

3.2
201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

EVALUACIÓN DE CARBOHIDRATOS, PROTEÍNAS,
HUMEDAD, CENIZAS Y MINERALES EN
ALIMENTOS INFANTILES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICO FARMACÉUTICO BIÓLOGO

PRESENTA:

MARÍA ESTHER RODRÍGUEZ MERCADO

DIRECTOR:

M. en C. A. LOURDES CASTILLO GRANADA

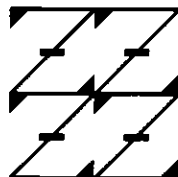
ASESOR:

M. en C. LUCÍA CORNEJO BARRERA

MÉXICO D.F.

ABRIL DE 1999

UNAM
FES
ZARAGOZA



LO HUMANO EJE DE
NUESTRA REFLEXIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

277980



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

1.	Introducción	1
2.	Fundamentación.....	2
3.	Minerales	4
	3.1. Calcio	6
	3.2. Cobre	9
	3.3. Hierro	11
	3.4. Magnesio	13
	3.5. Potasio	15
	3.6. Sodio.....	16
	3.7. Zinc.....	18
4.	Análisis Bromatológico	20
	4.1. Carbohidratos	20
	4.2. Cenizas.....	21
	4.3. Humedad	21
	4.4. Proteínas.....	22
5.	Espectroscopía de absorción y emisión atómica	24
6.	Planteamiento del Problema.....	32
7.	Objetivos	33
8.	Hipótesis	34
9.	Material	35
10.	Metodología.....	36
11.	Resultados	43
12.	Análisis de Resultados.....	57
13.	Conclusiones.....	61
14.	Bibliografía	62

1. INTRODUCCIÓN

El alimento, es la base fundamental del crecimiento y desarrollo del hombre.

Una dieta balanceada contiene hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y agua, que son requeridos de acuerdo a la edad, actividad, sexo y peso del individuo. ⁽¹⁾

El avance tecnológico y el acelerado ritmo de vida, han ocasionado cambios en los hábitos alimenticios, principalmente por el aumento en el consumo de alimentos envasados, siendo más afectada la población infantil. Es por ello el interés de estudiar el contenido nutrimental, en alimentos infantiles envasados, para conocer cuáles son los que se encuentran en mayor concentración. ^(2,3)

A principios de siglo, no se prestaba interés al análisis de minerales en los alimentos, se desconocían sus funciones; hoy en día, sabemos su importancia y las funciones que presentan, tales como coenzimas en el metabolismo de hidratos de carbono, proteínas lípidos, balance ácido base y participación de varias reacciones bioquímicas, entre otras; de ahí la importancia a ser analizados, debido a que de su contenido depende la salud.

La etapa de alimentación de los bebés es crítica, una vez que han sido destetados, ya que en ésta los nutrimentos necesarios fueron proporcionados a través de la leche materna; sin embargo, al ser retirada y reemplazada por alimentos envasados, se debe asegurar que éstos ayuden al bebé a tener un buen desarrollo.

2. FUNDAMENTACIÓN

Una dieta balanceada, es aquella que está formada por cantidades adecuadas de: hidratos de carbono, proteínas, lípidos, vitaminas, grasas, minerales y agua. En anteriores épocas, no se daba importancia al consumo de minerales, debido a que se desconocían los efectos causados por ausencia o exceso de éstos, hoy en día, se presta mayor atención para que los alimentos contengan los minerales necesarios, con la finalidad de que el organismo funcione adecuadamente. ⁽⁴⁾

Los hidratos de carbono, son los nutrimentos más consumidos por los humanos, destacan la sacarosa y glucosa que es empleada directamente en el metabolismo como reserva de energía.

Las proteínas, desempeñan un papel importante en las funciones biológicas del organismo humano, entre las que destacan la regeneración y formación de tejidos, síntesis de enzimas, anticuerpos, hormonas y como constituyentes de la sangre. Los órganos del hombre se componen básicamente de proteínas, forman parte del tejido conectivo, piel, pelo y de otros tejidos rígidos estructurales. Los alimentos más ricos en proteínas son la carne, huevo, leche y pescado.

Fisiológica y toxicológicamente los minerales se clasifican, en dos grupos:

- *Elementos benéficos*, para el consumo humano no son tóxicos ni peligrosos, son empleados para llevar a cabo una función biológica dentro del organismo.
- *Elementos nocivos* o tóxicos para el organismo, dentro los que destacan algunos metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico y otros. ^(5,6)

Una segunda clasificación, se basa en los niveles de concentración de nutrimentos contenidos en el organismo: elementos mayoritarios o macro-nutrimentos y elementos traza o micro-nutrimentos. ^(7,8)

En la clasificación de elementos mayoritarios, se encuentra el sodio, potasio, calcio, fósforo, cloro, azufre y magnesio; entre los micronutrientes, encontramos al yodo, cobre, hierro, cobalto, molibdeno y zinc, algunos autores incluyen dentro de esta clasificación un tercer grupo, que son los tóxicos.

En la cuantificación de los minerales (elementos constituyentes y contaminantes), se hace uso de técnicas como la volumetría, gravimetría, polarografía, colorimetría y espectrofotometría de absorción atómica y emisión atómica, siendo estas dos últimas las técnicas más empleadas, debido a que son selectivas, específicas y casi libres de interferencias. La espectroscopía atómica, es considerada como una técnica de análisis instrumental moderna, la cual hace posible la cuantificación de 64 elementos presentes en cualquier tipo de muestras de alimentos, tejidos y fluidos animales y vegetales e industriales.
(9,10,11,12,13,14)

3. MINERALES

En el siglo pasado, se pensaba que consumir una dieta rica en proteínas, carbohidratos y lípidos era suficiente para mantener un organismo saludable; sin embargo, gracias a los estudios realizados a principios de este siglo se han determinado factores químicos que son necesarios en una buena alimentación, tal es el caso de los minerales (elementos constituyentes), que se han considerado indispensables dentro de una buena alimentación. Los minerales forman parte de la mayoría de los alimentos que se consumen diariamente; se requieren 14 de ellos en la dieta, que son: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, magnesio, hierro, zinc, cobre, yodo, molibdeno, cromo y flúor. Estos elementos, son útiles para el crecimiento, desarrollo y equilibrio del funcionamiento de nuestro organismo, cada uno de ellos cumple actividades específicas, en la *Tabla I* se muestra el resumen de sus principales funciones. ^(5,15)

Tabla I. Principales funciones biológicas.

Elemento	Función
Calcio	Formación de huesos. Fluidos celulares. Proceso de coagulación de la sangre. Transmisión nerviosa.
Fósforo	Formación de huesos. Fosforilación de glucosa. Transporte de ácidos grasos. Formación de ATP.
Magnesio	Formación de huesos y dientes. Coenzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas. En líquido intracelular.
Sodio	Principal catión del líquido extracelular. Control de presión osmótica. Balance ácido-base. Permeabilidad de las células.
Potasio	Principal catión del líquido intracelular. Balance ácido-base. Formación de glucógeno y síntesis de proteínas.
Cloro	Principal anión de líquido extracelular. Digestión gástrica por ácido clorhídrico. Balance cloruro-bicarbonato.
Azufre	Constituyente de las células. Activador de enzimas. Reacción de detoxificación.

Fuente: ref. 15

Tabla I. (continuación).

Elemento	Función
Hierro	Formación de hemoglobina. Oxidación celular por citocromos. Sistema inmunológico.
Cobre	Síntesis de hemoglobina. Absorción y transporte de hierro. Formación de huesos. Constituyente de tejido cerebral
Yodo	Síntesis de tiroxina (hormona tiroidal) que controla la oxidación celular.
Cobalto	Constituyente de vitamina B12 Esencial en la formación de glóbulos rojos.
Zinc	En enzimas carboxipeptidasas y dehidrogenasas. Ayuda a almacenar la hormona insulina.
Molibdeno	Conversión de purinas a ácido úrico. Oxidación de aldehídos.

Fuente: ref. 15

Los minerales son clasificados de acuerdo a su concentración como: *macro-nutrientes* y *micro-nutrientes*, en la *Tabla II* se muestran algunos de ellos. ⁽¹⁶⁾

Tabla II. Clasificación de macro y micro-nutrientes.

Grupo	Mineral	Porcentaje en peso corporal	Comentarios
Minerales Macro-nutrientes	Calcio	1.5-2.2	Nutrientes indispensables para la función corporal que se requieren en grandes cantidades
	Potasio	0.4	
	Sodio	0.2	
	Magnesio	0.05	
Minerales Micro-nutrientes	Hierro	0.0035	Nutrientes indispensables para la función corporal que se requieren en mínimas cantidades.
	Zinc	0.0025	
	Selenio	0.0003	
	Cobre	0.0001	
	Molibdeno	<	
	Cromo	<	
Yodo	<		

Fuente ref. 16

3.1. Calcio

El calcio, pertenece a la familia IIA de la Tabla Periódica, es un metal alcalinotérreo, en la capa terrestre se encuentra presente en 3.64% y en el organismo es el quinto elemento más abundante, el mayor porcentaje se encuentra en huesos y dientes (99%), como carbonato y fosfato, el resto en el interior de los tejidos y fluidos corporales, en sangre los niveles son 10 mg/100 mL.

La cantidad presente de este mineral en un recién nacido es de 28 g, juega un papel importante durante el embarazo, la lactancia y la niñez. ⁽¹⁷⁾

El calcio, lleva a cabo una gran variedad de funciones en el organismo como son: ^(18,19,20)

- Mecanismo de coagulación de la sangre.
- En la función cardiaca, actúa manteniendo la integridad de las membranas (ritmo cardiaco).
- Transmisión de impulsos nerviosos.
- Mecanismo de secreción de algunas hormonas.
- Interviene en la integración funcional del nervio y del músculo (contractividad y excitabilidad muscular).
- Interviene en el funcionamiento de membranas celulares (ayuda al transporte de mensajes al interior de las células desencadenando procesos como la secreción hormonal).
- Permeabilidad y estabilidad de membranas celulares.
- Formación de dientes y sistema óseo.

Las hormonas que controlan los niveles de calcio en el organismo son: ⁽²¹⁾

1. *Hormona paratiroidea*, se libera cuando el calcio plasmático se encuentra en bajas concentraciones, estimulando el paso del *calcio* del hueso hacia el plasma.
2. *Hormona calcitonina*, su comportamiento es inverso a la paratiroidea, se libera cuando el calcio plasmático se encuentra elevado, favoreciendo el depósito de éste en el hueso.

Los alimentos que aportan niveles elevados de calcio a la dieta (200-400 mg/100 g) son: mariscos, pescado, yema de huevo, tortilla y productos lácteos.

Los alimentos que aportan niveles medios (100-200 mg/100 g) son: cereales en general, frutos, carnes y la mayoría de los vegetales.

Cuando el calcio es consumido en alimentos, se absorbe del 30 al 60% en el duodeno, esta absorción se ve favorecida por una dieta alta en proteínas; por la acidez intestinal, en presencia de vitamina D, productos lácteos, cloruros y gluconatos; sin embargo, la disponibilidad de calcio en el organismo se ve afectada por grasas, fitatos, oxalatos y fosfatos. ⁽¹⁹⁾

La excreción de éste, se lleva cabo por orina (15-20%), heces (70-80%) y sudor (2-5%).

El consumo de calcio recomendado en la dieta diaria es: ⁽³⁵⁾

560 mg	infantes de 5 meses-1 año
800 mg	infantes de 1-10 años
1200 mg	adolescentes de 11-18 años
800 mg	adultos de 19-51 años

Límite de deficiencia: menor a 200 mg/día
Límite de exceso: mayor a 2500 mg/día

La deficiencia de este mineral, debido al exceso de fósforo o a la falta de vitamina D, se manifiesta con síntomas como, calambres, convulsiones, desmineralización ósea (osteoporosis), detención del crecimiento y raquitismo. ^(22,23)

Durante el período de embarazo, lactancia y senectud, se recomienda aumentar el consumo de calcio, debido a que en estas etapas se presenta con mayor facilidad la hipocalcemia.

Cuando este mineral se aumenta excesivamente en sangre (hipercalcemia), se pueden producir trastornos nerviosos y digestivos como vómitos, falta de apetito, estreñimiento, úlceras gástricas y en algunas ocasiones pancreatitis; calcificaciones en tejidos como riñones, córnea, conjuntiva, tímpano, paredes de vasos sanguíneos, pulmones, articulaciones y trastornos renales (exceso de orina, pérdida de potasio).^(22,23)

3.2. Cobre

El cobre es un metal de transición, está localizado en la Tabla Periódica en la familia IB, es uno de los minerales que se encuentra en los alimentos en cantidades adecuadas para satisfacer las necesidades de consumo humano. A la fecha no se ha demostrado que en una dieta normal exista la necesidad de adicionar cobre. En el organismo encontramos entre 100-150 mg distribuido en todos los tejidos. ⁽²⁴⁾

Las fuentes más ricas en cobre son: mariscos, vísceras (especialmente el hígado) y levaduras, su contenido varía de 20-400 ppm. Los alimentos que menor contenido presentan son los productos lácteos, vegetales, frutas frescas, azúcar y cereales refinados, contienen aproximadamente 0.2-2 ppm. ^(18,25,26)

Este mineral en el organismo es importante, sus funciones son: ^(10,26,27,28)

- Como catalizador en la oxidación de grasas, este efecto se ve incrementado en presencia de ácidos grasos insaturados, combinándose las proteínas con el metal, favoreciendo su solubilidad y poniendo en contacto directo al cobre con los glóbulos de grasa originando una oxidación rápida.
- Interviene en:
 - ✓ La formación de pigmentos de la melanina, así como también en la integridad de la capa de mielina.
 - ✓ La formación de hemoglobina, en la absorción y transporte de hierro.
 - ✓ En la síntesis de fosfolípidos.
 - ✓ En la formación de los huesos, además de formar parte de varias enzimas como son la tirosina, amiroxidasa y citocromoxidasa.

