa estadístico NCSS 2007 (Number Cruncher Statistical System for Windows Kaysville Utah) (Hintze, 2007). Se utilizó estadística descriptiva para todos los datos. Se aplicó la prueba de *T de Student's* de una muestra para comparar las medias de micronutrientes propuestas por la Norma Oficial Mexicana con las obtenidas por medio del análisis de las harinas, así como un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Para conocer la asociación entre el consumo de alimentos derivados de las harinas y los niveles séricos de los preescolares, se llevó a cabo un análisis de correlación.

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Análisis de las Harinas Fortificadas

#### 8.1.1 Caracterización Físicoquímica de las Harinas Fortificadas

Los resultados del análisis proximal realizado a las harinas comerciales de trigo y maíz se presentan en la Tabla 3, con los porcentajes de humedad, ceniza y proteína; y se puede observar que de acuerdo a las pruebas de comparación de medias de Tukey, las muestras de harinas presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ellas.

Tabla 3. Análisis proximal de las harinas comerciales de trigo y maíz.

(PROMEDIO $\pm$ D.E)			
%			
MUESTRA	HUMEDAD	CENIZA	PROTEÍNA
<b>HM1</b>	$9.38 \pm 0.20^a$	$1.17 \pm 3.02^{-2} a$	$8.09 \pm 0.74^a$
<b>HM2</b>	$8.31 \pm 0.22^b$	$1.78 \pm 2.66^{-2} b$	$8.33 \pm 0.27^a$
<b>HT3</b>	$10.75 \pm 0.20^d$	$0.61 \pm 1.63^{-2} c$	$12.29 \pm 0.58^{bcde}$
<b>HT4</b>	$9.58 \pm 0.51^{ace}$	$0.64 \pm 9.90^{-4} cdef$	$12.88 \pm 0.14^{cdef}$
<b>HT5</b>	$10.48 \pm 0.30^{cde}$	$0.62 \pm 9.48^{-2} ce$	$13.28 \pm 0.20^{def}$
<b>HT6</b>	$9.86 \pm 0.34^{acde}$	$0.72 \pm 4.05^{-2} cf$	$13.23 \pm 0.05^{ef}$
<b>HTI7</b>	$9.28 \pm 0.26^a$	$1.74 \pm 2.48^{-2} bg$	$14.04 \pm 0.73^f$
<b>HTI8</b>	$9.51 \pm 0.25^{ae}$	$2.00 \pm 2.94^{-2} h$	$15.03 \pm 0.19^{fg}$
<b>RANGO</b>	8.09 - 10.94	0.51 - 2.03	7.35 - 15.22

Medias con literales diferentes en una misma columna presentaron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ).

Las muestras de harinas analizadas tuvieron un rango de humedad de 8.09 a 10.95 %. En el estudio de Flores y colaboradores (2002), se realizó una caracterización a harinas comerciales de maíz y obtuvieron rangos de humedad de 9.4 a 11.7%; de igual forma Hernández (2004), realizó un análisis proximal a cuatro harinas comerciales de maíz obteniendo un porcentaje de humedad de 7.3 a 10.41%. Así mismo, Andrade (2006) realizó una evaluación de la calidad de harinas de trigo, en la que se incluía un análisis proximal, sus resultados de humedad en las harinas tuvieron un rango de 11.6 a 14.2%. Montoya y colaboradores (2012) analizaron muestras de harina de trigo comercial y obtuvieron 12.60% de humedad. Coral y Gallegos (2015) realizaron una determinación proximal de los principales componentes nutricionales de diferentes harinas, en las que se incluía tanto la de maíz como la de trigo integral; para la harina de maíz encontraron

un valor medio de humedad de 11.65%, mientras que para la harina de trigo integral, el valor medio de humedad fue de 10.39%. Por otra parte, Salas y Haros (2016), efectuaron el análisis de la composición química de harinas de trigo y obtuvieron un porcentaje de humedad de 14.5% para la harina de trigo y de 14.0% para la harina de trigo integral.

Podemos observar que los valores de humedad obtenidos en este trabajo concuerdan con los diversos estudios que se han realizado en los distintos tipos de harinas, además, se detectó que están por debajo del valor máximo de humedad establecido (15%) en la NOM-247-SSA1-2008. La importancia de contar con un porcentaje de humedad bajo radica en que altos niveles de ésta disminuyen la vida de anaquel y ayudan a la proliferación de hongos, bacterias y plagas, con los consecuentes cambios en los niveles de fortificación.

En cuanto al porcentaje de ceniza, las muestras tuvieron un rango de 0.51 a 2.03%. En el estudio antes mencionado, Flores y colaboradores (2002) obtuvieron un rango de ceniza de 1.2 a 1.4%; en el de Hernández (2004) de 1.12 a 1.44%; en el de Andrade (2006) de 0.72 a 1.07%; en el de Montoya y colaboradores (2012) de 1.06%; en el de Coral y Gallegos (2015) de 1.21% para la harina de maíz y 1.69% para la harina de trigo integral; en el estudio de Salas y Haros (2016) la cantidad de ceniza fue de 0.63% para la harina de trigo y de 1.36% para la de trigo integral. Si bien, los resultados obtenidos son comparables con los antes mencionados, se sabe que el porcentaje de ceniza varía en relación a la cantidad de minerales presentes en el producto, y en este estudio fueron analizadas tres diferentes tipos de harinas, dentro de las que se incluye la integral; de esta forma se puede explicar el amplio rango que se obtuvo en las muestras. La NOM-247-SSA1-2008 no considera este parámetro dentro de sus lineamientos.

Los porcentajes de proteína obtenidos en las muestras de harinas tuvieron un rango de 7.35 a 15.22%. Los valores proteicos son similares a los reportados por Flores y colaboradores (2002) (9.20 a 10.49%); Hernández (2004) (8.88 a 9.38%); Andrade

(2006) (11.46 a 13.36%); Montoya y colaboradores (2012) (12.61%); Coral y Gallegos (2015) (8.47% para harina de maíz y 12.43% para harina de trigo integral), y Salas y Haros (2016) (14.5% para harina de trigo y 14.0% para la de trigo integral). El contenido proteico de las harinas de maíz varía en función de la dureza del grano (Flores et al., 2002), el tipo de maíz que se utiliza, así como las variaciones propias del proceso de nixtamalización (Hernández 2004); mientras que el contenido proteico en la harina de trigo se puede deber a los niveles de fertilizante añadidos durante su cultivo (Andrade 2006).

### **8.1.2 Determinación de Minerales y Vitaminas del Complejo B en Harinas Fortificadas**

En la Tabla 4 se observan las concentraciones obtenidas para hierro, zinc, tiamina, riboflavina, niacina y ácido fólico en las harinas comerciales; al realizarse la comparación de medias por Tukey, se obtuvo que las muestras de harinas fueron diferentes ( $p < 0.05$ ) entre sí.

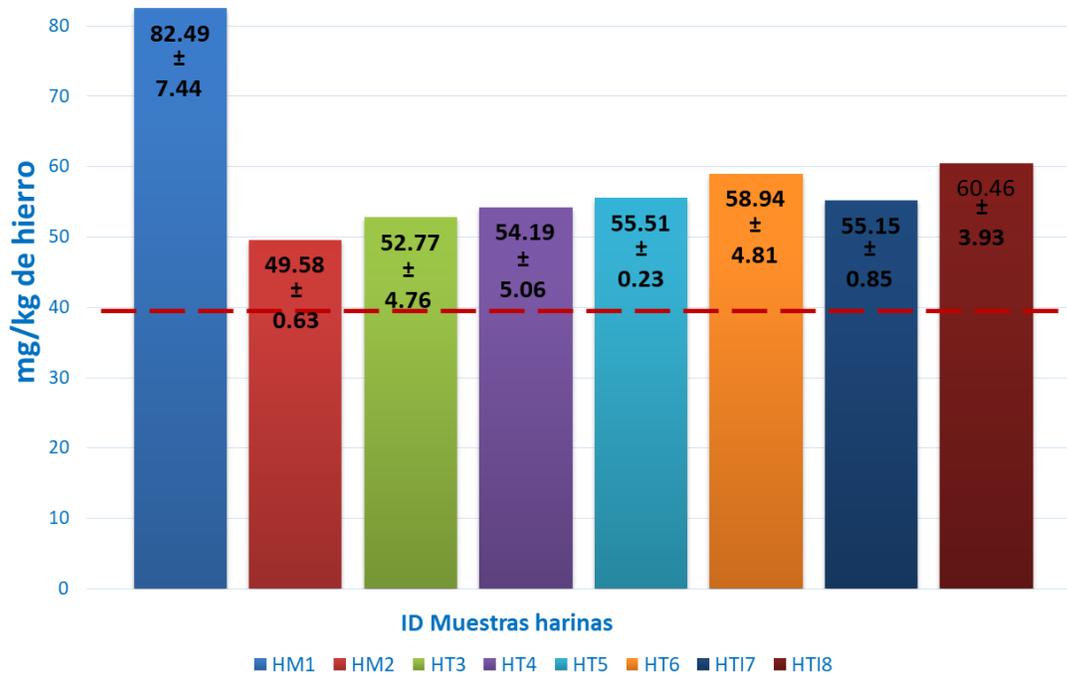
Con el fin de comparar las concentraciones de hierro de todas las marcas de harinas con el valor de referencia de la NOM-247-SSA1-2008 (40 mg/kg), se aplicó una prueba de t de una sola muestra, y se encontró que el contenido de hierro de todas las marcas, exceptuando la HT4, fue mayor ( $p < 0.05$ ) que el valor de referencia de la NOM (Figura 2).

Tabla 4: Concentraciones de minerales y vitaminas del complejo B en harinas comerciales de trigo y maíz.