En el plasma cerca del 95% del cobre se encuentra unido a la proteína ceruloplasmina, la cual está involucrada en la utilización del hierro de la transferrina del plasma y el 5% restante se encuentra unido a albúmina. El cobre, se combina con la albúmina y con la globulinoceruloplasmina, las cuales sirven como transporte y reguladores de éste. ⁽²⁹⁾

Cuando se consume cobre en la dieta, la absorción se lleva a cabo en estómago e intestino delgado y está influida por la cantidad y forma química del cobre ingerido, por la edad del consumidor y por su necesidad corporal, se estima que se absorbe entre el 32-60% aproximadamente. ⁽³⁰⁾

El cobre que no es absorbido, es excretado a través de las heces (90%). Se estima que de los 2-5 mg/día ingeridos por el hombre, 0.6-1.6 mg es absorbido, 0.5-1.3 mg es excretado en bilis, 0.1-0.3 mg pasan directamente a intestino y 0.01-0.06 mg son excretados por orina (los valores reportados en orina son variables), cantidades insignificantes se pierden en sudor, flujo menstrual normal y en leche materna (0.4 mg/día). ⁽³¹⁾

El consumo recomendado en la dieta es:

0.5-0.7 mg en lactantes de 0-5 meses
0.7-1.0 mg en lactantes de 5 meses-1 año

En la dieta se requiere 2 mg diarios de cobre, considerando los límites de:

deficiencia: menor a 2 mg/día
toxicidad: mayor a 250 mg/día

La deficiencia de cobre ocasiona: palidez, retraso de crecimiento, irritabilidad y anemia moderada o intensa.

La neutropenia, se presenta en infantes con dieta alta en calorías y baja en cobre, los rasgos característicos de este síndrome son: diarrea crónica, deterioro mental progresivo, mala queratinización del pelo, hipotermia y descenso de la actividad seruloplasmina en el suero. También, este síndrome se encuentra asociado a un defecto genético. ⁽²⁵⁾

El exceso de cobre ocasiona sabor metálico, náuseas y en casos más severos diarrea, úlceras, molestias en el tracto gastrointestinal, ictericia y suspensión de orina. ⁽³²⁾

3.3. Hierro

El hierro es un elemento metálico, se encuentra localizado en la familia VIIB de la Tabla Periódica, es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, sus principales usos son hierro estructural, acero, tintes, abrasivos, desinfectantes, es empleado como complemento alimenticio y considerado dentro del grupo de los micro-nutrientes. El contenido de hierro es variable, los alimentos que presentan una cantidad mayor de éste micro-nutriente son: mariscos, productos cárnicos, leguminosas y huevo, contienen entre 5-18 mg/100 g; las frutas, vegetales y productos lácteos contienen una cantidad moderada entre 0.1-1.10 mg/100 g. ^(33,34)

El organismo humano contiene aproximadamente 4 g /70 kg de peso corporal del cual 2.5 g se encuentra presente en la hemoglobina, 0.5 g en los tejidos y 1 g aproximadamente, como ferrina (complejo de hierro y proteína).

Las funciones principales del hierro son: ⁽¹⁹⁾

- Formar parte del proceso oxidativo corporal, que es la transferencia del oxígeno de la atmósfera a los tejidos vía sangre y dentro de los tejidos. Desempeña un papel importante en la respiración desde la distribución del oxígeno en el organismo hasta la transformación de la energía en la célula.
- Forma parte de las proteínas como la hemoglobina, mioglobina y otras enzimas.
- Actúa como un cofactor de algunas reacciones enzimáticas.
- Interviene en la oxidación de sustratos por transferencia de electrones o átomos de hidrógeno en el sistema citocromo.

La absorción del hierro tiene lugar principalmente en el duodeno, viéndose favorecida su forma ferrosa (Fe^{+2}). El hierro, tomado por las células de la mucosa intestinal se convierte a ferrina cuando las células llegan a saturarse fisiológicamente. En presencia de ferritina, se impide la absorción extra de hierro, en cambio la presencia de ácido ascórbico, cítrico y láctico estimulan su absorción debido a que tienen actividad sinérgica; sin embargo, en niveles altos en la dieta de fosfato y fitato reducen la absorción. La ingesta elevada de cobalto, zinc,

cadmio, cobre y magnesio interfieren en la absorción del hierro, debido a la competencia por los sitios receptores para la absorción.

El fierro presente en el organismo, se divide en funcional y almacenado. El funcional, se encuentra presente en la hemoglobina circulante en cantidades menores en los tejidos, en la mioglobina y en diversas enzimas hemo y no hemo; sin embargo, el hierro almacenado, no presenta ninguna función fisiológica más que la de servir como reserva para remplazar las pérdidas del componente funcional. El organismo humano contiene depósitos de hierro en forma de ferrina y de hemosiderina en hígado, bazo y médula ósea.

Los niveles requeridos en la alimentación diaria son: ⁽²⁶⁾

Mujeres 18 mg/día
Hombres 10 mg/día

Límite de deficiencia: menor a 2 mg/día
Límite de toxicidad: mayor a 100 mg/día

La deficiencia de hierro se manifiesta por anemia microcítica, fatiga muscular, detención de crecimiento y debilidad. El exceso de fierro es inicialmente atrapado en los depósitos de reserva, de continuar el exceso, éstas se pueden precipitar en hígado, páncreas y corazón, produciendo hemocromatosis, también ocasiona inhibición de la actividad de algunas enzimas, siderosis y cirrosis hepática. ^(21,35)

3.4. Magnesio

El magnesio es un metal alcalinotérreo, se encuentra localizado en la Tabla Periódica en la familia IIA, es el tercer elemento más abundante en la capa terrestre, el segundo ion bivalente en los océanos y es considerado en la dieta como macro-nutriente. ⁽³²⁾

El magnesio es esencial en las plantas, es constituyente de la clorofila, pectina y fitina. Algunos alimentos enlatados o congelados presentan reacciones de decoloración, al transformarse la clorofila en molécula de feofetina, debido a la sustitución de magnesio por catión hidrógeno, proveniente de los ácidos propios del alimento.

Las fuentes más ricas de este mineral son: vegetales de hojas verdes y vísceras, debido a que contienen entre 200-400 mg/100 g; sin embargo, la leche y los cereales son fuentes relativamente pobres, contienen entre 50-100 mg/100 g. ^(26,36)

El organismo humano contiene aproximadamente 25 g/70 kg, del cual el 60% se encuentra presente en el esqueleto, el resto dentro de las células y proteínas.

Algunas de las funciones del magnesio son:

- Actúa en el sistema enzimático responsable de la transferencia de energía, siendo una de las principales funciones en el músculo. Presenta efectos sobre la membrana incluyendo permeabilidad y contracción muscular, excitabilidad nerviosa y conducción eléctrica.
- Regula la síntesis de proteínas.
- Activa enzimas involucradas en la síntesis proteínica.

El mecanismo de absorción del magnesio, se da principalmente en el intestino delgado (más del 90%), en el colon se absorbe un bajo porcentaje. La absorción de este mineral se ve favorecida por las vitaminas *D* y *B*, lactosa, proteínas animales, ácidos grasos de cadena media y sodio; sin embargo, se ve afectado por el exceso de calcio, ya

que compiten por los mismos sitios transportadores en la mucosa intestinal. ⁽³⁷⁾

El nivel del magnesio es controlado por los riñones, este mineral se filtra a la sangre a través de glomérulos, donde es absorbido por túbulo renal, se excreta principalmente por heces (30-40%), así como por orina (13%).

Los niveles recomendados en la dieta son: ⁽²⁶⁾

Requerimiento promedio:	300-350 mg/día
Límite de deficiencia:	menor a 0.85 mg/día
Límite de toxicidad:	mayor de 1.5 g /día

Una ingesta excesiva produce diarrea, un nivel demasiado alto de este mineral en sangre, ocasiona generalmente insuficiencia renal, diabetes, disminución en la presión, náuseas, pulso lento, baja de calcio sanguíneo, baja de reflejos, poca excreción de orina y finalmente parálisis respiratoria o cardíaca. ^(20,33)

Sin embargo, la deficiencia se asocia a:

- Anomalías en tracto gastrointestinal (disminución o pérdida de la absorción).
- Difusión tubular renal (pérdida renal).
- Alteraciones endocrinas (hipertiroidismo e hiperparatiroidismo).

Los síntomas característicos de la deficiencia son: temblor muscular, convulsiones, detención de crecimiento e hipertiroidismo. ⁽³²⁾

3.5. Potasio

El potasio es un metal alcalinotérreo, en la Tabla Periódica se localiza en la familia IA, se encuentra presente en la capa terrestre en 2.59%. Dentro de la alimentación es considerado como un macronutriente, el contenido de este mineral en los alimentos es variable, los de mayor contenido son: levadura de cerveza, melocotones, legumbres, germen de trigo, papas, higos secos, pasas cacahuates, nueces, aguacates, espinacas, alcachofas, carnes rojas, leche, perejil, habas y algunos mariscos. ⁽³⁶⁾

Las funciones que el potasio desempeña son:

- Actúa como activador en el sistema enzimático y muscular.
- Interviene en la síntesis de azúcares, almidones y proteínas.
- Forma parte de la fosforilación oxidativa.
- Interviene en el paso de sustancias a través de la membrana celular (abunda más en el interior de las células que en los líquidos que las rodean).
- Interviene en el crecimiento corporal.

El potasio interacciona como antagonista con el cloro, magnesio, hierro y calcio.

La cantidad presente de este mineral en el organismo, es de 180 g /70 kg; los niveles de consumo diario no son bien definidos en la literatura. Las vías de eliminación más comunes son la orina, la cual puede aumentar por el consumo de medicamentos diuréticos tipo tiazídicos, prednisona y por el sudor.

Su deficiencia en la alimentación, causa falta de apetito, sed, disminución de motilidad intestinal, distensión abdominal con gases, disminución en los reflejos tendenciosos, debilidad muscular, cansancio, alteraciones renales, confusión mental y pérdida de glucógeno en los tejidos. La deficiencia suele deberse a ayunos prolongados o desnutrición, insuficiencia renal, aumento de sodio. El exceso ocasiona la muerte. ^(20,22)

3.6. Sodio

El sodio es un metal alcalinotérreo, en la Tabla Periódica se localiza en la familia IA, se encuentra en la capa terrestre en 2.83%. Es empleado en la elaboración de celdas para lámparas, en combinación con el cloro ($NaCl$), se emplea como conservador de alimentos como son los quesos, jamones, bacalaos, encurtidos, aceitunas, aderezados, conservas vegetales, enlatados, extracto de carne, patés, caldo en cubo, etc., y como aditivos: fosfato de sodio, glutamato, sorbato, sacarina, entre otros; dentro de la dieta, el sodio es considerado como macro-nutriente.

Los alimentos más ricos en sodio son los moluscos 75-500 mg/100 g, pescados 75-200 mg/100 g, carnes 80-120 mg/100 g, riñones 150-250 mg/100 g, clara de huevo 130-200 mg/100 g, leche 50 mg/L. La fuente más rica es la sal de cocina ($NaCl$), 10 g de sal contienen 4 g de sodio, en una dieta balanceada es suficiente con 1.5-2 g diarios, las dietas comunes aportan de 2-7 g /día, cantidad suficiente para satisfacer la necesidad del organismo. Desafortunadamente no se encuentra definido en la literatura el consumo máximo o mínimo en la alimentación; sin embargo, se habla de un consumo de 1.1-3.3 g para adultos y para niños no mayores a 6 meses de 115-350 mg. ⁽³⁷⁾

Algunas de sus funciones en el organismo son:

- Mantener el equilibrio ácido-base de las sustancias corporales, para que no sufran daño las células.
- Regular el agua corporal por medio de la presión osmótica y funciones nerviosas.

La eliminación del sodio se da principalmente por riñón, en menor cantidad en heces, aunque pueden producirse grandes pérdidas con diarrea. En un individuo normal, el sodio es absorbido casi en su totalidad en el tracto gastrointestinal. ^(20,22)

Su deficiencia provoca calambres musculares, náuseas, falta de ácido en el jugo gástrico, pérdida de apetito, adelgazamiento, dolor de

cabeza, cansancio, apatía, alteraciones renales, acidosis, cirrosis, vómitos, desnutrición. En casos severos, produce disminución en el volumen sanguíneo, pulso acelerado, poca orina, aumento de urea en sangre, ojos hundidos, resequeadad en la piel y mucosa; en casos graves, alucinación, coma e incluso la muerte. ⁽²⁰⁾

El exceso produce irritabilidad, respiración acelerada, resequeadad de la mucosa y en ocasiones convulsiones, agrava la insuficiencia cardiaca y favorece la hipertensión arterial. ⁽²⁰⁾

3.7. Zinc

El Zinc es un metal de transición, se encuentra localizado en la Tabla Periódica en la familia IIB, este elemento constituye el 0.004% de la corteza terrestre. Su principal uso es recubrir otros metales, particularmente el acero galvanizado y el hierro, es un micro-nutrimiento, su toxicidad puede aumentar por la presencia de arsénico, antimonio, cadmio y plomo. ^(32,38,39)

La disponibilidad del zinc como micro-nutrimiento, depende de la fuente de alimentación, existe una gran variación en el contenido de éste en los alimentos; los de origen animal como las carnes rojas, productos lácteos y mariscos aportan un alto porcentaje entre 4-10 mg/100 g; sin embargo, los cereales y vegetales son una fuente pobre, contienen 0.4-4 mg/100 g. Debido a que estos alimentos tienen fitatos que pueden combinarse con el zinc en presencia de calcio y reducen su disponibilidad biológica. ^(33,40,41)

Las dietas bajas en zinc y en calcio ocasionan daño en el crecimiento y las dietas altas en zinc y plomo causan anemia. ⁽⁴²⁾

El zinc presenta varias funciones en el organismo como son:

- Actúa en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos.
- Interviene en el funcionamiento de las glándulas sexuales.
- Interviene en el metabolismo de hidratos de carbono y lípidos.
- Actúa como activador enzimático.
- Interviene en el crecimiento.
- Interviene en el metabolismo de vitamina A y aparentemente en el de cobre y hierro.

El organismo contiene de 1-2 mg/70 kg de este mineral, se encuentra presente en todos los tejidos corporales, esta concentración se puede ver disminuida por niveles altos de fósforo o nitrógeno. ^(24,43)

La absorción del zinc, se lleva a cabo en un mayor porcentaje en las porciones distales del intestino delgado, siendo ésta entre 5-10%;

sin embargo, estos niveles disminuyen en presencia de cobre, fierro, magnesio, cadmio y cromo. Los quelatos y las sales, son las formas químicas por la que se ve favorecida la absorción. ^(26,44)

La eliminación de zinc es realizada principalmente por heces, una menor cantidad por medio de orina, sudor, piel y cabello. La excreción se ve favorecida por diabetes, alcoholismo y cirrosis hepática.