<b>PROMEDIO ± D.E</b>						
<b>mg/kg</b>						
<b>MUESTRA</b>	<b>HIERRO</b>	<b>ZINC</b>	<b>TIAMINA</b>	<b>RIBOFLAVINA</b>	<b>NIACINA</b>	<b>ÁCIDO FÓLICO</b>
<b>HM1</b>	82.49 ± 7.44 <sup>a</sup>	45.12 ± 3.34 <sup>a</sup>	18.64 ± 0.71 <sup>a</sup>	16.99 ± 2.51 <sup>a</sup>	10.97 ± 0.68 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.88 <sup>ac</sup>
<b>HM2</b>	49.58 ± 0.63 <sup>b</sup>	39.61 ± 1.06 <sup>a</sup>	42.61 ± 5.62 <sup>bcd</sup>	27.54 ± 6.70 <sup>b</sup>	11.36 ± 0.57 <sup>ab</sup>	1.35 ± 0.06 <sup>abc</sup>
<b>HT3</b>	52.77 ± 4.76 <sup>b</sup>	40.41 ± 4.02 <sup>a</sup>	40.64 ± 1.91 <sup>bcd</sup>	24.22 ± 3.58 <sup>b</sup>	14.02 ± 1.26 <sup>bc</sup>	0.80 ± 0.17 <sup>ac</sup>
<b>HT4</b>	54.19 ± 5.06 <sup>b</sup>	46.72 ± 3.05 <sup>a</sup>	39.02 ± 0.91 <sup>de</sup>	22.02 ± 0.85 <sup>ab</sup>	11.51 ± 0.15 <sup>d</sup>	† <sup>c</sup>
<b>HT5</b>	55.51 ± 0.23 <sup>b</sup>	46.51 ± 0.49 <sup>a</sup>	33.01 ± 1.97 <sup>e</sup>	20.35 ± 7.82 <sup>ab</sup>	12.18 ± 0.49 <sup>abce</sup>	0.91 ± 0.00 <sup>abc</sup>
<b>HT6</b>	58.94 ± 4.81 <sup>b</sup>	48.56 ± 4.10 <sup>b</sup>	21.69 ± 1.71 <sup>a</sup>	27.37 ± 5.01 <sup>b</sup>	18.65 ± 1.56 <sup>fgh</sup>	1.74 ± 0.55 <sup>ab</sup>
<b>HTI7</b>	55.15 ± 0.85 <sup>b</sup>	43.53 ± 2.40 <sup>a</sup>	65.70 ± 6.78 <sup>f</sup>	26.89 ± 2.07 <sup>b</sup>	20.18 ± 1.62 <sup>g</sup>	2.25 ± 0.13 <sup>b</sup>
<b>HTI8</b>	60.46 ± 3.93 <sup>b</sup>	49.91 ± 2.19 <sup>b</sup>	79.39 ± 7.20 <sup>g</sup>	29.07 ± 0.40 <sup>b</sup>	20.14 ± 0.27 <sup>gh</sup>	1.13 ± 0.06 <sup>abc</sup>
<b>RANGO</b>	48.95- 89.94	38.55- 52.10	17.93 - 86.59	14.48 – 29.47	10.29 – 21.8	0.00 - 2.38

Medias con literales diferentes en una misma columna presentaron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (p<0.05).

† No se detectó



--- Valor de referencia de la NOM (40 mg/kg)

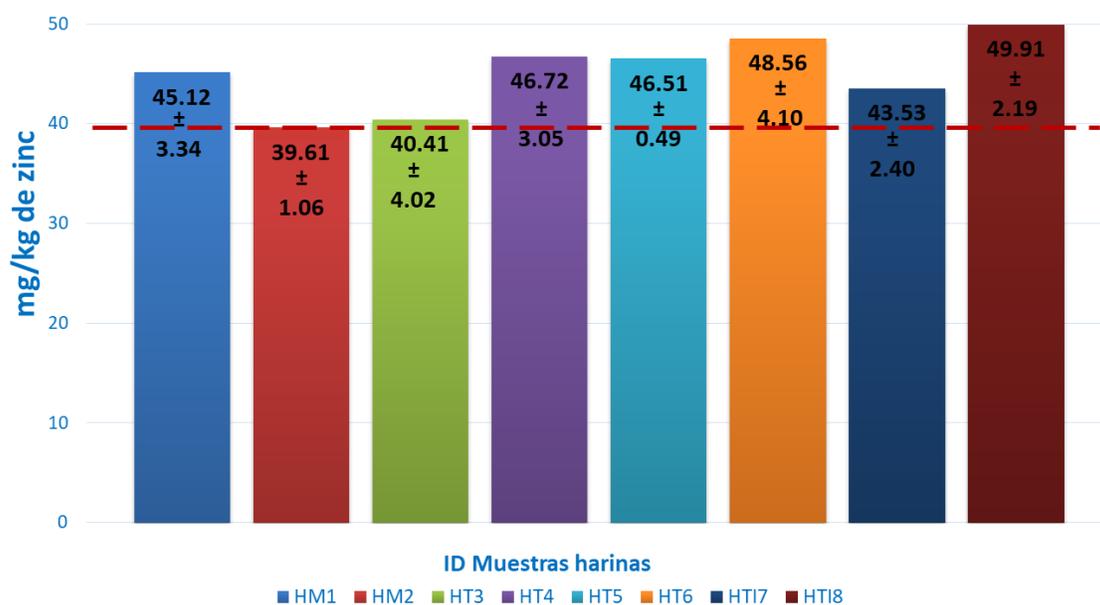
Figura 2: Concentración de hierro en las diferentes marcas de harinas comerciales.

El hecho de que el contenido de hierro de la muestra HT4 no fue significativo con respecto a lo establecido en la norma, se puede deber a la variabilidad de los datos de la muestra; ya que a pesar de que el promedio de ésta superó los 40 mg/kg, la variabilidad fue amplia ( $54.19 \pm 5.06$ ). Por otra parte, la muestra HM1, duplicó ( $82.49 \pm 7.44$  mg/kg) los valores propuestos por la norma. Lo anterior se puede deber a lo establecido en la guía de fortificación de alimentos con micronutrientes propuestos por la OMS, en donde señalan que de ser adicionado hierro en forma de hierro electrolítico (se indica en la etiqueta de la muestra que se adicionó hierro electrolítico), éste deberá ser dos veces mayor al nivel recomendado de adición (OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI., 2009; Moretti et al., 2013).

El contenido de hierro en las harinas analizadas presentó un rango de 48.95 a 89.94 mg/kg, lo que equivale de un 122.37% a 224.85% de adición en las muestras. En estudios

realizados por Rosado y colaboradores (2005), el Instituto de Salud Pública de Chile (ISPCH., 2010), Montoya y colaboradores (2012) y Russo y colaboradores (2014) en donde se analizaron las concentraciones de hierro de harinas fortificadas de maíz y/o trigo, se reportaron valores similares ( $45 \pm 0.6$  mg/kg, 10-84 mg/kg, 84.14 mg/kg y 40-75 mg/kg respectivamente) a los encontrados en las harinas de maíz y trigo de este estudio. Así mismo, en la verificación del cumplimiento de la adición de hierro en muestras de harinas de trigo y maíz del 2005 al 2012 que realizó la COFEPRIS (2016); se observa un aumento gradual a partir del 2009 en las harinas, sin embargo, estos valores siguen siendo menores al cumplimiento encontrado en este estudio.

En el caso del zinc, se obtuvo que las concentraciones del mineral en las muestras HM1, HT4, HT5, HT6 y HTI8 fueron mayores ( $p < 0.05$ ) al valor establecido en la NOM (40 mg/kg); mientras que las concentraciones de las muestras HM2, HT3 y HTI7 no fueron significativas ( $p > 0.05$ ) con respecto al valor de referencia (Figura 3).



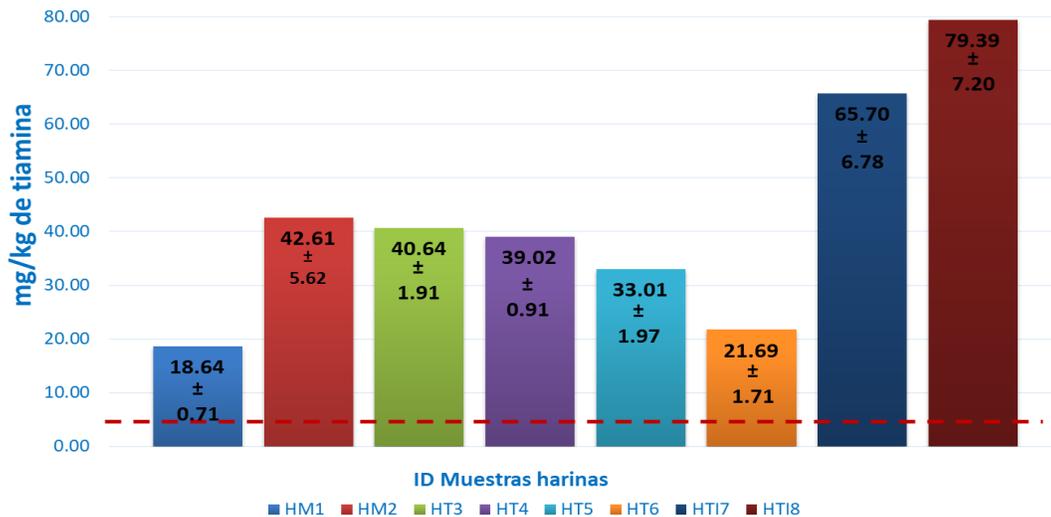
--- Valor de referencia de la NOM (40 mg/kg)

Figura 3: Concentración de zinc en las diferentes marcas de harinas comerciales.

El rango de las concentraciones de zinc en las harinas fue de 38.55 a 52.10 mg/kg, lo que representa de un 96.37% a 130.25% de adición del mineral en las muestras. Al igual que el hierro, el zinc fue uno de los minerales que evaluó la COFEPRIS (2016) para conocer el porcentaje de cumplimiento en las harinas comerciales, sus resultados en los últimos años muestran valores menores de cumplimiento a los encontrados en este estudio (87.5%). Por otra parte, en el estudio de Rosado y colaboradores (2005) se reportaron concentraciones de zinc en harinas de maíz fortificadas de  $41 \pm 0.4$  mg/kg, valores similares a los que obtuvimos en el presente estudio; mientras que en el de Salas y Haros (2016) se muestran valores menores ( $16.1 \pm 2.3$  mg/kg) a los reportados en este estudio.

La evaluación de las vitaminas del complejo B arrojó que el contenido de tiamina en las harinas fue muy amplio, teniendo un rango de 17.93 a 86.59 mg/kg (Figura 4), lo que indica una adición de 358.6% a 1731.8% en las harinas. En el estudio de Rosado y colaboradores (2005), se analizaron harinas de maíz cada 15 días por un período de 3 meses y se encontraron concentraciones de tiamina de 11 mg/kg. Después de 90 días de almacenamiento, las concentraciones de la vitamina disminuyeron un 24% (8.3 mg/kg). Por otra parte, el ISPCH (2010) analizó 175 muestras de harinas de trigo, obteniendo un promedio de tiamina de  $9.2 \pm 2.71$  mg/kg. De igual forma, Montoya y colaboradores (2012) reportaron en su investigación valores de 57.8 mg/kg de tiamina en harinas de trigo. Por último, Tiong y colaboradores (2015) analizaron harina de trigo y encontraron concentraciones de tiamina de  $7.4 \pm 0.6$  mg/kg, mientras que en la harina de trigo integral fue de  $9.1 \pm 0.3$  mg/kg. Todos estos autores reportan valores dentro de los rangos que fueron obtenidos en este estudio, sin embargo, todos sobrepasan lo establecido en la NOM-247-SSA1-2008.

Todas las concentraciones de tiamina en las harinas fueron mayores ( $p < 0.05$ ) que los valores establecidos en la NOM (5 mg/kg), sin embargo, esta adición no representa un riesgo a la salud de la población al ser una vitamina soluble al agua, lo cual su consumo no genera toxicidad por exceso.