Se ha encontrado que la deficiencia de este mineral en la dieta, afecta el crecimiento, la pérdida de sabor, cicatrización y en la etapa de pubertad, causa hipogonoidismo y decremento de fertilidad.

Existe un amplio rango entre las cantidades recomendadas: ⁽⁴¹⁾

Requerimiento promedio:	15 mg/día
Límite de deficiencia:	menor 2 mg/día
Límite de toxicidad:	mayor a 100 mg/día

4. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

La alimentación, siempre ha jugado un papel de gran importancia en la vida del ser humano; sin embargo, hasta hace unas décadas ha hecho hincapié en la importancia del contenido nutrimental de los alimentos. ^(2,16)

La determinación de las características más importantes en la calidad de un alimento, se realiza a partir de un análisis proximal, en el cual se describe la composición química de los macrocomponentes, en términos de su contenido en porcentaje de humedad, cenizas, proteína cruda, grasa, fibra cruda e hidratos de carbono. Además, la determinación del análisis bromatológico es el paso inicial para cualquier estudio analítico realizado en alimentos, sin restarle importancia a los micro-componentes que son las vitaminas y minerales. ^(45,46)

4.1. Carbohidratos

Los hidratos de carbono (*CHOS*), son los nutrimentos más abundantes y baratos que se encuentran en la naturaleza y por lo tanto los más consumidos. Son compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno, con una fórmula general de $C_n(H_2O)_n$, comúnmente son de origen vegetal como: glucosa, sacarosa, al igual que los polisacáridos almidón y celulosa. La lactosa y glucógeno de son origen animal. ⁽⁴⁷⁾

Los hidratos de carbono como glucosa, galactosa y fructosa son absorbidos a través de la mucosa intestinal, por un mecanismo de transporte activo que requiere la presencia de iones sodio. Los monosacáridos atraviesan la pared intestinal y se acumulan en los vasos sanguíneos que desembocan en la vena porta, que los conduce al hígado donde se almacenan como glucógeno o se distribuyen a los tejidos que lo requieren, estos son considerados como reserva energética. ⁽²⁷⁾

Los hidratos de carbono son la principal fuente de energía en el organismo, además de ser necesarios para llevar a cabo funciones biológicas, como la mejor utilización de proteínas y grasa. Son comúnmente encontrados en frutas y vegetales como manzana, fresa, cebolla, camote, papa, entre otros. Se recomienda que un 60-70% de las calorías totales ingeridas en la dieta provengan de los hidratos de carbono.

4.2. Cenizas

Las cenizas, proporcionan un porcentaje aproximado de la cantidad de minerales presente en la muestra, provienen de las sales minerales que incluyen todos los compuestos inorgánicos fijos de la muestra, son el residuo que queda al incinerarlas. La incineración de la muestra destruye la materia orgánica cambiando su naturaleza, las sales metálicas se convierten en óxidos o carbonatos y reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros. Algunos elementos como el azufre y los halógenos, pueden no ser completamente retenidos en las cenizas perdiéndose por volatilización.
(46,48)

4.3. Humedad

El contenido de agua en alimentos naturales se encuentra entre 60-70%. Tanto en tejidos vegetales como animales se distinguen dos formas generales, el *agua libre*, que es la forma predominante y se pierde con gran facilidad, por lo que es ésta la que se estima en la mayoría de los métodos para determinación de humedad y el *agua ligada* que se encuentra como agua de cristalización o ligada a las proteínas y a las moléculas de disacáridos.

Sin embargo, sin este líquido no podrían llevarse a cabo diferentes reacciones bioquímicas que sustentan la vida. Las funciones biológicas del agua se basan en su capacidad para transportar diferentes sustancias a través del cuerpo y de disolver otras, mantenerlas tanto en solución como en suspensión coloidal, esto se logra gracias a las propiedades que el agua presenta como disolvente.

Muchas macromoléculas con interés biológico desarrollan su actividad solamente al asociarse con moléculas de agua, como es el caso de las proteínas, enzimas y ácidos nucleicos, que son activos cuando adquieren sus correspondientes estructuras terciarias en presencia de agua.

Las fuentes de agua con las que el organismo humano cuenta, son todos los líquidos que ingiere, así como la contenida en frutas y vegetales que presentan entre 80-95%, leche 87%, huevos 74%, carne 60-75%, queso 30-35%, el pan es uno de los alimentos más consumidos y es uno de los de menor contenido de agua 10%. ^(27,49)

En un alimento es importante determinar la cantidad de agua (*humedad*), para darle un valor real a la cantidad de otros componentes; por otro lado, el dato de la humedad está relacionado con la edad y el estado de conservación del mismo. Existen diferentes métodos empleados para la determinación de humedad; sin embargo, los más comunes se basan en la pérdida de peso por calentamiento. ⁽⁴⁶⁾

4.4. Proteínas

La palabra proteína se deriva del griego que significa el primero, en el organismo humano desempeñan un papel muy importante debido a que presentan varias funciones biológicas, entre las que se encuentran la regeneración y formación de tejidos, la síntesis de enzimas, anticuerpos y hormonas; también, es un constituyente de la sangre, además, forma parte del tejido conectivo, de la piel, del pelo, uñas y de otros tejidos rígidos estructurales. Los órganos del cuerpo humano se componen básicamente de proteínas. ⁽²²⁾

Las proteínas, son moléculas de gran tamaño con peso molecular que van desde miles a millones. Todas ellas contienen nitrógeno, carbono, hidrógeno y oxígeno, algunas contienen azufre, fósforo y otros elementos como hierro, cobre o zinc. La molécula de proteína se compone de unidades llamadas aminoácidos, unidos por enlaces peptídicos. Dentro de los veinte aminoácidos conocidos, algunos son esenciales, debido a que el organismo no los sintetiza y son la lisina,

treonina, triptófano, fenilalanina, metionina, histina, leucina, isoleucina y valina.

Al hablar del aprovechamiento nutritivo de las proteínas, se deben distinguir tres aspectos: cantidad, calidad y digestibilidad, debido a que consumir grandes cantidades de proteína no implica que satisfagan las necesidades de aminoácidos del individuo. La calidad de éstas, se define de acuerdo al contenido de aminoácidos indispensables, que son utilizados para el crecimiento y mantenimiento del organismo; la digestibilidad, se considera como una medida de la capacidad con la que el organismo metaboliza y aprovecha los nutrimentos. Los alimentos más ricos en proteínas son: pescado, carne, leche y huevo, los más pobres son las patatas y la mayoría de las frutas. (9,27,50)

5. ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN ATÓMICA

A principios de siglo, la determinación de elementos traza se realizaba por medio de técnicas analíticas: volumétricas, gravimétricas y colorimétricas. En los últimos 25 años se ha evolucionado, notoriamente con el empleo de la *espectroscopía de absorción atómica* con lo que se ha logrado mayor confiabilidad, selectividad y especificidad. ^(9,12,51,52)

La absorción atómica con llama, es una técnica que permite cuantificar en concentraciones del orden de ppm (*mg/L, µg/mL*), se determinan 64 elementos aproximadamente. ⁽⁵³⁾

La *espectroscopía de absorción atómica*, es una técnica que estudia la absorción de la energía radiante por átomos y la *espectroscopía de emisión atómica*, estudia la emisión. El átomo está constituido por un núcleo rodeado de electrones. Cada elemento, cuenta con un número específico de electrones de acuerdo a su número atómico, que está directamente relacionado con su núcleo y que conjuntamente con él da una estructura orbital, dicha configuración es única para cada elemento. Los electrones, ocupan posiciones orbitales en forma predecible y ordenada. La configuración más estable y de más bajo contenido energético es conocida como *estado basal* o *estado fundamental*. ^(12,13)

Si a un átomo se le aplica energía de magnitud apropiada, ésta será absorbida e inducirá a que un electrón sea promovido desde su estado basal a un orbital de más alta energía, para llegar al estado excitado del cual el electrón retornará espontáneamente a su estado basal emitiendo energía. Puesto que la energía de la radiación ultravioleta/visible es únicamente capaz de interactuar con los átomos a nivel electrónico, no se involucran cambios a nivel vibracional y rotacional de los átomos, como resultado de esto, el espectro de absorción atómica consiste en líneas discretas. ⁽⁵⁴⁾

Cada elemento a determinar absorbe una longitud de onda característica. En la *Tabla III se muestran las* longitudes de onda (λ) específicas de algunos elementos. ^(9,12,51,52)

Tabla III. Longitudes de onda específica para algunos elementos.

Elemento	λ nm
Calcio (Ca)	422.70
Cobre (Cu)	324.75
Fierro (Fe)	248.33
Magnesio (Mg)	285.20
Potasio (K)	766.49
Sodio (Na)	589.00
Zinc (Zn)	360.10

El objetivo de la *espectroscopía de absorción atómica* y *espectroscopía de emisión atómica* con llama, es determinar la cantidad de un elemento presente en la muestra, mediante la absorción o emisión dentro de la llama. El grado de absorción depende de la concentración de los átomos en la llama. La relación matemática entre la absorción de la radiación y la concentración del analito está determinada por la *ley de Lambert y Beer*, que implica la relación directa entre la cantidad de energía absorbida y el número de especies absorbentes. La relación más empleada está dada por la siguiente ecuación:

$$A = abc$$

Donde:

A = absorbancia.

a = coeficiente de absorción.

b = longitud de la celda.

c = concentración de las especies absorbentes.

De manera simple nos relaciona directamente la absorbancia medida en el instrumento, con la concentración de las especies absorbentes para una serie de condiciones constantes en la manipulación de las muestras y en el instrumento. La aplicación práctica de esta relación, consiste en determinar la absorbancia de una serie de soluciones patrón de concentración conocida para construir una gráfica,

que relacione estas dos variables e interpolar el valor de absorbancia de una muestra de concentración desconocida para obtener su valor. ^(13,55)

El espectrofotómetro de absorción atómica, está constituido por tres componentes básicos que son:

- Fuente de radiación
- Celda de la muestra
- Sistema óptico y electrónico

En absorción atómica estas áreas funcionales son implementadas por los componentes ilustrados en la *Figura 1*.

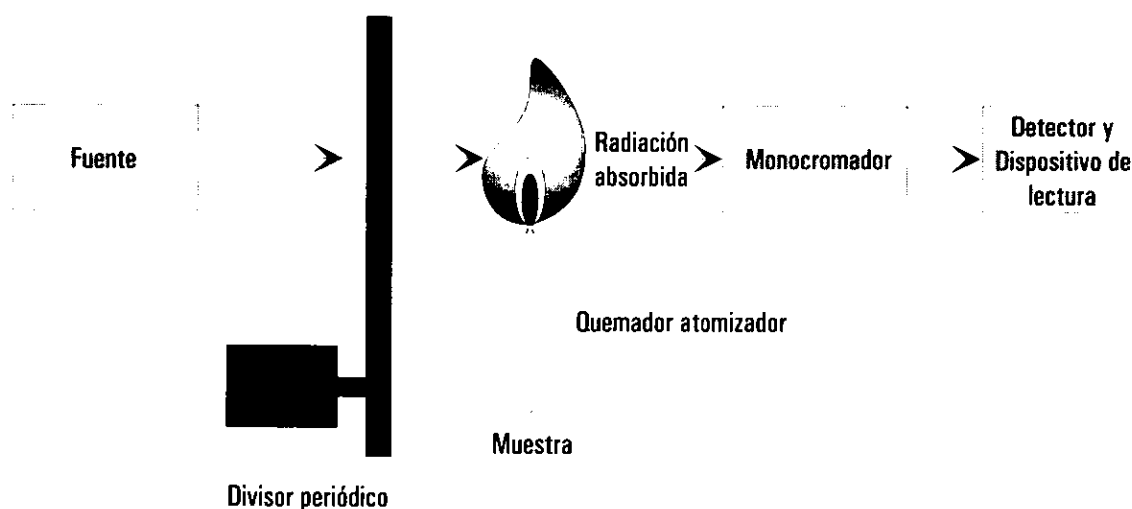


Figura 1. Espectrofotómetro de absorción atómica.

Los instrumentos para las determinaciones por emisión con llama son similares, excepto que la llama actúa en este caso como fuente de energía para excitar los átomos; por lo tanto, no se requiere de fuente de radiación, esta es una ventaja de la emisión sobre la absorción atómica, *Figura 2*. ⁽¹¹⁾

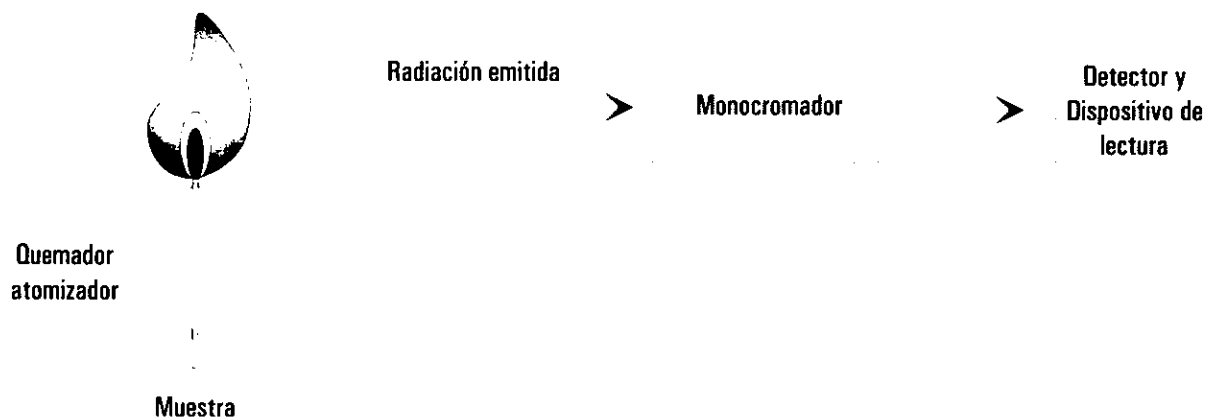


Figura 2. Espectrofotómetro de emisión atómica.

En el espectrofotómetro de absorción atómica se requiere de una *fente de radiación*, la cual emite radiación a longitudes de onda (líneas de resonancia), características del elemento que va a ser analizado. Una de las fuentes más empleadas es la lámpara de cátodo hueco, le sigue en importancia la lámpara de descarga sin electrodos y la lámpara de gradiente de temperatura.

Un átomo absorbe radiación a longitudes de onda muy discretas. Para medir esta absorción con la máxima sensibilidad, es necesario emplear una fuente que emita longitudes de onda específicas para cada elemento.