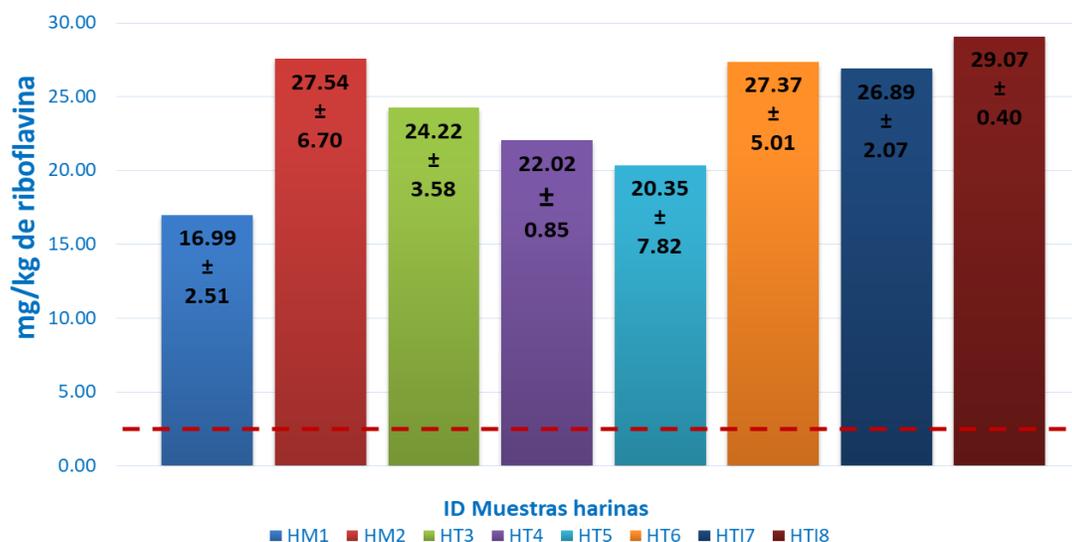


--- Valor de referencia de la NOM (5 mg/kg)

Figura 4: Concentración de tiamina en las diferentes marcas de harinas comerciales.

Por su parte, el rango de riboflavina que presentaron las harinas evaluadas fue de 14.48 a 29.47 mg/kg (Figura 5), presentando de un 482.66% a 982.33% de adición de la vitamina. Rosado y colaboradores (2005) reportaron valores menores (6 mg/kg, y pasados 90 días 4.9 mg/kg; habiendo una disminución del 18% en harinas de maíz) a los obtenidos en este estudio; de igual forma, el ISPCH (2010) obtuvo un promedio menor de riboflavina que los presentados anteriormente ( $1.7 \pm 0.57$  mg/kg). Por el contrario, Montoya y colaboradores (2012) obtuvieron valores mayores (36.5 mg/kg) a los obtenidos en esta investigación. Lo anterior se puede deber a que las concentraciones de riboflavina varían en respuesta a la variedad del grano, lugar de crecimiento y tipo de suelo (Batifoulie et al., 2006), así como a las condiciones propias de la adición de los micronutrientes en las empresas harineras.

Todas las concentraciones de riboflavina fueron mayores ( $p < 0.05$ ) a lo establecido en la NOM (3 mg/kg).



--- Valor de referencia de la NOM (3 mg/kg)

Figura 5: Concentración de riboflavina en las diferentes marcas de harinas comerciales.

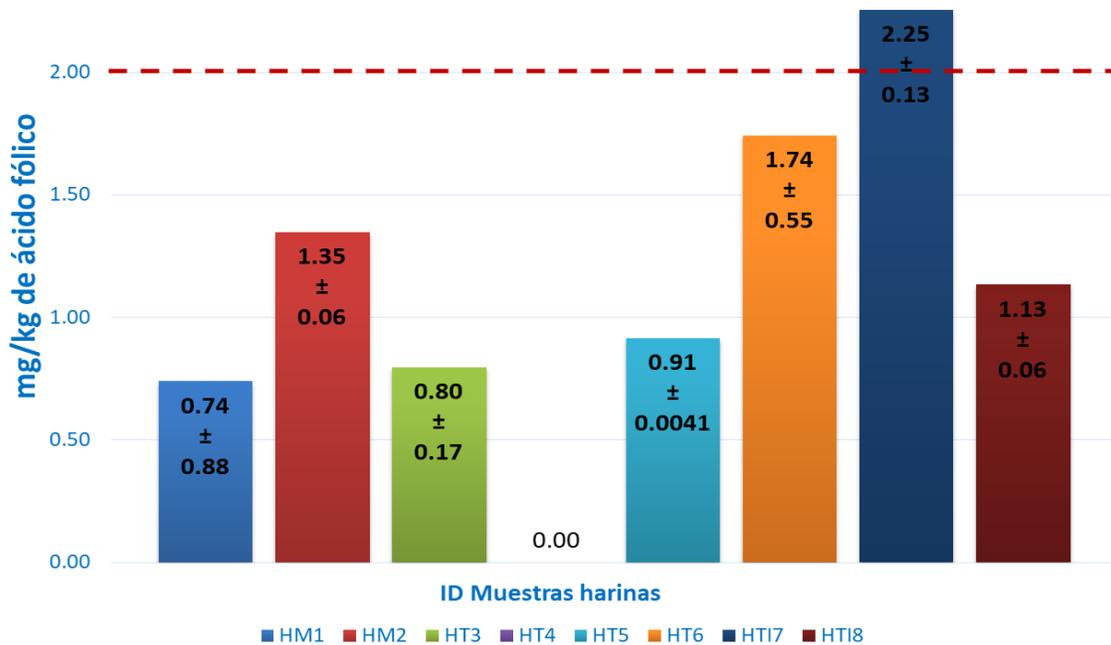
El contenido de niacina presente en las harinas varió de 10.29 a 21.8 mg/kg, valores menores a lo establecido en la normatividad (Figura 6), lo que se convierte en un 29.4% a 62.28% de adición en las muestras. En el estudio de Carrasco y colaboradores (2011) se indica que una harina de maíz enriquecida presenta concentraciones de niacina de 65 mg/kg, mientras que Montoya y colaboradores (2012) obtuvieron concentraciones de niacina en harinas de trigo de 523.1 mg/kg en harinas de trigo; valores muy superiores a los reportados en esta investigación. A pesar de que los valores de niacina sean elevados, estos no representan un riesgo a la salud, ya que esta vitamina es soluble al agua, por lo cual, cualquier exceso en su consumo se eliminaría por la orina; de igual forma se debe tomar en cuenta la pérdida de las vitaminas durante el almacenamiento del producto, por lo que sería más recomendable que las harinas presentaran un exceso de niacina en comparación de no alcanzar los niveles mínimos de restitución, como es el caso de las harinas evaluadas. Todas las concentraciones de niacina resultaron menores ( $p > 0.05$ ) que lo indicado en la NOM (35 mg/kg).



--- Valor de referencia de la NOM (35 mg/kg)

Figura 6: Concentración de niacina en las diferentes marcas de harinas comerciales.

Las concentraciones de ácido fólico obtenidas en el análisis de harinas fueron de 0 a 2.38 mg/kg (Figura 7), representando una adición máxima del 119% en las muestras, con respecto a lo indicado en la NOM. Los resultados del contenido de ácido fólico en harinas de trigo obtenidos por otros autores han sido muy variantes; el ISPCH (2010) reportó un valor promedio de ácido fólico de  $2.5 \pm 1.38$  mg/kg; Montoya y colaboradores (2012) de 14.2 mg/kg; y Russo y colaboradores (2014) un rango de 1.5 a 4.7 mg/kg. En México fue evaluado por la COFEPRIS (2016) el cumplimiento en la adición de ácido fólico en harinas de trigo y maíz, en sus resultados se observa que el cumplimiento en la adición de la vitamina en sus muestras ha sido mayor, siendo las harinas de maíz en el año 2010, las más similares (13%) a lo encontrado en este estudio (12.5%). En el caso de este estudio, solo la muestra HTI7 presentó un valor mayor ( $p < 0.05$ ) a lo establecido en la NOM (2 mg/kg).



--- Valor de referencia de la NOM (2 mg/kg)

Figura 7: Concentración de ácido fólico en las diferentes marcas de harinas comerciales.

## 8.2 Características Físicas, Antropométricas y Biológicas de los Preescolares

### 8.2.1 Descripción de la Población de Preescolares

Se contó con una muestra total de 102 preescolares hermosillenses. Todos los participantes contaron con las evaluaciones antropométricas, 87 tuvieron la evaluación dietaria completa y 99 contaron con la muestra sanguínea; de tal forma que 86 niños contaron con las evaluaciones completas. Se tuvieron 55 participantes del sexo femenino y 47 del masculino, siendo la edad promedio de la población de 60 meses.

## 8.2.2 Evaluación Antropométrica

Los resultados antropométricos se muestran en la Tabla 5. El peso promedio de los participantes fue de 19.02 kg, mientras que la talla fue de 107.64 cm.

Tabla 5: Características antropométricas de la población de estudio.

<b>Indicador</b>	<b>General media ± D.E</b>	<b>Niñas media ± D.E</b>	<b>Niños media ± D.E</b>
<b>Edad (en meses)</b>	60.98 ± 6.97	60.47 ± 7.20	61.57 ± 6.73
<b>Peso (kg)<sup>1</sup></b>	18.19 (13.19 - 34.47)	18.12 (13.19-34.47)	18.89 ± 3.37
<b>Talla (cm)</b>	107.64 ± 6.13	107.24 ± 6.18	108.11 ± 6.10
<b>Peso/Talla<sup>1</sup></b>	0.47 (13.19-34.47)	0.42 (-1.02-5.34)	0.35 ± 0.77
<b>Peso/Edad</b>	0.10 ± 1.11	0.18 ± 1.14	0.01 ± 1.08
<b>Talla/Edad</b>	-0.46 ± 0.91	-0.43 ± 0.88	-0.50 ± 0.95
<b>IMC/Edad</b>	0.56 ± 1.21	0.64 ± 1.23	0.47 ± 1.19

<sup>1</sup> valores expresados en mediana (valores mínimos y máximos)

Se diagnosticó a la población de estudio de acuerdo a los indicadores de peso/talla (si eran menores de 60 meses de edad), peso/edad, talla/edad e IMC/edad (Figura 8). El 78% de los participantes tuvieron un peso/talla normal, el 17% presentaron riesgo de sobrepeso, 2% sobrepeso y el 3% obesidad. De acuerdo al peso/edad solo el 4% presentó bajo peso. De igual forma, el 4% presentó un retraso del crecimiento de acuerdo a la talla/edad. Por último, el 70% de los preescolares obtuvieron un IMC/edad normal, el 20% tuvieron riesgo de sobrepeso, 4% presentó sobrepeso y 5% obesidad; solo el 1% de los niños presentó el diagnóstico de desnutrición severa.