La lámpara de cátodo hueco, es una excelente fuente de energía discreta. Estas lámparas, están diseñadas para emitir el espectro atómico de cada elemento en particular, de esta forma se utilizan lámparas específicas dependiendo del elemento a determinar, están formadas por un ánodo de tungsteno y un cátodo en forma de cilindro hueco, construido del elemento que se va a cuantificar. El ánodo y el cátodo, se encuentran en un cilindro de vidrio sellado y lleno de gas neón o argón a una presión de 1 a 5 torr (*Figura 3*).

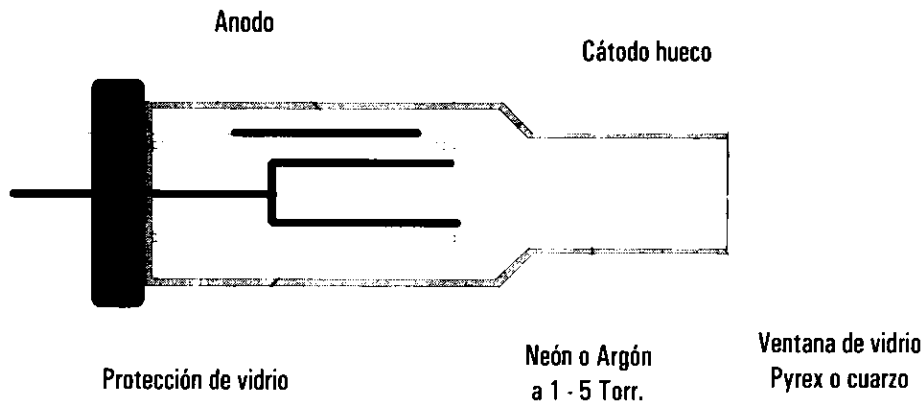


Figura 3. Lámpara de cátodo hueco.

Cuando se aplica un potencial eléctrico entre el ánodo y el cátodo, algunos de los átomos del gas de relleno se ionizan. Los iones cargados positivamente se aceleran a través del campo eléctrico y colisionan con el cátodo, desalojando átomos metálicos individuales (*desalojo*). Los átomos del metal desalojados colisionan y son entonces excitados para la emisión de la radiación. ⁽⁵⁵⁾

Otro de los componentes del espectrofotómetro de absorción y emisión atómica, es la *celda de la muestra*; ésta tiene la función de convertir las muestras poliatómicas en átomos libres en su estado basal y mantener constante la concentración de átomos el tiempo necesario para permitir detectar y registrar el valor de la radiación absorbida por éstos. Las celdas empleadas son:

CELDAS SIN CALENTAMIENTO:	{	GENERADOR DE VAPOR FRÍO PARA MERCURIO. GENERADOR DE HIDRUROS.
CELDAS CON CALENTAMIENTO:	{	LLAMA SISTEMA NEBULIZADOR-QUEMADOR. PLASMA. HORNO DE GRAFITO.

En la espectrofotometría de absorción y emisión atómica, el proceso de atomización debe generar átomos, en estado fundamental, en el *paso óptico*. La técnica más usada, es la aspiración directa de la solución de la muestra, dentro de la llama el disolvente se evapora, quedando un residuo sólido que se descompone en átomos libres, éstos se oxidan formando óxidos de metal o alguna otra forma química más estable de la molécula en la parte superior de la llama.

En el proceso de absorción (*Figura 4*), la muestra pasa por la *nebulización*, en la cual se aspira la muestra hacia la cámara del quemador donde se mezclan con los gases combustibles y oxidantes para formar un aerosol fino, en este punto, los metales están todavía en solución en pequeñas gotas de aerosol; cuando éstas pasan a la llama, el proceso de *evaporación o desolvatación* remueve el solvente y deja partículas sólidas pequeñas del material de la muestra; al aplicarse más calor, tiene lugar la *licuefacción* y de hecho, el calor adicional *vaporiza* la muestra, en este punto el metal de interés llamado *analito* está todavía enlazado con algún anión formando una molécula, la cual no sufrirá el fenómeno de absorción o emisión atómica; por lo tanto, se aplicará más energía para disociarla en átomos individuales, los cuales absorben la energía proveniente de la lámpara de cátodo hueco, para cuantificar el fenómeno de absorción atómica.

El sistema de atomización esta constituido por:

- El *Nebulizador*, tiene como función aspirar por acción neumática la solución de la muestra a través de un capilar, utilizando un gas de soporte (oxidante) para efectuar la aspiración.
- El *Quemador*, en éste los gases combustible, oxidante y la muestra se queman, transformando las moléculas en átomos. La celda para muestra se encuentra dentro la llama.

La llama disocia el metal de interés en iones libres, por ello es importante elegir adecuadamente la temperatura de ésta. La mezcla aire-acetileno provee de una temperatura de llama apropiada para la mayoría de los elementos a cuantificar. Una llama más caliente que es la de óxido nitroso-acetileno, es requerida para compuestos refractarios.
Tabla IV. ⁽⁵⁵⁾

El sistema óptico se compone de monocromador, detector y partes electrónicas. Su función es seleccionar y aislar una determinada línea de resonancia que ha pasado a través de la muestra y debe ser dirigida al detector, con ayuda de las partes electrónicas la señal es transformada a un valor de absorbancia o de concentración.

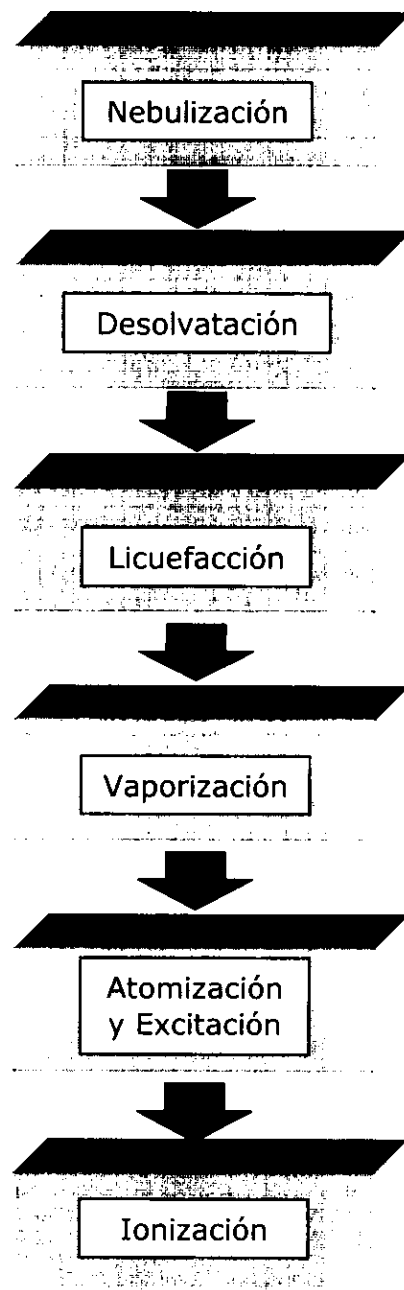


Figura 4. Proceso dentro de la llama.

Tabla IV. Temperaturas de llama.

Oxidante-combustible	°C
Aire-metano	1875
Aire-gas natural	1700-1900
Aire-hidrógeno	2000-2050
Aire-acetileno	2135-2400
N ₂ O-acetileno	2600-2800

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México al igual que en otros países, en los últimos años el ritmo de vida tan acelerado ha provocado un cambio de hábitos en la alimentación, afectando principalmente a la población infantil, esto ocasionado por la falta de tiempo brindada por parte de los padres al hijo, trayendo como consecuencia el consumo de alimentos envasados.

Una alimentación balanceada se compone de hidratos de carbono, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y agua. ^(3,56)

Los productos infantiles envasados no reportan la cantidad de minerales presentes en su contenido, los cuales son de suma importancia dentro de la alimentación infantil, así como también es necesario conocer la composición nutrimental, a través de la determinación de proteínas, hidratos de carbono, cenizas y humedad contenidos en los alimentos consumidos.

Nutricionalmente hablando, es importante que exista un buen hábito para consumir alimentos balanceados, ya que esto se ve reflejado en el sano desarrollo de los infantes.

El motivo de la investigación de este trabajo, surge de la necesidad de conocimiento de nutrimentos que componen a los alimentos infantiles envasados y ver si cumplen con los límites marcados en el mercado en las normas oficiales existentes para alimentos infantiles envasados.

7. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar el contenido de calcio, cobre, fierro, magnesio, potasio, sodio, zinc, hidratos de carbono, proteínas, humedad y cenizas, en alimentos infantiles envasados.

Objetivos particulares

- Determinar calcio y magnesio con adición de lantano por espectrofotometría de absorción atómica.
- Determinar potasio y sodio por espectrofotometría de emisión atómica.
- Determinación de cobre, fierro y zinc por espectrofotometría de absorción atómica.
- Cuantificar hidratos de carbono por el método de Fehling.
- Determinar el contenido de proteínas por el método de Kjendahl.
- Cuantificar cenizas por calcinación.
- Determinar el contenido de humedad por pérdida de peso.

8. HIPÓTESIS

La cuantificación de minerales en alimentos infantiles ayudará a determinar su contenido en éstos, permitiendo evaluar si cumplen con los límites establecidos en la norma NOM-86-SSA1-1994, que regula estos alimentos. La determinación se realizará con una técnica basada en Espectroscopía de Absorción Atómica, por ser sensitiva, precisa y confiable. La determinación de hidratos de carbono, proteínas, cenizas y humedad complementará el análisis bromatológico, para la evaluación de los alimentos infantiles.

9. MATERIAL

Papel aluminio	Pipetas volumétricas 1,3,5,10,25,50 mL
Papel glasine	Pipeta graduada 10 mL
Papel filtro Whatman No. 40	Matraces Erlenmeyer 50,500 mL
Perlas de vidrio	Probeta 50,100 mL
Crises	Pinzas de bureta
Pinzas para crisol	Bureta 50 mL
Desecador	Matraces volumétricos 25,50,100,250 mL
Espátula	Vasos de precipitados 100,500 mL
Soporte universal	Matraces Kjendahl 30,100 mL
Anillo de hierro	Pipetas Pasteur
Mangueras	Embudo de cristal tallo corto
Frascos de polietileno de 50 mL	

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

Balanza analítica Sartorius
Estufa Caisa Alfey
Espectrofotómetro de Absorción Atómica PYE UNICAM SP-192
Lámparas de cátodo hueco para cada elemento
Campana de extracción
Destilador microKjeldahl
Mufla Thermolyne Type 1500
Parrilla de calentamiento
Digestor

10. METODOLOGÍA

Muestreo.

De un lote de fabricación de alimentos infantiles envasados se seleccionaron 26 alimentos:

Clasificación	Muestra
Jugos	Jugo de calabaza y naranja Jugo de frutas tropicales Jugo de manzana y cereza Jugo de manzana y zanahoria Jugo de pera Jugo de uva
Frutas y Postes	Budín de chocolate Chabacano Ciruela pasa Durazno Frutas con yogurth Guayaba Mango Mango con yogurth Manzana Papaya y guayaba Pera y piña Plátano Postre de fresa Postre de vainilla
Sopas y Cremas	Crema de espinacas Sopa de pollo Sopa de pollo y vegetales Sopa de vegetales con jamón Sopa de vegetales con res Sopa de vegetales y ternera

En estos alimentos se realizó un muestreo, tomando de este 10 muestras de cada uno al azar. Para el análisis se realizó un submuestreo, tomando dos muestras al azar de cada variedad, analizándolas por triplicado.

Determinación de Proteína total por método Microkjeldahl.

Fundamento.

Las proteínas y demás materia orgánica son oxidadas por el ácido sulfúrico; el nitrógeno se encuentra en forma orgánica, se fija como sulfato de amonio al hacer reaccionar esta sal con una base fuerte, se desprende amoníaco que se destila y se recibe en un volumen conocido de ácido valorado. Por titulación del ácido no neutralizado, se calcula la cantidad de amoníaco desprendido y así la cantidad de nitrógeno de la muestra. El porcentaje de nitrógeno multiplicado por el factor 6.25 da el porcentaje de proteína cruda.

Procedimiento.

Pesar de 50-100 mg de la muestra (tomarla con una pipeta e introducirla al fondo del matraz Microkjeldahl), añadir 1 g de sulfato de potasio K_2SO_4 , 40 mg de óxido de mercurio HgO , 3 mL de ácido sulfúrico H_2SO_4 concentrado y perlas de ebullición. Colocar el matraz en el digestor y calentar hasta total destrucción de la materia orgánica, es decir, hasta que el contenido del matraz este completamente claro y no contenga residuos negros de materia orgánica. Dejar enfriar, disolver el residuo en la menor cantidad posible de agua (5 a 10 mL), pasar esto a la copa del microdestilador, dejar caer al contenedor; enjuagar con la mínima cantidad de agua la copa, cerrarla y depositar nuevamente en la copa hidróxido de sodio $NaOH$ al 50%, dejarlo caer lentamente. A la salida del condensador del destilador debe colocarse un matraz Erlenmeyer de 250 mL que contenga 50 mL de ácido bórico con indicadores (fenoftaleína, verde de bromocresol y rojo de metilo); cuando se obtengan 50 mL del destilado se retira el matraz y se titula con ácido clorhídrico HCl valorado 0.1 N, hasta el punto de equilibrio (vire de verde a color rojo fresa). Preparar un blanco de igual manera.

(57)

Cálculos.

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(P - B) \times N \times \text{meq}}{m} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de Nitrógeno} \times F$$

Donde:

- P = mL de HCl gastados en la titulación de la muestra.
- B = mL de HCl gastados en la titulación del blanco.
- N = Normalidad del HCl.
- Meq = Miliequivalentes de nitrógeno (0.014).
- M = Peso de la muestra en gramos.
- F = Factor de conversión (6.25).

Determinación de Humedad.**Fundamento.**

La determinación humedad, se basa en el material perdido (por evaporación de agua) de la muestra, durante el calentamiento a una temperatura mayor a la ebullición del agua o al ponerlo en contacto con un agente deshidratante.

Procedimiento.

Poner un pesafiltro con tapa en una estufa a 130°C; después de 2 horas, enfriar en un desecador y pesarlo. Una vez que se conoce su peso constante, colocar de 2 a 3 g de muestra y secar ésta en una estufa por una hora a 130°C, con la tapa del pesafiltro a un lado, retirarlos de la estufa y tapanlo. Dejarla enfriar en el desecador y pesar.

(57)

Cálculos.

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{m} \times 100$$

Donde:

Pi = peso del pesafiltro con muestra antes de secar.

Pf = peso del pesafiltro con muestra después de secar.

m = peso de la muestra.

Determinación de Cenizas.

Fundamento.

La determinación de cenizas, se basa en la incineración de la muestra orgánica a una temperatura de 500-550°C, obteniéndose así las cenizas que comprenden el material inorgánico (minerales).

Procedimiento.

Poner a peso constante un crisol en la mufla a 600°C, enfriar en un desecador, una vez frío pesarlo. Colocar de 2 a 3 g de muestra, evitando que sobrepase la mitad del crisol. Ponerlo sobre un mechero hasta que no desprenda humos blancos y meterlo a la mufla a calcinación a una temperatura de 550°C, suspender el calentamiento cuando las cenizas sean de color blanco o gris. Si se observan puntos negros después de 2-3 horas, sacarlo y enfriar en desecador, una vez frío se adicionan de 2-3 gotas de agua destilada, se seca a 130°C en la estufa y se somete nuevamente a calcinación, enfriar en el desecador y pesar. ⁽⁵⁷⁾

Cálculos.

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{m} \times 100$$

Donde:

Pf = peso del crisol con las cenizas.

Pi = peso del crisol vacío.

m = peso de la muestra.

Determinación de Carbohidratos por método de Fehling.*Fundamento.*

Los azúcares reductores, son componentes muy frecuentes de los alimentos tanto naturales como procesados, sus principales representantes son la glucosa y la fructosa, pero también se encuentran otros azúcares reductores como la lactosa y maltosa. Los alimentos contienen también azúcares no reductores como la sacarosa. Su determinación individual por métodos químicos es complicada y casi siempre se determinan juntos por el método general que se conoce como Método de Fehling y se basa en la reducción del ion cúprico (Cu^{2+}) a ion cuproso (Cu^+) como Cu_2O sólido insoluble de color rojo ladrillo. Esta reacción se produce por la oxidación del grupo carbonilo del azúcar.

Procedimiento.

Preparación de la muestra: Se pesan de 5 a 6 g de la muestra en un vaso de precipitado de 50 mL, se adicionan 100 mL de H_2O destilada, se homogeneiza y se pasa cuantitativamente a un matraz aforado de 250 mL; se agrega agua hasta obtener un volumen de 125 mL, se adiciona de 1 a 1.5 g de acetato de plomo neutro, agitar perfectamente, dejar sedimentar, si el líquido sobrenadante se encuentra aún turbio o colorido adicionar un poco más de acetato de plomo, agitar, aforar y mezclar; vaciar a un vaso de precipitado de 250 mL, agregar oxalato de potasio sólido, dejar sedimentar, filtrar y comprobar en los primeros

mililitros del filtrado si se eliminó todo el exceso de plomo; adicionándole una pequeña cantidad de oxalato (*solución I*), llevarla a una bureta y titular con el reactivo de Fehling para determinación de azúcares reductores directos. Para la determinación de azúcares reductores totales, tomar 50 mL de la *solución I*, poner en un matraz aforado de 250 mL, agregar 100 mL de agua, calentar a 65°C en baño maría, sacar del baño, adicionar 10 mL de ácido clorhídrico concentrado, dejar reposar, neutralizar con *NaOH* 5 N, enfriar aforar y mezclar (*solución II*); esta solución se lleva a la bureta y se procede a la titulación con reactivo de Fehling. ⁽⁵⁷⁾

Cálculos.

Azúcares reductores directos

$$\frac{\text{Factor x 250}}{\text{mL gastados}} \times \text{dilución} \times \frac{100}{\text{g muestra}} = \text{g/100 g muestra}$$

Determinación de minerales.

Fundamento.

La determinación de minerales, se basa en la absorción y emisión de energía radiante por átomos y su relación directa con la concentración del elemento a cuantificar.

Procedimiento

Pesar en un matraz Microkjeldahl de 100 mL, 40 g de jugo o 20 g de alimento semisólido, añadir 10 mL de ácido nítrico concentrado y dejar reposar toda la noche. Agregar perlas de ebullición, comenzar la digestión con calentamiento lento el tiempo necesario hasta la aparición de un color translúcido; si queda color ámbar adicionar peróxido de hidrógeno gota a gota con agitación continua, algunas muestras durante la digestión necesitan adición de más ácido nítrico. Una vez terminada la digestión enfriar, filtrar y llevar a un volumen conocido (matraz aforado de 50 mL), correr un blanco a la par. Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, con la lámpara correspondiente del

elemento a cuantificar y a la longitud de onda respectiva del mismo. Para obtener la concentración del mineral analizado, se realiza una curva estándar del mismo elemento a cuantificar y en ésta se interpolan los resultados obtenidos de las absorbancias del problema para determinar las ppm o el porcentaje de cada muestra, calculándolas a partir de la ecuación de la recta:

$$Y = mx + b$$

Donde:

- x = ppm o % de la muestra.
- y = absorbancia obtenida de la muestra.
- b = ordenada al origen.
- m = pendiente de la curva.

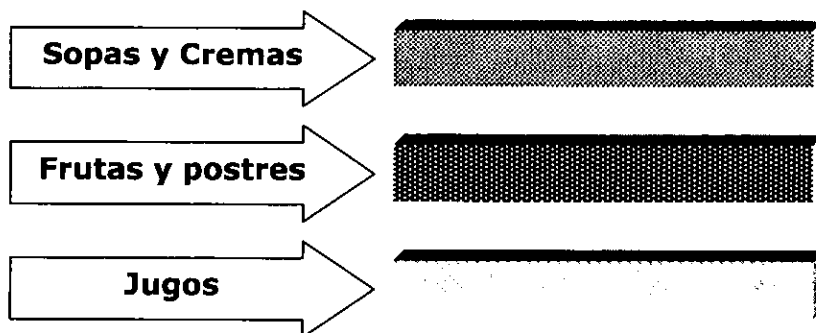
Esta técnica, esta basada en la norma oficial mexicana NOM-117 SSAI-1994 para determinar cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro y mercurio en alimentos y aguas. ^(58,59)

11. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados obtenidos:

<i>Tabla 1:</i>	Resultados del análisis bromatológico.
<i>Tabla 2:</i>	Resultados de minerales: Cobre, Fierro, Zinc, Calcio, Magnesio, Potasio y Sodio.
<i>Gráfica I:</i>	Contenido de Cenizas en las muestras.
<i>Gráfica II:</i>	Contenido de Hidratos de carbono en las muestras.
<i>Gráfica III:</i>	Contenido de Humedad en las muestras.
<i>Gráfica IV:</i>	Contenido de Proteínas en las muestras.
<i>Gráfica V:</i>	Contenido de Cobre en las muestras.
<i>Gráfica VI:</i>	Contenido de Fierro en las muestras.
<i>Gráfica VII:</i>	Contenido de Zinc en las muestras.
<i>Gráfica VIII:</i>	Contenido de Calcio en las muestras.
<i>Gráfica IX:</i>	Contenido de Magnesio en las muestras.
<i>Gráfica X:</i>	Contenido de Potasio en las muestras.
<i>Gráfica XI:</i>	Contenido de Sodio en las muestras.

Representación de los grupos de alimentos en las gráficas.

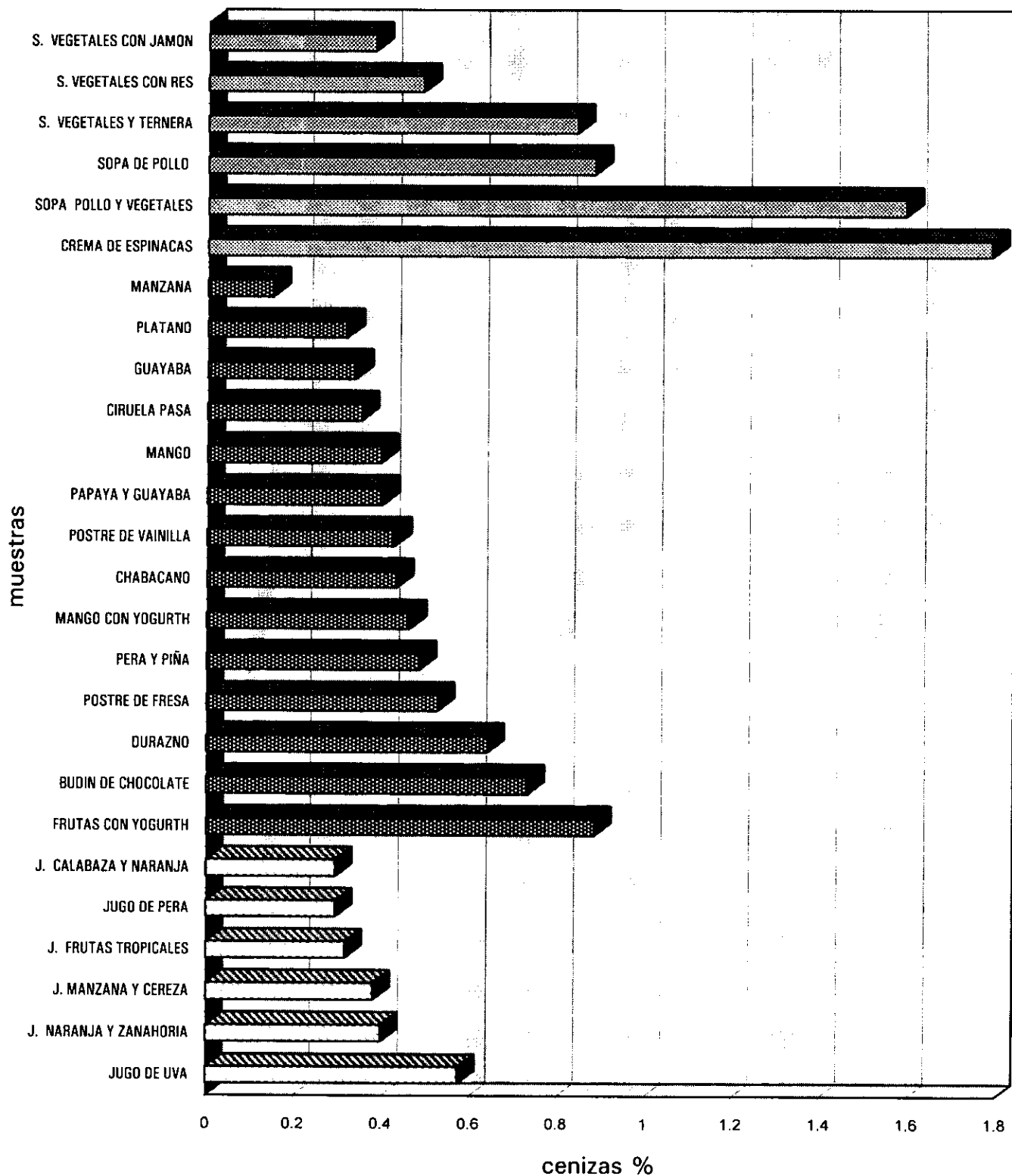


RESULTADOS DEL ANALISIS BROMATOLÓGICO (1g/100g base húmeda)

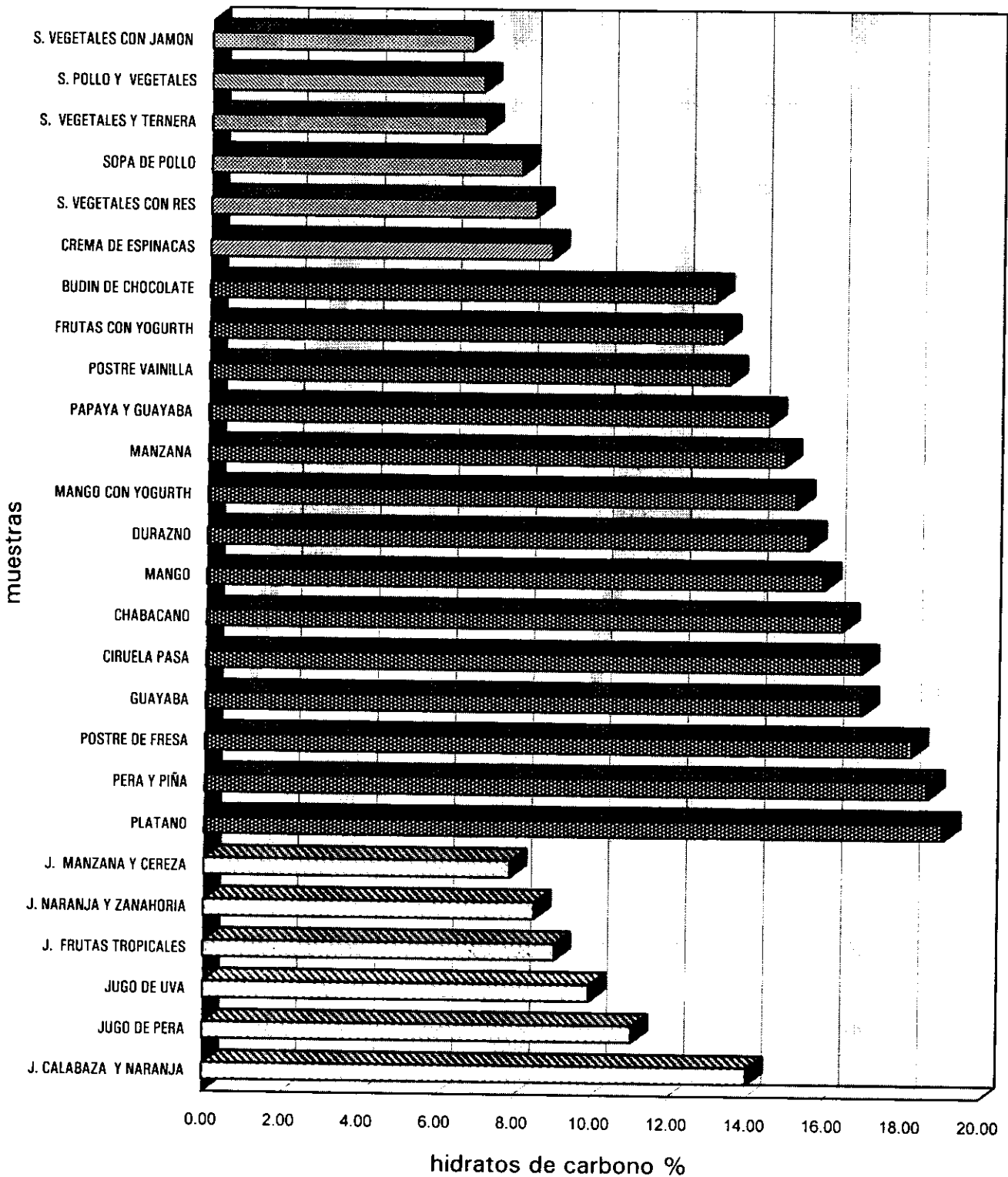
Clasificación	Muestra	CHOS	Cenizas	Humedad	Proteína	
Jugos	Jugo calabaza y naranja	14.02	0.29	85.75	0.27	
	Jugo frutas tropicales	9.04	0.32	89.68	0.69	
	Jugo manzana y cereza	7.87	0.38	90.96	0.17	
	Jugo naranja y zanahoria	8.50	0.40	90.21	0.78	
	Jugo pera	11.05	0.30	88.94	0.64	
	Jugo uva	9.95	0.57	88.94	0.68	
Frutas y Postres	Budin de chocolate	13.04	0.73	82.01	3.38	
	Chabacano	16.38	0.43	82.31	0.37	
	Cirueta pasa	16.90	0.35	82.47	0.52	
	Durazno	15.51	0.29	83.23	0.10	
	Frutas con yogurth	13.23	0.89	85.79	1.01	
	Guayaba	16.92	0.34	81.74	0.22	
	Mango	15.90	0.40	83.90		
	Mango con yogurth	15.20	0.46	83.24	0.88	
	Manzana	14.85		84.08	0.11	
	Papaya y guayaba	14.44	0.40	84.86	0.52	
	Pera y piña	18.63	0.48	80.67	0.07	
	Platano	19.05	0.32	81.51	0.07	
Sopas y Cremas	Postre de fresa	18.19	0.53		0.26	
	Postre de vainilla	13.42	0.43	82.99	2.19	
	Crema de espinacas	8.79	1.79	85.99	3.13	
	Sopa de pollo	7.98	0.88	87.24	3.63	
	Sopa pollo y vegetales	6.99	1.59	84.97	6.83	
	Sopa vegetal con jamón		0.38	89.69	3.03	
	Sopa vegetal con res	8.37	0.49	88.81	2.65	
	Sopa vegetal y ternera	7.04	0.84	89.07	2.76	
	mayor contenido					