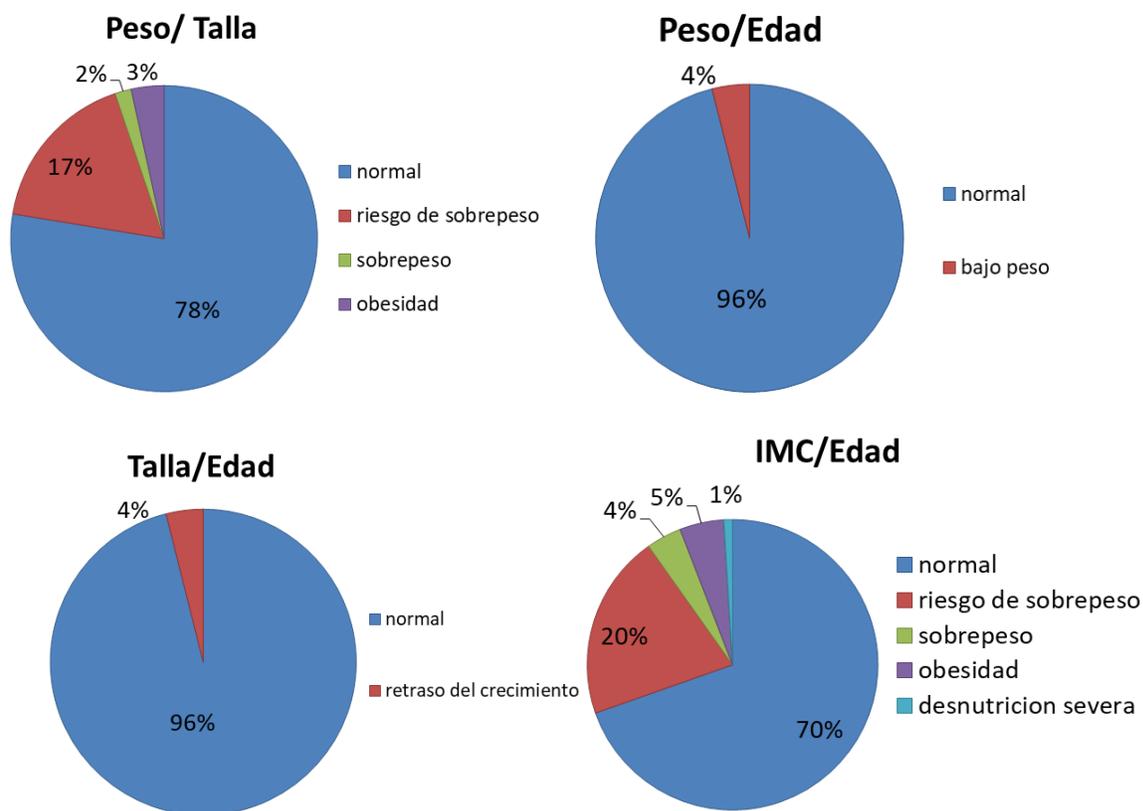


Figura 8: Diagnóstico nutricional basado en puntaje Z.

De la Cruz-Góngora y colaboradores (2018), reportaron el estado nutricional de los preescolares mexicanos, de acuerdo a datos derivados de la ENSANUT MC y mostraron que el 3.7% de los preescolares presentaron bajo peso, 1.5% desnutrición y 8.7% desnutrición crónica. En cuanto al índice de masa corporal (IMC), 75.2% de los preescolares presentaron normalidad en el indicador, mientras que un 24.8% presentó sobrepeso. La ENSANUT 2012 para el estado de Sonora, mostró que, en niños menores de cinco años, la prevalencia de bajo peso fue de 0.3%, baja talla de 5.5% y sobrepeso y obesidad de 14.4% (INSP, 2012).

Los resultados obtenidos de bajo peso en este estudio coinciden más con la media nacional reportada por la ENSANUT MC, que con los presentados en la ENSANUT 2012 para el estado de Sonora. Las prevalencias de sobrepeso y obesidad en los preescolares de este

estudio fueron menores a las reportadas por la ENSANUT MC y la ENSANUT para el estado de Sonora en 2012; esto se puede deber a los diversos programas gubernamentales de prevención de obesidad que actualmente se llevan a cabo en las escuelas preescolares como parte del Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria (ANSA) y el emitido por la Secretaría de Educación. Este es un Acuerdo mediante el cual se establecen los lineamientos generales para el expendio y distribución de alimentos y bebidas preparados y procesados en las escuelas del Sistema Nacional Educativo (Secretaría de Educación Pública y Secretaría de Salud, 2014), los cuales están enfocados en la prevención del sobrepeso y la obesidad en los niños.

### 8.2.3 Evaluación Bioquímica

Los valores bioquímicos presentados en la Tabla 6, mostraron que las concentraciones promedio de hemoglobina, riboflavina y zinc se encontraron dentro de los valores considerados como normales para los preescolares; mientras que la mediana de ferritina estuvo por debajo del valor normal. Dentro de los niños evaluados el 4% presentó anemia, mientras que el 84% presentaron deficiencia en las reservas de hierro (Figura 9). No se presentó deficiencia de riboflavina ni de zinc en los participantes.

Tabla 6: Parámetros bioquímicos de los preescolares de Hermosillo.

<b>Parámetro</b>	<b>Media ± D.E</b>
<b>Hemoglobina (mg/dL)<sup>1</sup></b>	12.27 ± 0.81 (10.20-14.60)
<b>Ferritina (µg/L)<sup>2</sup></b>	8.38 (4.75-85.08)
<b>Zinc (µg/dL)<sup>2</sup></b>	110 (73-411)
<b>Riboflavina (µg/mL)<sup>2</sup></b>	3.85 (1.07-16.63)

<sup>1</sup>Valores expresados en media ± desviación estándar (valores mínimo y máximos)

<sup>2</sup>Valores expresados en mediana (valores mínimos y máximos)

Valor considerado como normal para hemoglobina >11.0 g/dL; ferritina >12 µg/L; zinc >65 µg/dL y riboflavina >1 µg/mL

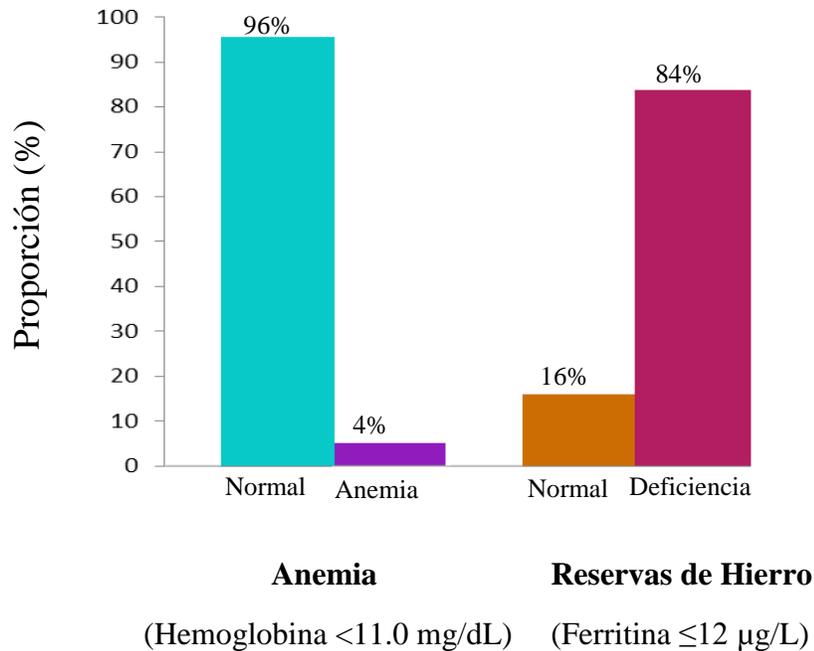


Figura9: Proporción de Anemia y Reservas de Hierro en los preescolares de Hermosillo.

De acuerdo a datos reportados por la ENSANUT 2012, la media nacional de anemia en niños de 36 a 48 meses fue de 17.2% mientras que para los de 48 a 59 meses de 13.7% (Gutiérrez et al. 2012); por otra parte en Sonora se presentaron porcentajes de anemia en niños de zona urbana de 1 a 4 años de 21% y en los de 5 a 11 años de 12.8% (INSP, 2012). Recientemente de la Cruz-Góngora y colaboradores (2018) reportaron datos de anemia en preescolares en el país de 26.9%, datos provenientes de la ENSANUT MC. De igual forma, Carrasco y colaboradores (2011) evaluaron la hemoglobina en niños preescolares de comunidades del Estado de México y encontraron valores de  $11.89 \pm 1.02$  mg/dL. Grijalva-Haro y colaboradores (2014) reportaron valores de hemoglobina en niños preescolares de Hermosillo, Sonora de  $12.3 \pm 0.8$  g/dL y un 5.5% de anemia. Por otra parte, Villalpando y colaboradores (2015) extrajeron datos de la ENSANUT 2012 para describir la frecuencia de anemia en niños mexicanos de 1 a 11 años de edad y encontraron un 20.4% de anemia. Si bien todos los resultados mencionados anteriormente son muy variantes, los descritos por Grijalva-Haro y colaboradores son los más semejantes a los presentados en este estudio.

Por otro lado, se observó que la media de los valores de ferritina se encontró por debajo del punto de corte ( $\leq 12$   $\mu\text{g/L}$ ) según la clasificación de la OMS (2011). Esto indicaría que aunque los niveles de hemoglobina en la mayoría de los niños se encontraron normales, se ha reportado que existe una disminución de las reservas de hierro, aunque aún no se presenta ninguna alteración funcional de hierro (Rivera et al., 2008). Shamah-Levy y colaboradores (2012), extrajeron datos de la ENSANUT 2006 y evaluaron el estado de micronutrientes en niños mexicanos; reportando una prevalencia de 26% de deficiencia en las reservas del hierro en niños menores de cinco años. De igual forma, de acuerdo a lo reportado por Grijalva-Haro y colaboradores (2014), encontraron un valor medio de ferritina de  $28 \pm 22$   $\mu\text{g/L}$  y un 27.7% de deficiencia en las reservas del hierro. Villalpando y colaboradores (2015) reportaron valores medios de ferritina de 22.5  $\mu\text{g/L}$  para los niños de 1-4 años de edad, así como porcentajes de deficiencia de hierro de 13.9%. En este estudio se encontró una mayor proporción de niños con deficiencia de las reservas de hierro.

Por otra parte, no se presentó deficiencia de zinc en los participantes. Villalpando y colaboradores (2003) al analizar datos de la Encuesta Nacional de Nutrición de 1999, encontraron un valor medio de zinc en niños de 3 a 4 años de 73.7  $\mu\text{g/dL}$  y una prevalencia de niveles bajos de zinc sérico de 32.9%. Shamah-Levy y colaboradores (2012) reportó una deficiencia de zinc en niños menores a 5 años de 27.5%, datos que fueron obtenidos de la ENSANUT 2006. Por otra parte, Grijalva-Haro y colaboradores (2014) reportaron al inicio de su estudio, una prevalencia de 10.4% de deficiencia de zinc; después de proporcionar una leche fortificada al grupo control, no se reportó deficiencia del mineral en ninguno de sus participantes. Si bien no se presentó deficiencia de zinc en los participantes del estudio, se debe tener en cuenta que se considera a una población con riesgo elevado de presentar deficiencia de zinc cuando se tiene un consumo inadecuado en la dieta de la población mayor al 25% (Grandy G. et al., 2010), y en el presente estudio, se encontró un porcentaje de consumo promedio de zinc en los preescolares de 67%.

En cuanto al análisis de riboflavina sérica, no se encontró deficiencia de esta vitamina en los preescolares. En una revisión realizada por Rosado y colaboradores (1995) en donde

analizaban las publicaciones realizadas en los últimos 45 años sobre la información disponible de deficiencia de vitaminas, encontraron solamente dos estudios relacionados con riboflavina. En uno de ellos evaluaban la excreción urinaria de riboflavina en conjunto con otras vitaminas, mientras que en el segundo evaluaron la vitamina en sangre de 200 niños preescolares de la zona rural del estado de México y encontraron que el 5% de los niños presentaron deficiencia de la vitamina y 28% valores bajos de la misma; los autores mencionaron en su estudio que a pesar de ser considerada la riboflavina como una vitamina cuya ingestión es deficiente en la población mexicana, no se realizan investigaciones para detectar la deficiencia de este nutrimento. A la fecha, han pasado más de 20 años desde la revisión realizada por Rosado y colaboradores y en México la información sobre la deficiencia de riboflavina sigue siendo muy escasa, por lo que sería de gran ayuda que se realizaran más estudios con relación a la vitamina para conocer si actualmente representa un riesgo nutricional en la población.

#### **8.2.4 Evaluación Dietaria**

8.2.4.1 Recordatorio de 24h. Se contó con un total del 186 recordatorios de 24 h, de los cuales, se encontraron un total de 179 alimentos consumidos de acuerdo a lo reportado por los entrevistados; en la Tabla 7 se muestran los 20 alimentos más frecuentemente consumidos por los niños.

En el presente estudio, se observó que dentro de los alimentos más consumidos por los preescolares se encontraron los productos derivados de los cereales como son la tortilla de harina de trigo y de maíz, pastas, galletas industriales y cereales de desayuno, todos estos alimentos están fortificados y son aportadores de vitaminas y minerales en la dieta; de igual forma, los frijoles fueron un alimento altamente consumido, lo que complementa la dieta de los preescolares y de alguna forma estos alimentos son parte de la dieta tradicional sonorense, coincidiendo con lo reportado por otros estudios (Valencia et al., 1998; González, 2008; Fernández, 2010; Gómez, 2013).

Tabla 7: Principales alimentos consumidos en la dieta de los preescolares.

<b>Alimento</b>	<b>Consumo promedio/día<sup>1</sup></b>	<b>Porcentaje de consumo (%)<sup>2</sup></b>
1. Aceite vegetal (ml)	5	75.81
2. Huevos (g)	54	70.43
3. Leche (ml)	211	67.74
4. Tortilla de harina (g)	30	63.44
5. Jugos industriales (ml)	243	53.76
6. Frijoles (g)	97	52.69
7. Quesos (g)	30	46.24
8. Tomate (g)	42	45.16
9. Tortilla de maíz (g)	67	43.01
10. Refrescos (ml)	173	41.94
11. Cebolla (g)	12	37.63
12. Galletas industriales (g)	40	33.33
13. Carnes rojas (g)	50	32.26
14. Yogurt (g)	167	30.65
15. Pastas (g)	83	30.65
16. Cereal de desayuno (g)	38	30.11
17. Plátano (g)	150	26.34
18. Manzana (g)	104	26.34
19. Papas (g)	55	25.81
20. Pollo (g)	95	24.73

<sup>1</sup>Se calculó dividiendo el consumo total entre el número de personas que consumieron el alimento.

<sup>2</sup>Número de recordatorios en que aparece el alimento entre el número total de entrevistados x100.

En la Tabla 8 se presentan los valores de consumo de macro y micronutrientes de los preescolares participantes en este estudio.

El requerimiento de energía que necesitan los niños preescolares de 5 a 6 años es de 1467 kcal/día, mientras que para las niñas 1330 kcal/día, dando un promedio de 1398 kcal/día (Valencia, 2008). Los preescolares de este estudio tuvieron un consumo calórico promedio más elevado, siendo este de 1868 kcal/día, que al ser comparado con lo recomendado anteriormente, se observa que fue mayor en un promedio de 469 kcal/día.

Tabla 8: Consumo de macro y micro nutrientes de la población preescolar evaluada.

<b>Nutriente</b>	<b>Ingesta Diaria Recomendada (IDR)</b>	<b>Media ± D.E (Valor mínimo-máximo)</b>
Energía (kcal/d) <sup>1</sup>	1398	1869 ± 472 (986 - 3066)
Proteína (1.06/kg/d) <sup>2</sup>	19	34.59 (17.75 - 92.34)
Carbohidratos (g/d) <sup>1</sup>	130	121.22 ± 36.55 (43.16 - 220.65)
Grasa (g/d) <sup>2</sup>		34.92 (11.12 - 99.21)
Tiamina (mg/d) <sup>2</sup>	0.5	0.66 (0.27 - 2.01)
Riboflavina (mg/d) <sup>2</sup>	0.5	0.92 (0.4 - 2.67)
Niacina (mg/d) <sup>2</sup>	8	9.02 (2.11 - 28.67)
Ácido fólico (µg/d) <sup>2</sup>	230	176.76 (69.22 - 567.21)
Hierro (mg/d) <sup>2</sup>	15	6.52 (2.38 - 19.05)
Zinc (mg/d) <sup>2</sup>	6.6	4.47 (1.6 - 14.82)

<sup>1</sup>Valores expresados en media ± desviación estándar

<sup>2</sup>Valores expresados en mediana (valores mínimos y máximos)

En el estudio realizado por Gómez (2013) donde se evaluó el consumo de energía en preescolares hermosillenses en zona urbana, encontró un consumo de 1488 kcal/día, menor al encontrado en este estudio y más similar al indicado por Valencia (2008). De igual forma López-Olmedo y colaboradores (2016) reportaron un exceso del 20% en el consumo de energía en los preescolares que participaron en la ENSANUT 2012, valor más bajo al encontrado en este estudio, que fue de 33% en exceso de energía. Si comparamos el hecho de que los preescolares están excediendo su consumo de energía diario y los resultados obtenidos al realizar el diagnóstico nutricional basados en el puntaje Z, podemos ver como el 20% de los niños presentaron un riesgo de tener sobrepeso y entre el 4 y 5% de estos ya padecen sobrepeso u obesidad de acuerdo a su IMC/edad.

Por otro lado, el consumo de proteína de los preescolares fue de 34 g/día, lo que representa un 14.77% de la distribución total de la energía; dicho valor casi duplica la Ingestión Diaria Recomendada (IDR), que es de 19 gr/día y encontrándose que se tiene 179% de la recomendación. Por otra parte, Gómez (2013) reportó un consumo de 56 g/día en los niños preescolares urbanos de Hermosillo y un 355% de cumplimiento del IDR. En el estudio de López-Olmedo y colaboradores (2016) encontraron un consumo promedio de proteína de 52 g/día en los preescolares de la zona norte del país. La importancia del consumo de proteínas en los preescolares radica en que son una población en constante crecimiento y por lo tanto considerada como vulnerable a la desnutrición (Bourges et al., 2008), por lo que el consumo de este macronutriente es esencial en esta edad si se desea evitar consecuencias en el crecimiento y desarrollo de los preescolares. Dentro de los principales alimentos consumidos por los preescolares se encuentran los huevos, frijoles, quesos, carnes rojas, yogurt y pollo, alimentos que aportan proteína a la dieta de los participantes.

En el caso de los carbohidratos, se encontró un consumo promedio de 121 g/día, lo que representa un 51.71% de la energía total consumida, dicha cantidad alcanza a cubrir solo el 93% del IDR especificado para esta población; los principales alimentos consumidos por los preescolares que aportan carbohidratos a su dieta fueron las tortillas de harina de trigo y maíz, jugos industriales, frijoles, refrescos, pastas, cereales de desayuno, plátano, manzana y papas. En comparación con los resultados de Gómez (2013) tenemos que en su estudio se obtuvo un consumo promedio de carbohidratos de 247 g/día lo que se refleja en un 190% del IDR, teniendo una diferencia de más del doble en el consumo diario. Los resultados presentados por López-Olmedo y colaboradores (2016) en cuanto al consumo promedio de carbohidratos (204 g/día) coinciden más con lo reportado por Gómez que con los encontrados en este estudio.

Al no contar con un IDR establecido para los lípidos, se recomienda que su consumo sea alrededor del 30% del total de la ingestión diaria de energía, de tal forma que los preescolares del estudio obtuvieron un consumo promedio de 34 g/día, valor que equivale a un 33.52% de la energía consumida, cantidad superior a lo recomendado; siendo el aceite

vegetal el alimento con mayor porcentaje de consumo por los preescolares. Por su parte, Gómez (2013) obtuvo un consumo promedio de grasas de 56 g/día en los niños de Hermosillo, mientras que López-Olmedo y colaboradores (2016) reportaron un promedio de 57 g/día. En general, los lípidos no solo sirven como fuente de energía sino que también son parte funcional de las membranas celulares, forman parte de las vitaminas liposolubles, participan en la regulación hormonal, así como otras funciones (Gropper y Smith, 2013), es por ello que su consumo es vital para el organismo.

Con respecto a la ingestión de vitaminas se obtuvo que el consumo promedio de tiamina fue de 0.66 mg/día, para riboflavina fue de 0.92 mg/día, niacina de 9.02 mg/día y ácido fólico de 177 µg/día; en cuanto al cumplimiento del IDR estos alcanzaron a cubrir el 132%, 184%, 112% y 76% respectivamente. De acuerdo a datos analizados de la ENSANUT 2012, se reportó el consumo habitual de vitaminas en niños preescolares, los cuales para tiamina fueron de 1 mg/día, para riboflavina de 1.37 mg/día, niacina de 17.2 mg/día y de ácido fólico de 246 µg/día; de igual forma se reportó el porcentaje de la población que no alcanzaba a cubrir el IDR siendo estos del 1.51% para tiamina, 0.46% para riboflavina, 0.64% para niacina y 12.9% para ácido fólico (Pedroza-Tobías et al., 2016). De forma similar, Rivera y colaboradores (2016) indican que la ingestión de tiamina, riboflavina y niacina representa en los preescolares una prevalencia de inadecuación baja (0-2.4%) mientras que la de folatos refleja una inadecuación moderada (8-13%).