Tabla 1

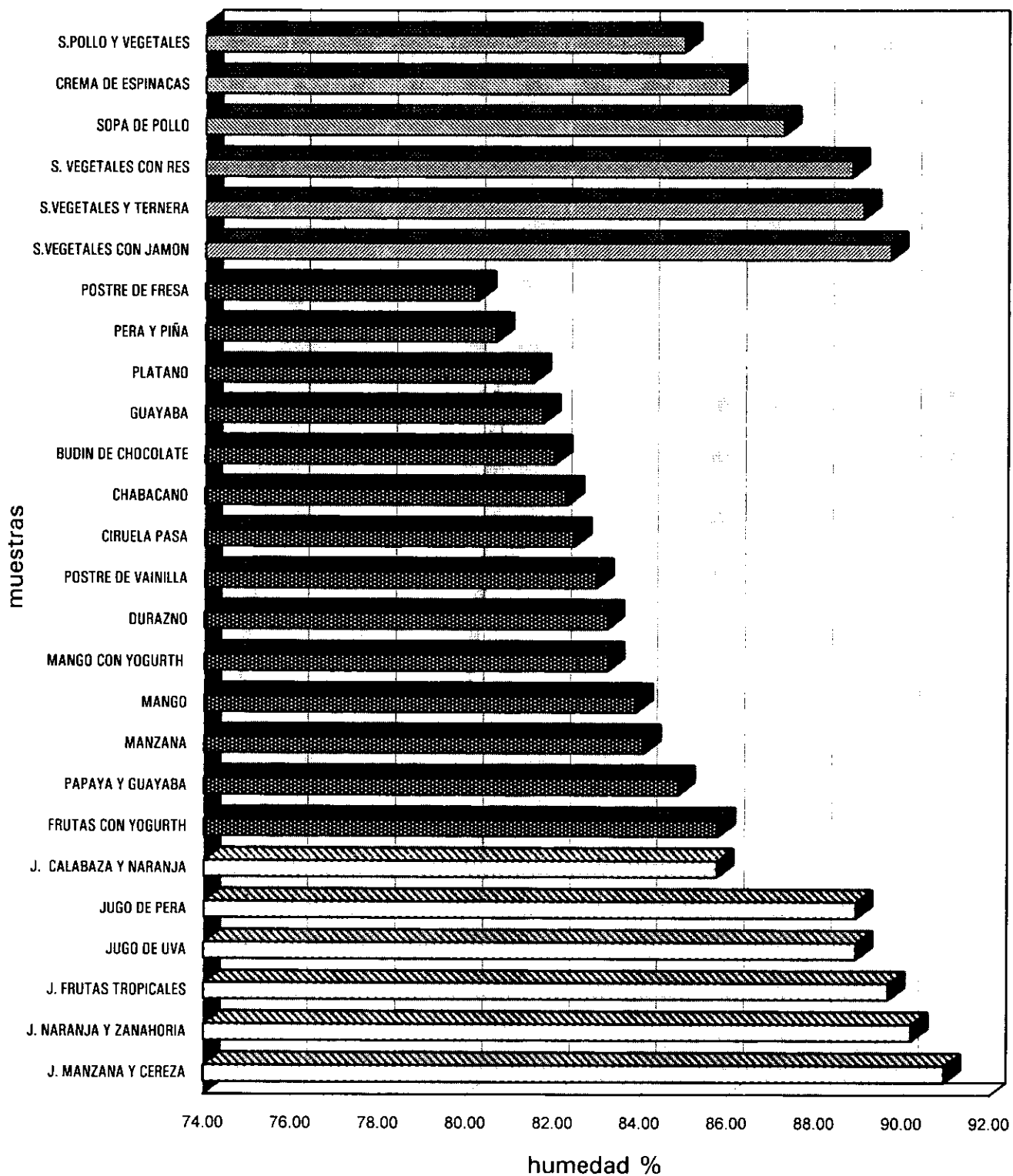
Gráfica I.
Contenido de Cenizas en las muestras (g/100 g).



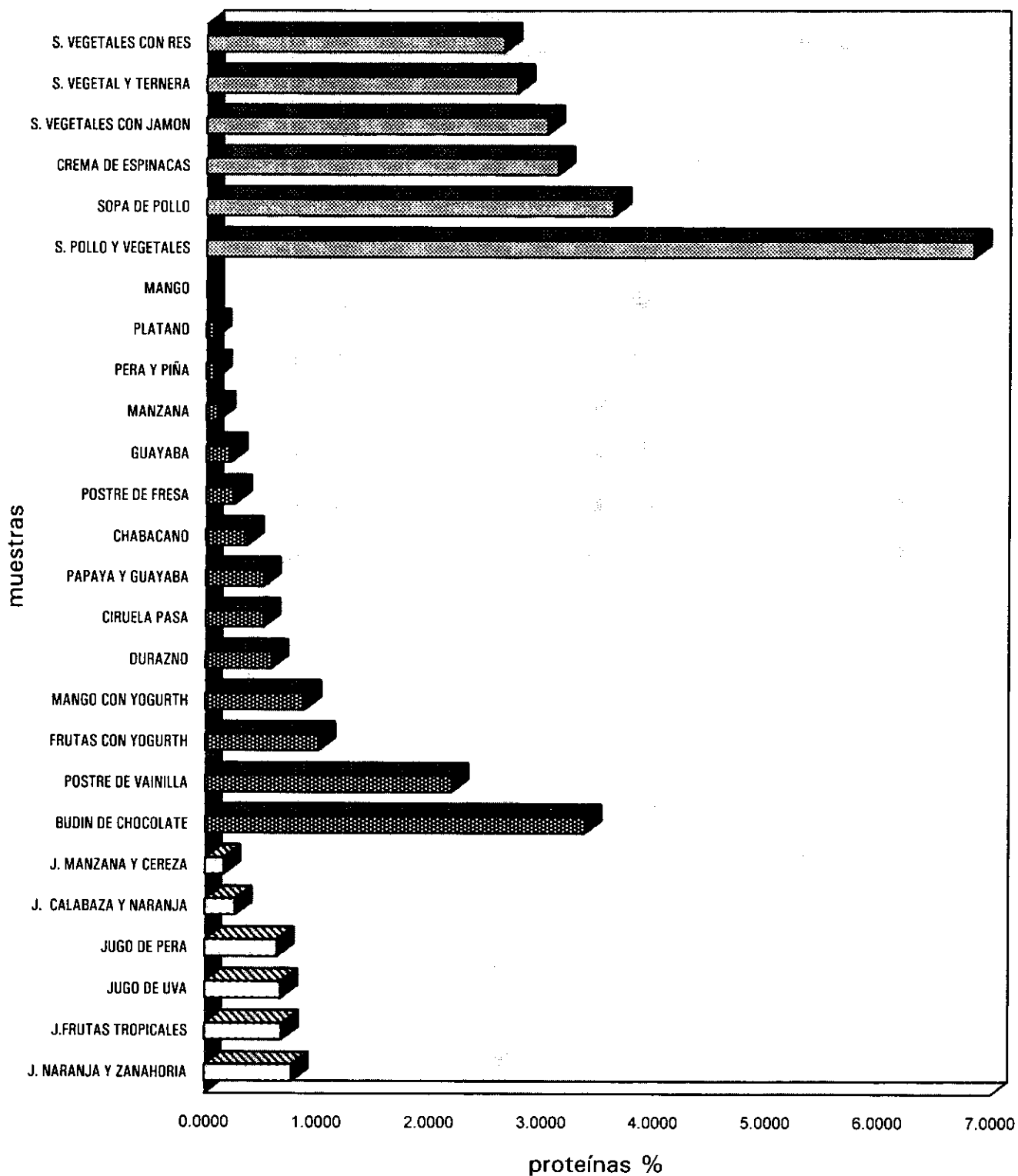
Gráfica II.
Contenido de Hidratos de carbono en las muestras (g/100 g).



Gráfica III.
Contenido de Humedad en las muestras (g/100g).



Gráfica IV.
Contenido de Proteínas en las muestras (g/100 g).



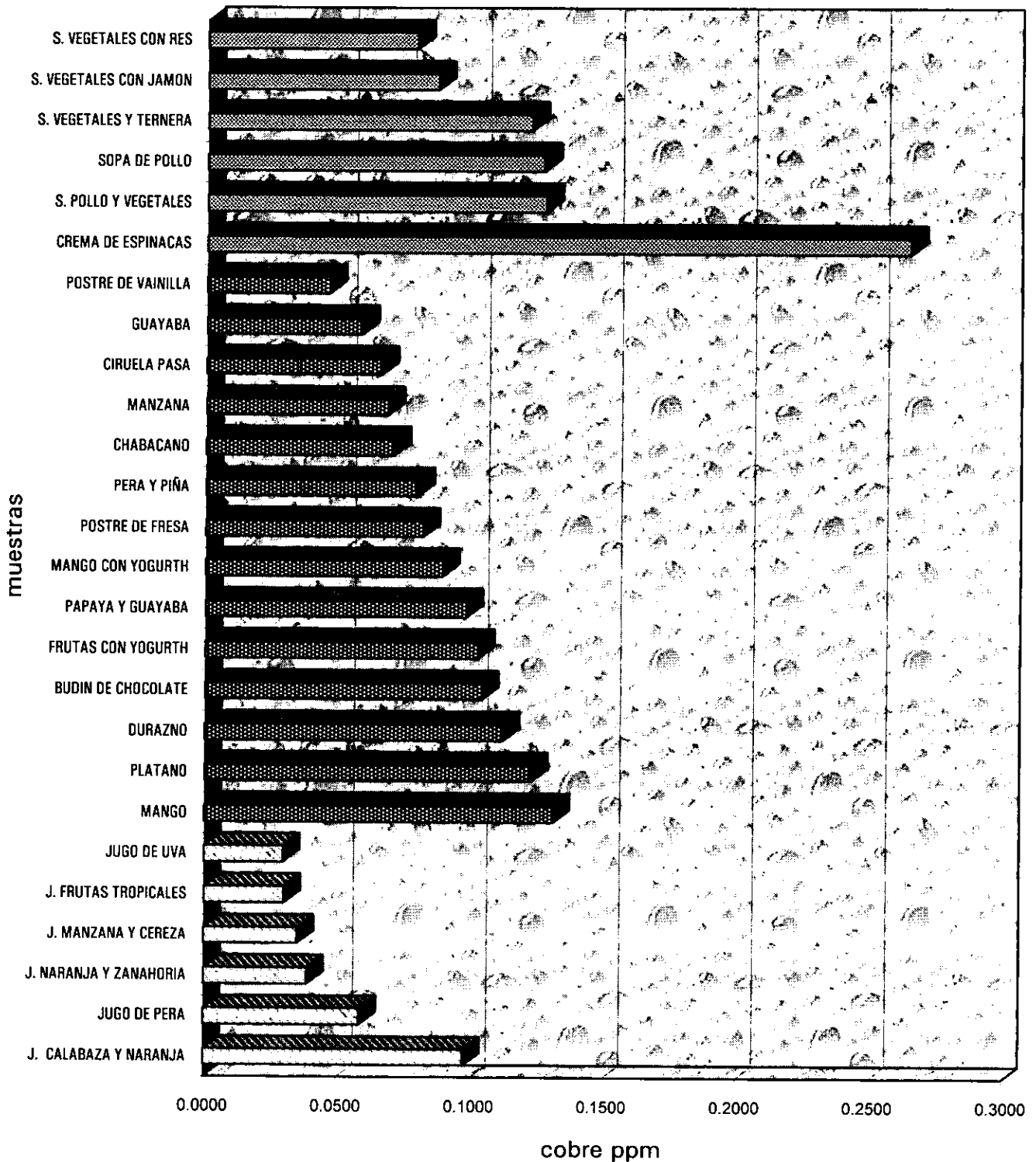
RESULTADOS DE MINERALES.
(base húmeda).