En comparación con los resultados presentados anteriormente, en esta investigación todos los participantes alcanzaron a cubrir sus IDR de tiamina, riboflavina y niacina; para ácido fólico, el porcentaje de preescolares que no alcanzó a cubrir los requerimientos diarios fue del 24%, valor superior a lo reportado en los otros estudios. Si bien, los preescolares no presentan una dieta muy rica y variada en frutas y verduras, los alimentos fortificados y derivados de las harinas son consumidos en gran medida por los niños, lo que les aporta vitaminas y minerales que no están obteniendo de fuentes naturales.

En cuanto a los minerales se tuvo un consumo promedio de hierro de 6.52 mg/día y de 4.47 mg/día para zinc; representando un cumplimiento del IDR del 43% y 67% respectivamente, es decir que no alcanzaron a cubrir la recomendación diaria. Por otro lado se encontró que la ingestión de hierro proveniente de hierro hémico fue de 3.95 mg/día y 3.15 mg/día de hierro no hémico (53% y 43% respectivamente); siendo en la dieta de los preescolares los principales alimentos aportadores de hierro hémico: los embutidos y las carnes rojas y blancas; mientras que los alimentos aportadores de hierro no hémico fueron: frijoles, cereales de desayuno, huevos, tortillas de harina de trigo y maíz, galletas y pastas.

Al comparar los resultados de este estudio con los reportados por Rivera y colaboradores (2016) y Sánchez-Pimienta y colaboradores (2016), se encontró que estos coinciden en que el 52% de los niños evaluados por la ENSANUT 2012 presentan un consumo de hierro inadecuado, teniendo una ingestión promedio de 10.3 mg/día del mineral, el cual se divide en 0.70 mg/día de hierro hémico y 9.80 mg/día de no hémico. La proporción de hierro encontrada en el estudio de Sánchez-Pimienta y colaboradores (2016) fue de 6.79% para hierro hémico y 95.14% para el no hémico, porcentajes sumamente diferentes a los encontrados en este estudio. En 1998 se analizó el patrón de consumo de alimentos de los sonorenses y se encontró que si bien la población sonorenses basaba su alimentación en la combinación de cereales y leguminosas así como el resto del país, el consumo de alimentos de origen animal, más específicamente las carnes, era más elevado (67 gr) que en otros estados, sobre todo los del sur (30-50 gr) (Valencia et al., 1998). Lo anterior sigue vigente hasta el presente, ya que dentro de lo reportado por los participantes de este estudio, las carnes están dentro de los alimentos más consumidos por los participantes con 72.5 gr de consumo promedio al día.

Por otra parte, el hierro fue el micronutriente que menos alcanza a cubrir las IDR, teniendo una inadecuación del 57% lo que se puede estar reflejando en las elevadas prevalencias (87%) de deficiencia de las reservas de hierro en los preescolares.

En el caso del zinc se encontró que menos del 10% de los preescolares mexicanos presentaron una ingestión inadecuada del mineral (Rivera et al., 2016), teniendo un consumo promedio de 8.00 mg/día (Sánchez-Pimienta et al., 2016), lo cual difiere de este estudio al encontrarse porcentajes de consumo y adecuación menores (4.47 mg/día y 67% respectivamente) al de la media nacional en los niños preescolares Hermosillenses.

8.2.4.2 Cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos. Se analizaron datos de 99 cuestionarios de frecuencia; al ser un cuestionario adaptado con los alimentos derivados de las harinas, se contó con un total de 97 alimentos reportados por los entrevistados entre los que se incluyeron cereales de desayuno, tortillas de trigo y maíz, pastas, panes, frituras, entre otros; así tenemos que en la Tabla 9, se reportan los 20 alimentos más consumidos por los preescolares.

Tabla 9. Principales alimentos derivados de las harinas consumidos por los preescolares.

<b>ALIMENTO</b>	<b>g/día</b>	<b>% de consumo</b>
1. Pastel	6	90
2. Pasta tipo spaguetti	27	88
3. Tortilla de maíz	59	82
4. Pan para sándwich	8	80
5. Galletas marías	10	78
6. Galletas saladas/crackers	3	75
7. Pan virginia	3	72
8. Donas	8	70
9. Pan de hamburguesa	2	67
10. Cereal (Corn Flakes)	7	66
11. Pasta tipo macarrón	13	54
12. Cereal (Froot Loops)	9	53
13. Pan dulce	7	52
14. Pan telera	3	52
15. Hot cakes	8	51
16. Papas (sabritas)	6	46
17. Barritas marinela	16	44
18. Cheetos	10	44
19. Sopa (Maruchan)	3	44
20. Cereal (Zucaritas)	8	43

De acuerdo a lo reportado en el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, todas las vitaminas del complejo B cubren más del 100% de la recomendación diaria, mientras que en el caso de los minerales, más de la mitad de la población alcanza a cubrir las recomendaciones diarias para el hierro y zinc (64.88 y 55.62% respectivamente); datos similares a lo reportado por Fernández (2010), en donde obtuvo porcentajes de adecuación de 49.4% para el hierro, 72.9% para zinc y 86.3% para folatos al analizar la dieta de preescolares hermosillenses. El análisis del promedio de consumo de los minerales en la población de este estudio indicaría que se consume más hierro (16.8 mg/día) y zinc (7.7 mg/día) en el cuestionario de consumo de frecuencia, que lo reportado en el recordatorio de 24 h (6.52 mg/día para hierro y 4.47 mg/día para zinc).

En la Figura 10 se muestra el porcentaje de cumplimiento de vitaminas y minerales que alcanzan a cubrir los preescolares diariamente al consumir los alimentos derivados de las harinas de trigo y maíz.

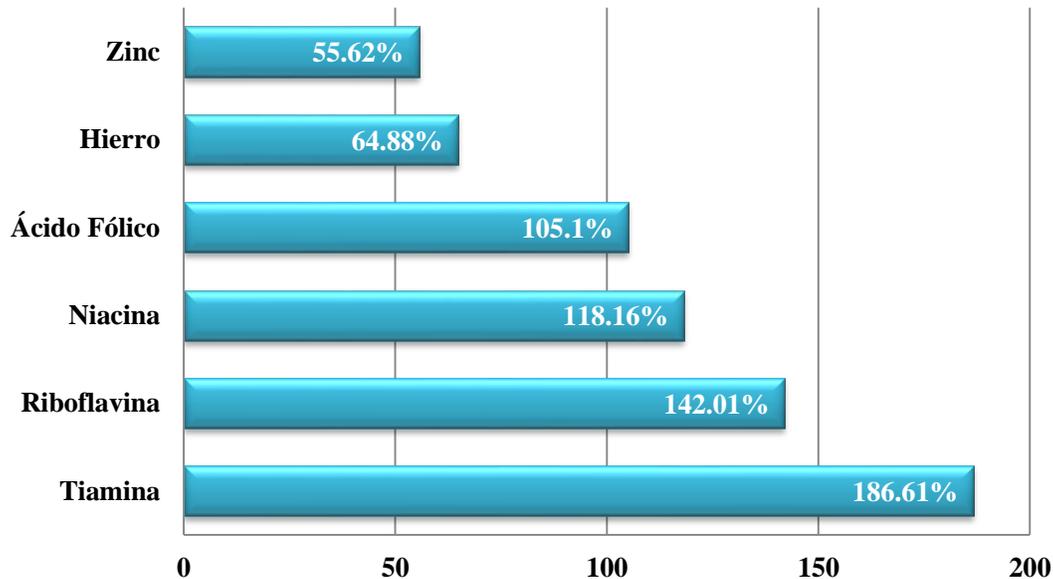


Figura 10: Porcentajes de cumplimiento de los diferentes nutrimentos con respecto a la Ingestión Diaria Recomendada.

Se realizó un análisis de correlación para ver si existía una relación entre el consumo de vitaminas y minerales y las concentraciones séricas que se obtuvieron mediante el análisis bioquímico y se encontró que no hubo relación ( $p>0.05$ ) entre las variables analizadas. A pesar de no encontrarse dicha relación, se puede observar como el consumo de alimentos fortificados derivados de las harinas de trigo y maíz son uno de los principales aportadores no solo de vitaminas y minerales, si no de energía en los preescolares, lo que permite una buena salud en la población evaluada.

## 9. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo muestran que la fortificación de harinas de trigo y maíz no está bien regulada en el país, ya que si bien, las muestras de harinas analizadas estaban fortificadas, éstas excedían en gran medida lo propuesto por la normatividad o por el contrario no alcanzaban a cubrir la mínima adición recomendada en la NOM-247-SSA1-2008.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis bioquímico se observó que la prevalencia de anemia en los preescolares fue baja, mientras que la deficiencia de hierro fue elevada y no se encontraron deficiencias de zinc ni de riboflavina en los participantes. Dichos hallazgos pueden estar relacionados con el alto consumo de alimentos fortificados derivados de las harinas de trigo y maíz que se presentó en los preescolares.

Los datos analizados del recordatorio de 24 h mostraron que todas las vitaminas de interés en el estudio alcanzan a cubrir el 100% de la recomendación diaria; mientras que para el hierro y zinc no se alcanzan a cubrir. El hierro fue el micronutriente con el consumo más inadecuado por los preescolares, en donde más de la mitad de la población no cubrió sus necesidades diarias, sin embargo, el consumo de hierro hémico fue elevado en comparación con otros estudios. Dentro de los alimentos más consumidos por los preescolares se encontró un alto consumo de los alimentos derivados de las harinas de trigo y maíz.

Por otra parte, el análisis del cuestionario de frecuencia de alimentos mostró similitud con el recordatorio de 24 h en cuanto a que por medio del consumo de alimentos derivados de las harinas de trigo y maíz fortificados los preescolares alcanzarían a cubrir el 100% de las recomendaciones diarias de las vitaminas del complejo B, mientras que para el hierro y zinc más de la mitad de la población cubriría sus necesidades.

## **10. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo es muy recomendable que el gobierno federal esté más involucrado con la industria productora de harinas y que verifique que se esté llevando a cabo la correcta fortificación de las harinas de trigo y maíz, o bien que los alimentos derivados de éstas sean producidos con harinas fortificadas para poder alcanzar a más población vulnerable que pueda presentar alguna deficiencia de micronutrientes.