Clasificación	Muestra	Cu ppm	Fe ppm	Zn ppm	Ca %	Mg %	K %	Na %
Jugos	Jugo calabaza y naranja	0.0974	0.0653	0.0082	0.0191	0.2296	0.1577	0.0218
	Jugo frutas tropicales	0.0301	0.1237	0.0539	0.0076	0.2036	0.0780	
	Jugo manzana y cereza	0.0352	0.1321	0.0119	0.0075	0.1374	0.0826	0.0149
	Jugo naranja y zanahoria	0.0388	0.1353	0.0353	0.0139	0.2114	0.1019	0.0191
	Jugo pera	0.0585	0.1320	0.1098		0.1573	0.0835	0.0173
	Jugo uva		0.4406	0.0452	0.0098	0.2132	0.0572	0.0190
Frutas y Postres	Budin de chocolate	0.1039	0.3821	0.2458	0.0615	0.4035	0.1256	0.0855
	Chabacano	0.0704	0.2467	0.0344	0.0156		0.0737	0.0267
	Ciruela pasa	0.0657	0.1321	0.1388	0.0170	0.1567	0.0986	0.0238
	Durazno	0.1119	0.2643	0.2716	0.0174	0.1949	0.1223	0.0405
	Frutas con yogurth	0.1023	0.2039	0.1191	0.0629	0.2640	0.1009	0.0393
	Guayaba	0.0583	0.0697		0.0226	0.2153	0.1840	0.0189
	Mango	0.1309	0.1389	0.1146	0.0182	0.4817	0.1091	0.0154
	Mango con yogurth	0.0890	0.7208	0.0735	0.0545	0.2045	0.0798	0.0283
	Manzana	0.0681	0.0712	0.0072	0.0141	0.1201	0.0998	0.0161
	Papaya y guayaba	0.0979	0.1504	0.0557	0.0191	0.1253	0.0971	0.0245
	Pera y piña	0.0795	0.0685	0.1402	0.0175	0.1990	0.1117	0.0162
	Platano	0.1225	0.0689	0.1000	0.0123	0.3604	0.1079	0.0174
	Postre de fresa	0.0815	0.3259	0.1159	0.0156	0.1342		0.0141
	Postre de vainilla	0.0460	0.1659	0.1146	0.0467	0.1534	0.0665	0.0738
Sopas y Cremas	Crema de espinacas	0.2646	1.1863	0.3273	0.1011	0.9274	0.3168	0.1022
	Sopa de pollo	0.1265	0.2858	0.3845	0.0595	0.2638	0.0950	0.0725
	Sopa pollo y vegetales	0.1272	0.6480	0.8155	0.0854	0.3400	0.1046	0.0767
	Sopa vegetal con jamón	0.0865		0.2081	0.0142	0.1748	0.0747	0.0913
	Sopa vegetal con res	0.0786	0.1676	0.2430	0.0149	0.2017	0.0788	0.0866
	Sopa vegetal y ternera	0.1218	0.2208	0.4955	0.0203	0.2057	0.0794	0.0861

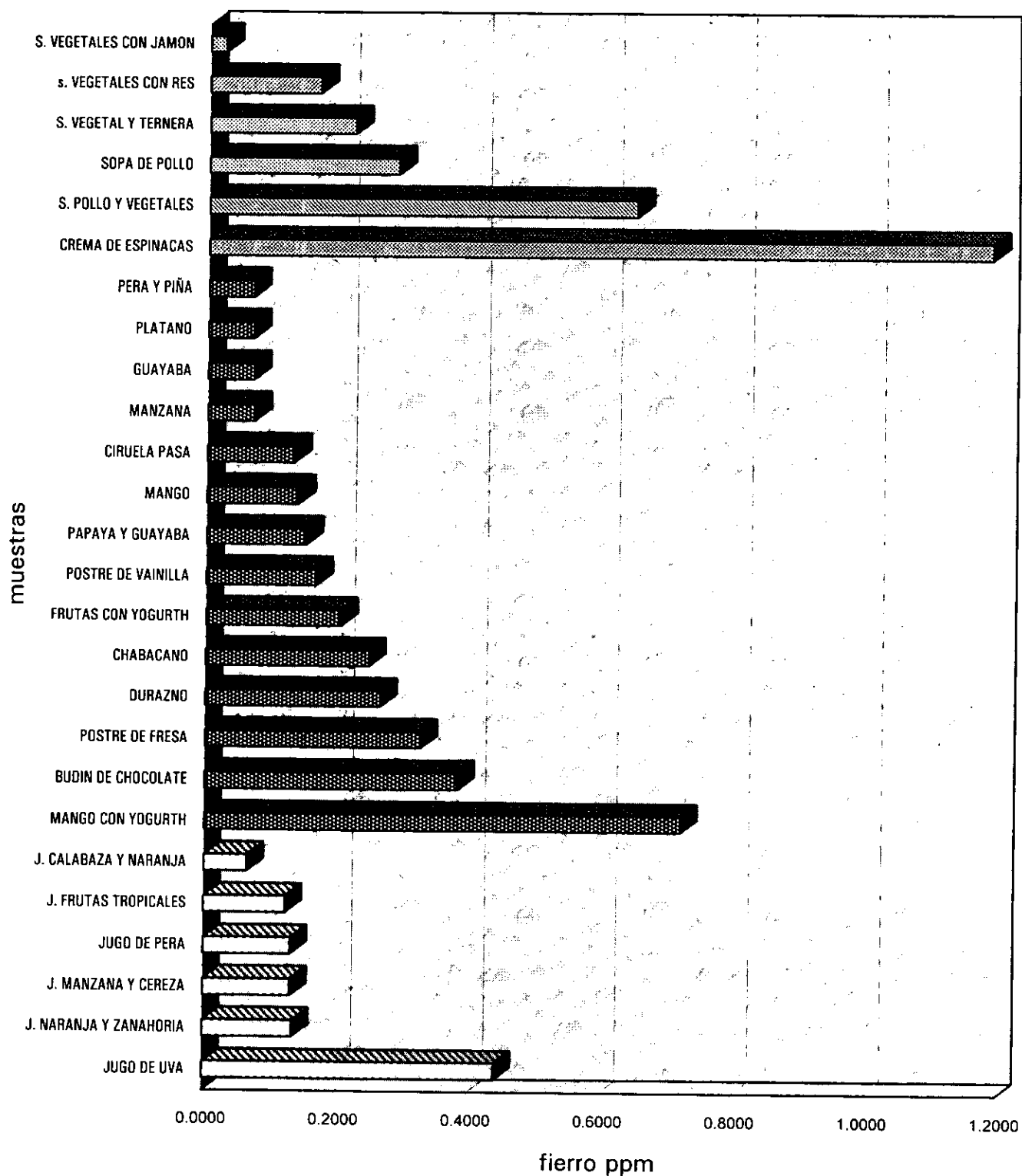
mayor contenido

Tabla 2

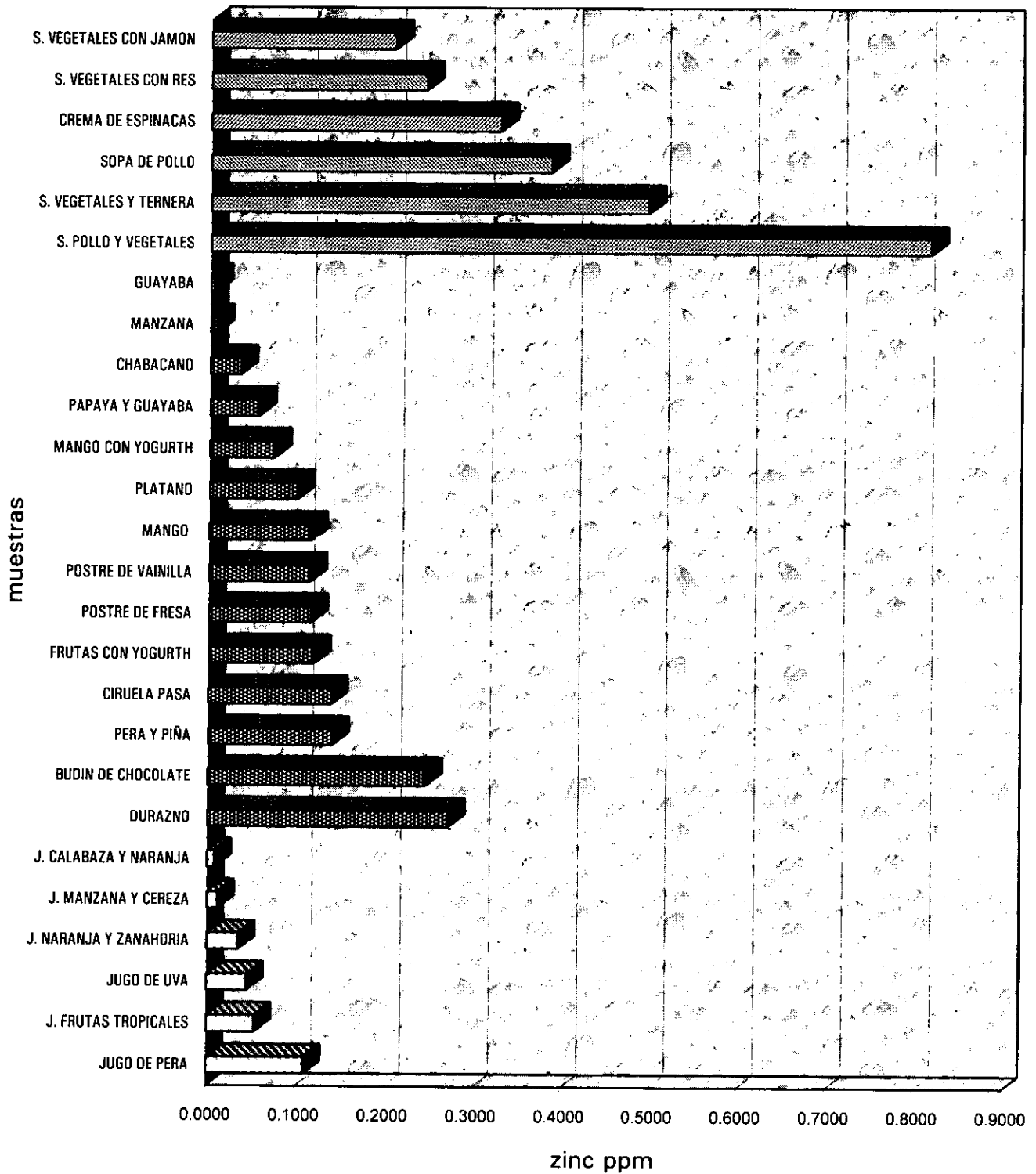
Gráfica V.
Contenido de Cobre en las muestras.



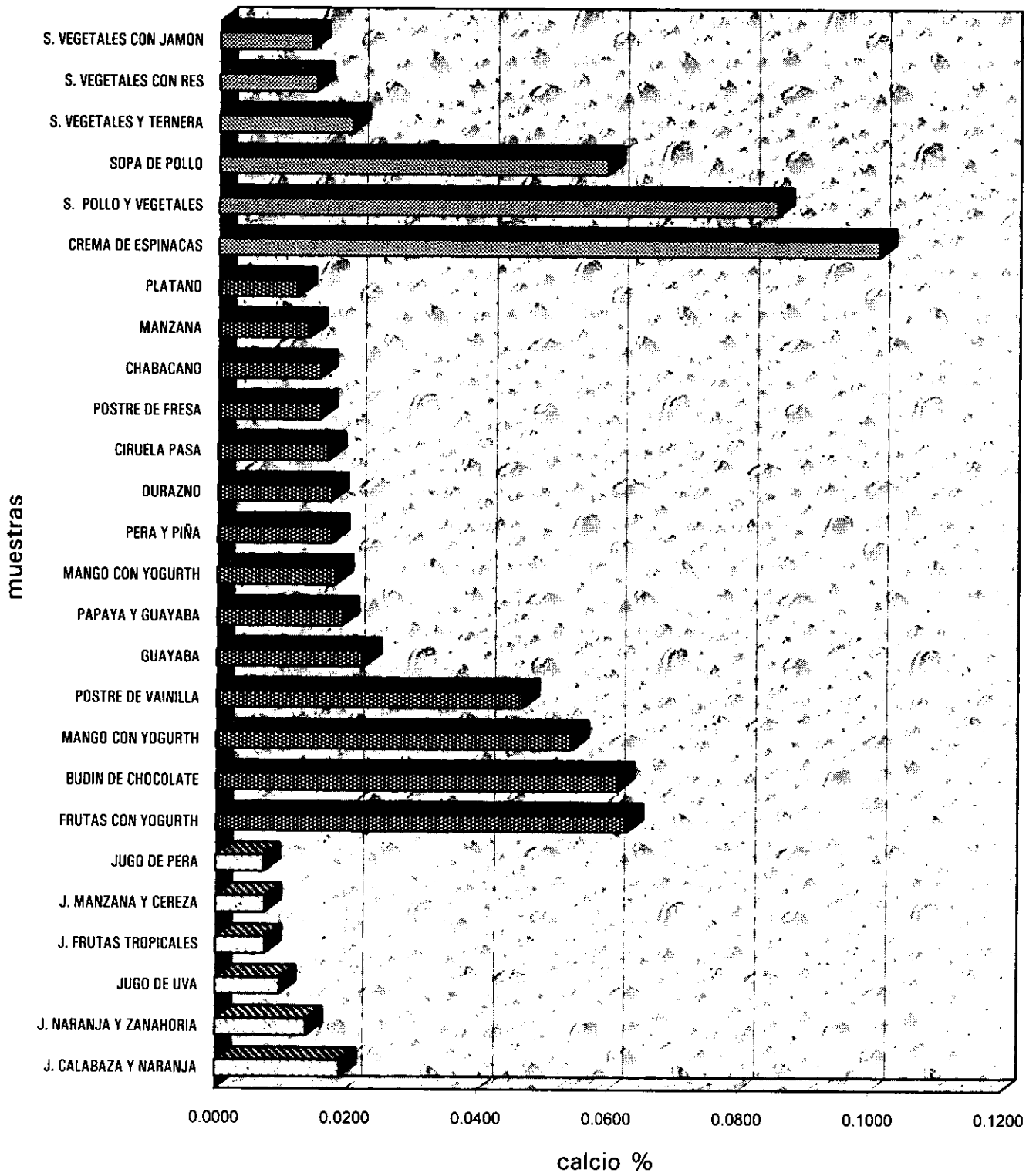
Gráfica VI.
Contenido de Hierro en las muestras.