## 11. REFERENCIAS

- Aguirre J., Chávez A., Medina B., García E., Carrasco M., y Guarneros N. 2013. Impacto del suministro de harina de maíz fortificada en la anemia de preescolares de zonas indígenas de México. *Gac Sanit.* 27(6): 541–544.
- Akhtar S., Anjum F., y Akbar M. 2011. Micronutrient fortification of wheat flour: Recent development and strategies. *Food Res Int.* 44: 652-659.
- Andang'ó P., Osendarp S., Ayah R., West C.E., Muaniki D.L., De Wolf C.A., Kraaijenhagen R., Kok F.J., y Verhoef H. 2007. Efficacy of iron-fortified whole maize flour on iron status of schoolchildren in Kenya: a randomized controlled trial. *Lancet.* 369: 1799–1806.
- Andrade M. (2006). Evaluación de la calidad de harinas de trigo comerciales y nativas (tesis de posgrado). Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, México.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemist. 2011. Official Methods of Analysis. AOAC International. Decimoctava edición. Gaithersburg, MD, USA.
- Barkley J.S., Wheeler K.S., y Pachón H. 2015. Anaemia prevalence may be reduced among countries that fortify flour. *Brit J Nutr.* 114: 265-273.
- Batifoulier F., Verny M.A., Chanliaud E., Rémésy C., y Demigné C. 2006. Variability of B vitamin concentrations in wheat grain, milling fractions and bread products. *Europ. J. Agronomy.* 25: 163–169.
- Biebinger R., Zimmermann M., Al-Hooti S.N., Al-Hamed N., Al-Salem E., Zafar T., Kabir Y., Al-Obaid L., Petry N., y Hurrell R.F. 2009. Efficacy of wheat-based biscuits fortified with microcapsules containing ferrous sulfate and potassium iodate or a new hydrogen-reduced elemental iron: a randomized, double-blind, controlled trial in Kuwaiti women. *Brit J Nut.* 102: 1362-1369.
- Bourges H., Torres N., y Tovar A. 2008. Proteínas y aminoácidos. En: Bourges, R. Casanueva, E. y Rosado, J.L (eds). Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. Bases fisiológicas. Tomo 1. Editorial Médica Panamericana, Cd. México, México, 103-126 pp.
- Burton K.E., Steele F.M., Jefferies L., Pike O.A., y Dunn M.L. 2008. Effect of micronutrient fortification on nutritional and other properties of nixtamal tortillas. *Cereal Chem.* 85 (1): 70-75.
- Caballero B., Allen L., Prentice A. 2013. Encyclopedia of human nutrition. Elsevier. Tercera edición. Baltimore, MD. 264 pp.

- Carrasco M., Hernández L.O., Roldán J.A., Chávez A., Aguirre J., y Aguilar F. 2013. Efecto del consumo de una harina de maíz enriquecida con soja en el estado de nutrición de mujeres indígenas de México. *Rev Esp Salud Pública*. 87: 293-302.
- Carrasco M., Ortiz L., Chávez A., Roldán J.A., Guarneros N., Aguirre J., y Ledesma J.A. 2011. Impacto del consumo de harina de maíz con un bajo nivel de enriquecimiento en niños de zonas rurales. *Nutr Hosp*. 26 (5): 1097-1104.
- Castillo C. 2014. Análisis de los beneficios y riesgos de la fortificación de harina de trigo con ácido fólico en Chile (tesis doctoral). Universitat de Les Illes Balears. Departamento de Biología Fundamental y Ciencias de la Salud. Chile.
- COFEPRIS. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2016). Harinas de trigo fortificadas. México. Recuperado de: <http://www.cofepris.gob.mx/Paginas/Temas%20Interes/Programas%20y%20Proyectos/Alimentos/HarinaTrigoFortificada.aspx>
- Coral V., y Gallegos R. 2015. Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. *infoANALÍTICA*. 3 (1): 9-24.
- Crider K., Bailey L.B., y Berry R.J. 2011. Folic Acid food fortification—Its history, effect, concerns, and future directions. *Nutrients*. 3: 370-384.
- Changing Markets. 2018. Harina de otro costal: la fortificación de alimentos en México a examen. Fundación Changing Markets. 1-25.
- Dary O. 2008. Establishing safe and potentially efficacious fortification contents for folic acid and vitamin B12. *Food Nutr Bull*. 29 (2): 214-224.
- de Benoist B. 2008. Conclusions of a WHO Technical Consultation on folate and vitamin B12 deficiencies. *FNB*. 29 (2): 238-244.
- de Benoist B., Darnton-Hill I., Davidsson L., Fontaine O., Y Hotz C. 2007. Conclusions of the Joint WHO/UNICEF/IAEA/IZiNCG Interagency Meeting on Zinc Status Indicators. *Food Nutr Bull*. 28 (3): S480-4.
- de la Cruz-Góngora V., Villalpando S., y Shamah-Levy T. 2018. Prevalence of anemia and consumption of iron-rich food groups in Mexican children and adolescents: Ensanut MC 2016. *Salud Pública Mex*. (60): 291-300.
- dos Santos Q., Nilson E., Verly E., y Sichieri R. 2014. An evaluation of the effectiveness of the flour iron fortification programme in Brazil. *Public Health Nutr*. 18 (9): 1670-1674.
- Dunn M.L., Serna S.S.O., Sánchez-Hernandez D., y Griffin R.W. 2008. Commercial evaluation of a continuous micronutrient fortification process for nixtamal tortillas. *Cereal Chem*. 85 (6): 746-752.
- ESHA. 2007. Food Processor II Program. ESHA Research Editor EUA.

- Fernández, I. (2010). Moringa oleífera y su importancia en el estado nutricional de vitamina A, hierro y zinc en preescolares: estudio piloto (tesis de posgrado). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México.
- FFI. Food Fortification Initiative. (2013). Strategic Paper: Fortification of rice and wheat flour with vitamins and minerals in the Western Pacific region. Atlanta, Georgia. Recuperado de: [http://www.ffinetwork.org/regional\\_activity/images/Fortification\\_Western\\_Pacific.pdf](http://www.ffinetwork.org/regional_activity/images/Fortification_Western_Pacific.pdf)
- Figuroa J.D., Acero M.G., Vasco N.L., Lozano A., Flores L.M., González-Hernández. 2001. Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal. ALAN. 51 (3): 293-302.
- Flores R., Martínez F., Salinas Y., y Ríos E. 2002. Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. Agrociencia. 36: 557-567.
- Gómez, S. (2013). Evaluación del programa de desayunos escolares. Indicadores antropométricos y valoración de la dieta total que consumen los preescolares y escolares de Hermosillo, Sonora (tesis de pregrado). Universidad de Morelos, Morelos, Nuevo León, México.
- González L. (2008). Cambios en el patrón de consumo de alimentos y su relación con riesgo de enfermedades crónicas en la población sonorensis (tesis de posgrado). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Hermosillo, Sonora, México.
- Grandy G., Weisstaub G. y López de Romaña D. 2010. Deficiencia de hierro y zinc en niños. Rev Soc Bol Ped. 49(1): 25-31.
- Grijalva M., Caire G., Sánchez A. y Valencia M. 1995. Composición química, fibra dietética y contenido de minerales en alimentos de consumo frecuente en el noroeste de México. ALAN. 45:145-150.
- Grijalva-Haro M.I., Chavarria E.Y., Artalejo E., Nieblas A., Ponce J.A., y Robles-Sardín A.E. 2014. Efecto de la leche fortificada Liconsa en el estado de hierro y zinc en preescolares mexicanos. Nutr Hosp. 29(2):331-336.
- Gropper S.S., y Smith J.L. 2013. Advanced Nutrition and Human Metabolism. Wadsworth. Sexta edición. Belmont, CA.
- Guamuch M., Dary O., Rambelson Z., de la Cruz V., Villalpando S., Tom C., Afidra R., y Makhumula P. 2014. Model for estimating nutrient addition contents to staple foods fortified simultaneously: Mexico and Kampala data. Ann NY Acad Sci. 1312: 76-90.
- Gutiérrez J.P., Rivera-Dommarco J., Shamah-Levy T., Villalpando-Hernández S., Franco A., Cuevas-Nasu L., Romero-Martínez M., y Hernández-Ávila M. 2012. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública.

- Hernández G. (2004). Análisis químico proximal de cuatro marcas comerciales de harinas de maíz nixtamalizado (tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Querétaro, Santiago de Querétaro, México.
- Hernández M., Sousa V., Villalpando S., Moreno A., Montalvo I., y López M. 2006. Cooking and Fe fortification have different effects on Fe bioavailability of bread and tortillas. *J Am Coll Nutr.* 25 (1): 20-25.
- Hintze J. 2007. NCSS and PAS. Number Cruncher Statistical System, Kaysville, Utah.
- Hotz C., Porcayo M., Onofre G., García-Guerra A., Elliott T., Jankowski S., Greiner T. 2008. Efficacy of iron-fortified Ultra Rice in improving the iron status of women in Mexico. *Food Nutr Bull.* 29 (2): 140-149.
- Hurrell R., Ranum P., de Pee S., Biebinger R., Hulthen L., Johnson Q., y Lynch S. 2010. Revised recommendations for iron fortification of wheat flour and an evaluation of the expected impact of current national wheat flour fortification programs. *Food Nutr Bull.* 31 (1): 7-21.
- Hurrell R.F. 2015. Flour fortification as a strategy to prevent anaemia. *Brit J Nutr.* 114: 501-502.
- INSP. Instituto Nacional de Salud Pública. (2012). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. Resultados por entidad federativa, Sonora. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública. Recuperado de: [encuestas.insp.mx](http://encuestas.insp.mx).
- ISPCH. Instituto de Salud Pública de Chile. (2010). Informe programa fortificación de harinas. Santiago, Chile. Recopilado de: [http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento\\_tecnico/2011/06/Informe\\_fortificación de harinas 2010.pdf](http://www.ispch.cl/sites/default/files/documento_tecnico/2011/06/Informe_fortificacion_de_harinas_2010.pdf)
- Jelliffe D. y Jelliffe F. 1989. Circumferences never went away. *American Journal of Public Health.* 79(11):1571-2.
- Jyväkorpä S.K., Martínez H., Pineda A., Pizarro S., y Monárrez-Espino J. 2006. Iron Nutrition in schoolchildren of western Mexico: The effect of iron fortification. *Ecol Food Nutr.* 45 (6): 431-447.
- Latham M.C. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Roma: FAO.
- Li H.B., y Chen F. 2001. Simultaneous determination of twelve water- and fat- soluble vitamins by high-performance liquid chromatography with diode array detection. *Chromatographia.* 54 (3): 270-273.
- López J. 2010. La fortificación de harinas con ácido fólico reduce la frecuencia de los defectos del tubo neural en Sudamérica. *BAG.* 21 (2): 1-5.
- López-Olmedo N., Carriquiry A., Rodríguez-Ramírez S., Ramírez-Silva I., Espinosa-Montero J., Hernández-Barrera L., Campirano F., Martínez-Tapia B., y Rivera J.A. 2016. Usual Intake of Added Sugars and Saturated Fats Is High while Dietary Fiber Is Low in the Mexican Population. *J Nutr.* 146(9): 1856S-65S.

- Mayo Clinic. (2018). Test ID: VITB2 Riboflavin (Vitamin B2), Plasma. Rochester, MN. Recuperado de: <https://www.mayomedicallaboratories.com/testcatalog/Clinical+and+Interpretive/42363>
- Moncada L.M., y Ruíz J. 2000. Estandarización y validación de un método para la determinación simultánea de vitaminas tiamina B<sub>1</sub>, riboflavina B<sub>2</sub>, niacina B<sub>3</sub> y ácido fólico B<sub>9</sub>, utilizando HPLC. *Rev Colomb Quim.* 29 (1): 73-77.
- Montoya J., Giraldo G., y Cárdenas C. 2012. Determinación del efecto del procesamiento de panificación de la harina de trigo en la concentración de vitaminas y minerales. *Sinapsis* 4 (4): 228-240.
- Morales-Ruán M.C., Villalpando S., García-Guerra A., Shamah-Levy T., Robledo-Pérez R., Ávila-Arcos M.A., Rivera J.A. 2012. Iron, zinc, copper and magnesium nutritional status in Mexican children aged 1 to 11 years. *Salud pública Mex.* 54:125-134.
- Moretti D., Biebinger R., Bruins N.J., Hoeft B., y Kraemer K. 2013. Bioavailability of iron, zinc, folic acid, and vitamin A from fortified maize. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1(12): 1-12.
- NCCFN. National Coordinating Committee on Food and Nutrition. (2005). Recommended Nutrient Intakes for Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia. Recuperado de: <http://nsm.nutritionmonthmalaysia.org.my/recommended-nutrient-intakes-for-malaysia-2005/>.
- Olivares M. 2013. Por qué es necesario fortificar: Adición de vitaminas en alimentos. *Indualimentos.* 82: 6-8.
- OMS, FAO, UNICEF, GAIN, MI y FFI. (2009). Recomendaciones sobre la fortificación de las harinas de trigo y de maíz Informe de reunión: Declaración de consenso provisional. Ginebra. Organización Mundial de la Salud. Recuperado de: [http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/wheat\\_maize\\_fort\\_es.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/wheat_maize_fort_es.pdf).
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2007). Manual WHO Anthro para computadoras personales: Software para evaluar el crecimiento y desarrollo de los niños del mundo. Geneva. Recuperado de: [http://www.who.int/childgrowth/software/manual\\_anthro\\_para\\_pc.pdf](http://www.who.int/childgrowth/software/manual_anthro_para_pc.pdf).
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2008). Training Course on Child Growth Assessment. Geneva. Recuperado de: [http://www.who.int/childgrowth/training/module\\_h\\_directors\\_guide.pdf](http://www.who.int/childgrowth/training/module_h_directors_guide.pdf).
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2009). Sistema de Información Nutricional sobre Vitaminas y Minerales (VMNIS). Ginebra. Recuperado de: [http://www.who.int/vmnis/database/anaemia/anaemia\\_data\\_status\\_t2/es/](http://www.who.int/vmnis/database/anaemia/anaemia_data_status_t2/es/).

- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2011a). Concentraciones de hemoglobina para diagnosticar la anemia y evaluar su gravedad. Ginebra. Recuperado de: [http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin\\_es.pdf](http://www.who.int/vmnis/indicators/haemoglobin_es.pdf).
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2011b). Concentraciones de ferritina para evaluar el estado de nutrición en hierro en las poblaciones. Ginebra. Recuperado de: [http://www.who.int/vmnis/indicators/serum\\_ferritin\\_es.pdf](http://www.who.int/vmnis/indicators/serum_ferritin_es.pdf).
- OPS. Organización Panamericana de la Salud. (2017). Anemia ferropénica: Investigación para soluciones eficientes y viables. Washington, DC. Recuperado de: [http://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11679%3Airon-deficiency-anemia-research-on-iron-fortification-for-efficient-feasible-solutions&catid=6601%3Acase-studies&Itemid=40275&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=11679%3Airon-deficiency-anemia-research-on-iron-fortification-for-efficient-feasible-solutions&catid=6601%3Acase-studies&Itemid=40275&lang=es)
- Pedroza-Tobías A., Hernández-Barrera L., López-Olmedo N., García-Guerra A., Rodríguez-Ramírez S., Ramírez-Silva I., Villalpando S., Carriquiry A., y Rivera J.A. 2016. Usual vitamin intakes by Mexican populations. *J Nutr.* 146:1866-1873.
- Pritwani R., y Mathur P. 2015. Strategies to combat micronutrient deficiencies: A Review. *IJHSR.* 5 (2): 362-373.
- Quizán-Plata T., y Ortega-Vélez M.I. 2000. Diseño y validación de una herramienta para identificar riesgo dietario en mujeres adultas de bajo ingreso. *Nutr. Clínica.* 3: 128-135.
- Rivera J., Hotz C., Rodríguez S., García A., Pérez A., Martínez H., y González M. 2008. Hierro. En: Bourges, R. Casanueva, E. y Rosado, J.L (eds). Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. Bases fisiológicas. Tomo 1. Editorial Médica Panamericana, Cd. México, México, 251 pp.
- Rivera J.A. 2012. Deficiencias de micronutrientes en México: un problema invisible de salud pública. *Salud pública Mex.* 54 (2):101-102.
- Rivera J.A., González-Cossío T., Flores M., Romero M., Rivera M., Téllez-Rojo M.M., Rosado J.L., y Brown K.H. 2001. Multiple micronutrient supplementation increases the growth of Mexican infants. *Am J Clin Nutr.* 74 (5): 657-663.
- Rivera J.A., Pedraza L.S., Aburto T.C., Batis C., Sánchez-Pimienta T.G., González T., López-Olmedo N., y Pedroza-Tobías A. 2016. Overview of the Dietary Intakes of the Mexican Population: Results from the National Health and Nutrition Survey 2012. *J Nutr.* 146(9): 1851S-5S.
- Rivera J.A., Shamah T., Villalpando S., y Monterrubio E. 2010. Effectiveness of a large-scale iron-fortified milk distribution program on anemia and iron deficiency in low-income young children in Mexico. *Am J Clin Nutr.* 91: 431-439.
- Rosado J. L., Díaz M., Muñoz E., Westcott J., y González K. 2012. Bioavailability of zinc oxide added to corn tortilla is similar to that of zinc sulfate and is not affected by simultaneous addition of iron. *Food Nutr Bull.* 33 (4): 261-266.

- Rosado J.L. 2003. Zinc and Copper: Proposed fortification levels and recommended zinc compounds. *J nutr.* 133: 2985-2989.
- Rosado J.L., Bourges H., y Saint B. 1995. Deficiencia de vitaminas y minerales en México. Una revisión crítica del estado de la información: II. Deficiencia de vitaminas. *Salud pública de Mex.* 37 (5); 452-461.
- Rosado J.L., Camacho-Solís R., y Bourges H. 1999. Adición de vitaminas y minerales a harina de maíz y de trigo en México. *Salud pública Mex.* 41 (2): 130-137.
- Rosado J.L., Cassís L., Solano L., y Duarte-Vázquez M.A. 2005. Nutrient addition to corn masa flour: Effect on corn flour stability, nutrient loss, and acceptability of fortified corn tortillas. *Food Nutr Bull.* 26 (3): 266-272.
- Russo M., Elichalt M., Vázquez D., Tihista H., y Godiño M. 2014. Fortificación de harina de trigo con ácido fólico y hierro en Uruguay; implicancias en la nutrición. *Rev Chil Nut.* 41(4): 399-403.
- Salas M., y Haros M. 2016. Evaluation of the technological, nutritional and sensory qualities of bakery products produced with partial substitution of the wheat flour by whole rice flour. *Braz. J. Food Technol.* 19: 1-9.
- Sanabria H., y Tarqui C. 2007. Fundamentos para la fortificación de la harina de trigo con micronutrientes en el Perú. *An Fac Med Lima.* 68 (2): 185-192.
- Sánchez-Pimienta T.G., López-Olmedo N., Rodríguez-Ramírez S., García-Guerra A., Rivera J.A., Carriquiry A.L., y Villalpando S. 2016. High Prevalence of Inadequate Calcium and Iron Intakes by Mexican Population Groups as Assessed by 24-Hour Recalls. *J Nutr.* 146(9): 1874S-80S.
- Sau A. 2016. A Study on weekly iron and folic acid supplementation (WIFS) programme in a school at rural area of west Bengal, India. *IOSR.* 15 (6): 47-50.
- Secretaría de Educación Pública y Secretaría de Salud. (2014). Acuerdo mediante el cual se establecen los lineamientos generales para el expendio y distribución de alimentos y bebidas preparados y procesados en las escuelas del Sistema Educativo Nacional. *Diario Oficial de la Federación.* Recuperado de: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5344984&fecha=16/05/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5344984&fecha=16/05/2014)
- Secretaría de Salud. (2009). Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008. Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación.* Recuperado de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009).
- Serdula M. 2010a. Maximizing the impact of flour fortification to improve vitamin and mineral nutrition in populations. *Food Nutr Bull.* 31 (1): 86-93.

- Serdula M. 2010b. The opportunity of flour fortification: Building on the evidence to move forward. *Food Nutr Bull.* 31 (1): 3-6.
- Shamah-Levy T., Rodríguez-Ramírez S., Gaona-Pineda E.B., Cuevas-Nasu L., Carriquiry A.L., y Rivera J.A. 2016. Three 24-hour recalls in comparison with one improve the estimates of energy and nutrient intakes in an urban mexican population. *J Nutr.* 146: Shamah-Levy T., Villalpando S., Jáuregui A., y Rivera J.A. 2012. Overview of the nutritional status of selected micronutrients in Mexican children in 2006. *Salud pública de Mex.* 54:146-151.
- Tiong S.A., Chandra-Hioe M.V., y Arcot J. 2015. Thiamin fortification of bread-making flour: Retention in bread and levels in Australian commercial fortified bread varieties. *J Food Compos Anal.* 38: 27-31.
- Valencia M.E. 2008. Energía. En: Bourges H., Casanueva E. y Rosado J. (ed). *Recomendaciones de ingestión de nutrimentos para la población mexicana. Bases fisiológicas. Tomo 2. Energía, proteínas, lípidos, hidratos de carbono y fibra.* Editorial médica panamericana, Cd. México, México, 59-99 pp.
- Valencia M.E., Hoyos L., Ballesteros M., Ortega M., Palacios M., y Atondo J. 1998. La dieta en Sonora canasta de consumo de alimentos. *Estudios Sociales.* 8(15): 11-39.
- Villalpando S., de la Cruz V., Shamah-Levy T., Rebollar R., y Contreras-Manzano A. 2015. Nutritional status of iron, vitamin B12, folate, retinol and anemia in children 1 to 11 years old. Results of the Ensanut 2012. *Salud pública de Mex.* 57 (5):372-384.
- Villalpando S., García-Guerra A., Ramírez-Silva C.I., Mejía-Rodríguez F., Matute G, Shamah-Levy T., y Rivera J.A. 2003. Iron, zinc and iodine status in Mexican children under 12 years and women 12-49 years of age. A probabilistic national survey. *Salud pública Mex.* 45 (4): 520-529.
- Villalpando S., Shamah-Levy T., Mundo V., y Rivera-Dommarco J.A. 2007. Análisis crítico de la evolución de la anemia y la deficiencia de micronutrientos en la población. *Salud pública Mex.* 49: 270-272.