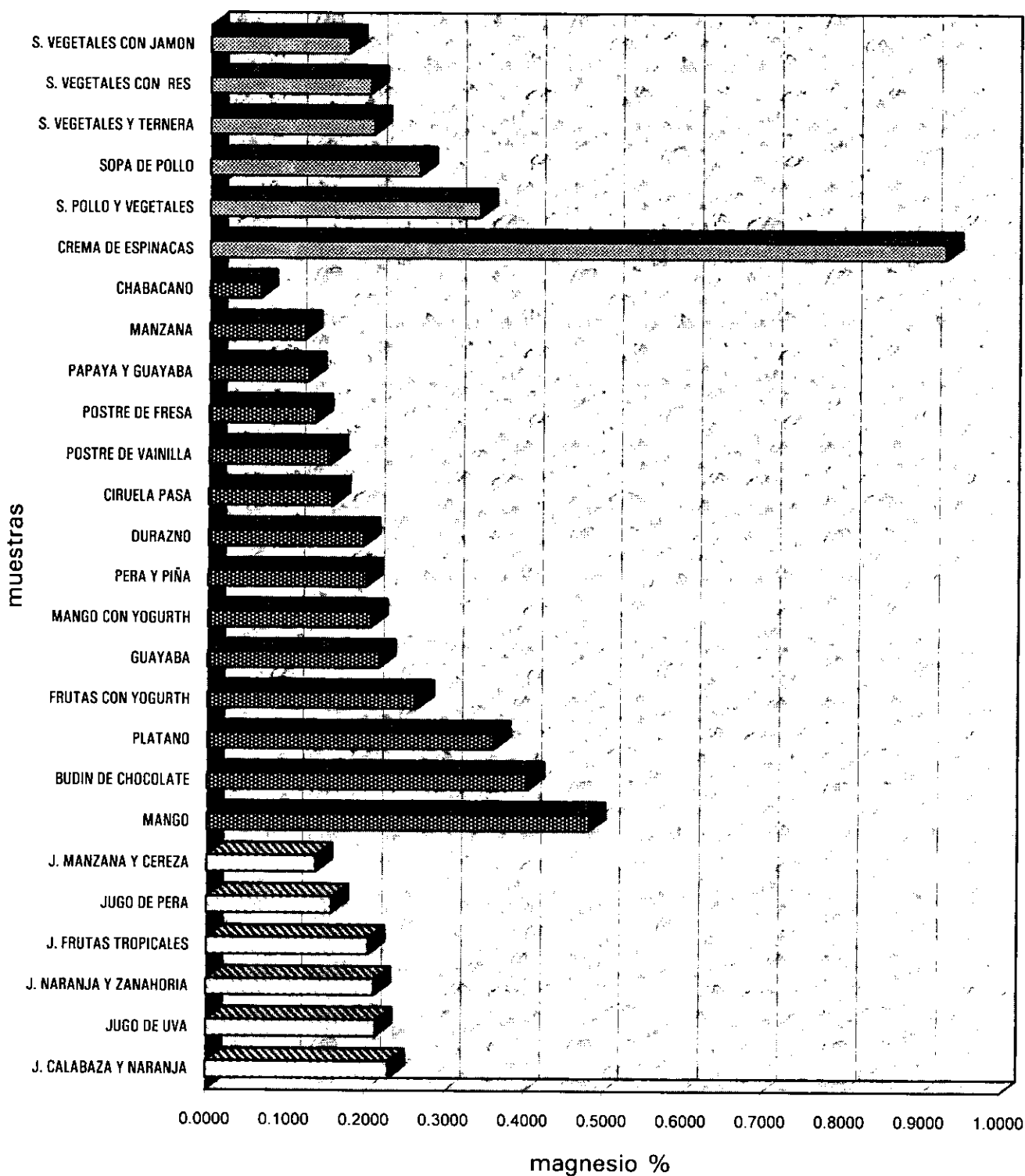
Gráfica VII.
Contenido de Zinc en las muestras.



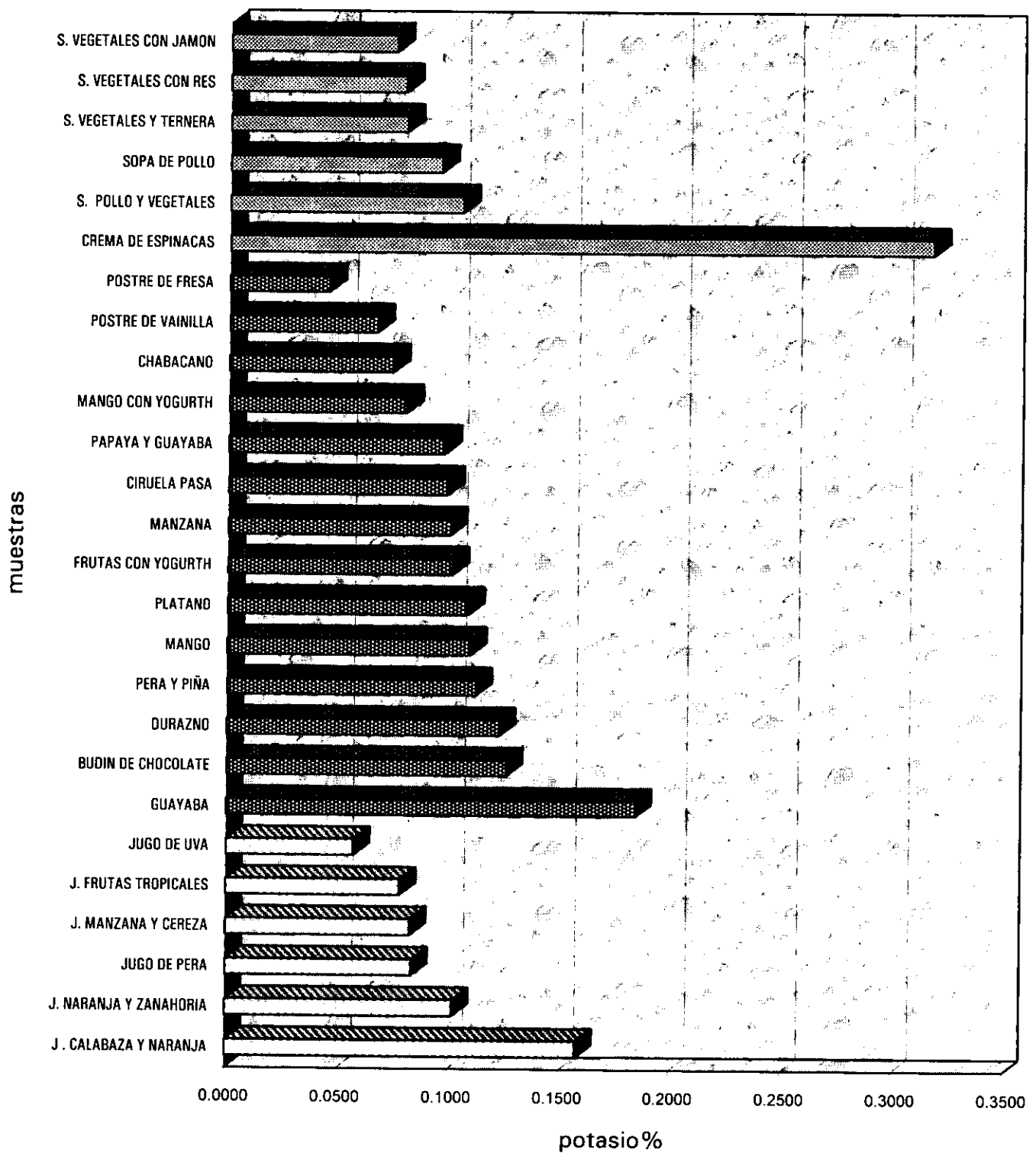
Gráfica VIII.
Contenido de Calcio en las muestras.



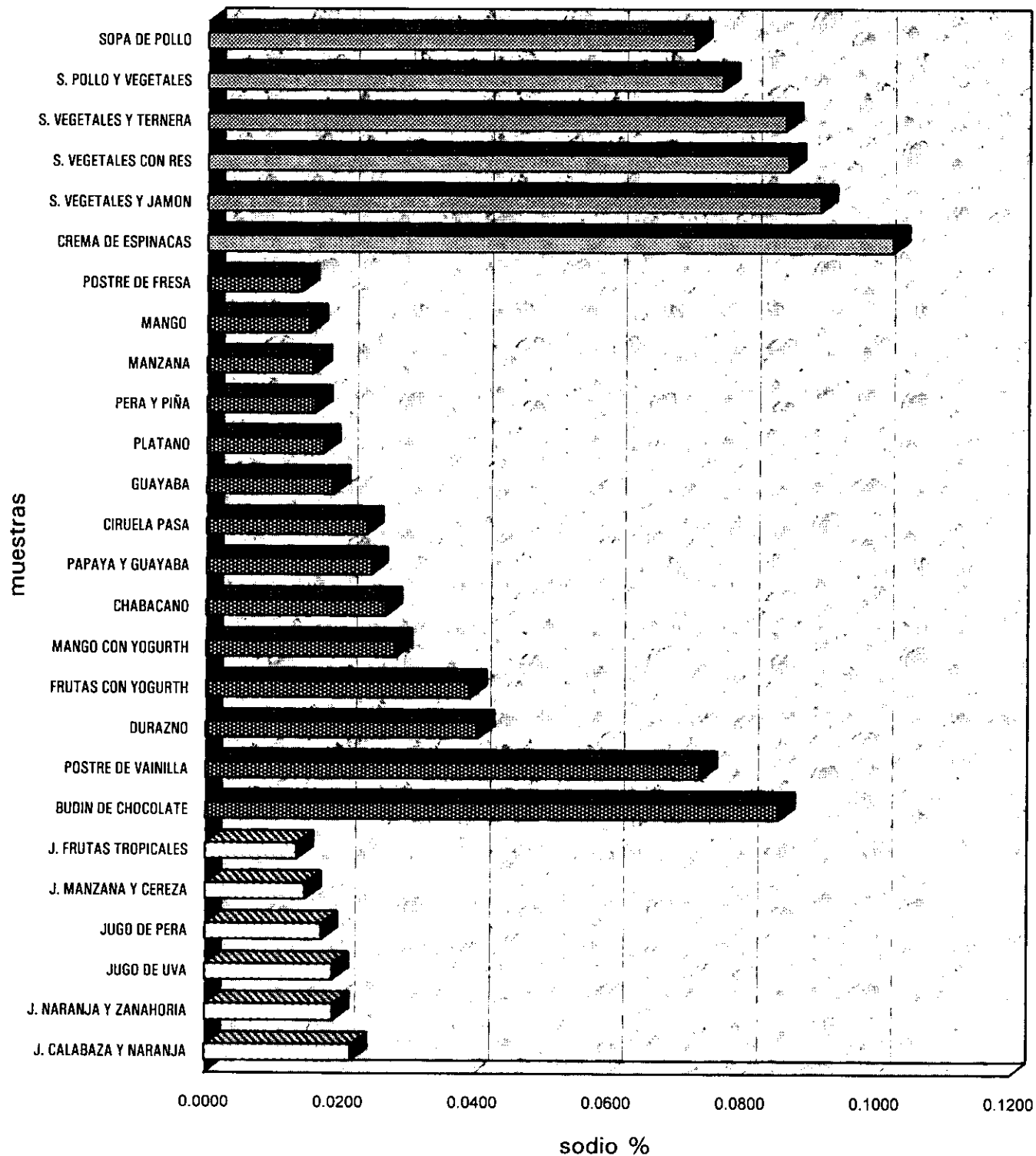
Gráfica IX.
Contenido de Magnesio en las muestras.



Gráfica X.
Contenido de Potasio en las muestras.



**Gráfica XI.
Contenido de Sodio en las muestras.**



12. ANALISIS DE RESULTADOS

En el presente trabajo, se analizaron alimentos infantiles envasados en un lote de fabricación al azar.

Para realizar con mayor facilidad el análisis de resultados se dividieron los alimentos en tres grupos:

- Jugos.
- Frutas y Postres.
- Sopas y Crema.

Se realizó un análisis bromatológico de cenizas, hidratos de carbono, humedad y proteínas, localizándose sus contenidos en *la Tabla 1* y en las *Gráfica I* a la *IV*. Los minerales analizados fueron cobre, hierro, zinc, calcio, magnesio, potasio y sodio. Los promedios y resultados obtenidos se encuentran en la *Tabla 2* y de la *Gráfica V* a la *XI*.

En la *Tabla 1* y *Gráfica I*, se observa que el grupo de mayor contenido de cenizas es el de sopas y cremas (0.38 a 1.78%), debido a que las carnes y vegetales son los que presentan un contenido mayor de minerales, seguido del grupo de frutas y postres (0.14 a 0.88 %), los de menor contenido son los jugos (0.29 a 0.57 %). Es importante mencionar que las cenizas, son el contenido total de minerales que contiene un alimento.

En la *Tabla 1* y *Gráfica II*, se observa el contenido de hidratos de carbono; el mayor contenido lo obtuvo el grupo de los postres y frutas (13.04 a 19.05%), debido a que estas contienen mayor cantidad de azúcares, seguido del de sopas y cremas (6.73 a 8.79%) y el de menor contenido es el de jugos (7.87 a 14.02 %) como era de esperarse por su alto contenido de humedad.

La *Tabla 1* y *Gráfica III*, se observa que el grupo de jugos es el que presenta mayor porcentaje de humedad, debido a que su formulación lleva mayor cantidad de agua (85.75 a 90.96%), le sigue

el grupo de las sopas y cremas (84.97 a 89.69%); por último el de frutas y postres (85.79 a 80.25%) que mostró menor contenido, esto se debe al uso de hidratos de carbono en su formulación, que tienen una gran capacidad para absorber agua.

En la *Tabla 1* y *Gráfica IV*, los alimentos que presentaron mayor contenido de proteínas fueron el grupo de sopas y cremas (2.64 a 6.82%), seguido del de frutas y postres (0 a 3.38%) y por último el de jugos (0.16 a 0.77%). Como era de esperarse, los alimentos que mayor contenido de proteínas presentaron, fueron los que contienen carne en su formulación, seguidos del grupo de vegetales y frutas.

Analizando el contenido de minerales en todos los alimentos, se observa que el macro-nutriente que presentó el contenido más elevado de estos fue el magnesio, seguido de potasio, sodio y calcio. De los micro-nutrientes, el que presentó el contenido más alto; fue el hierro seguido de zinc y cobre. El grupo de alimento que presentó un mayor contenido de minerales fue el de las sopas y cremas, seguido de frutas y postres y el de menor contenido el de jugos; esto se ve confirmado con el contenido de minerales determinado en cada alimento.

Para analizar el contenido de minerales en los alimentos infantiles, nos basamos en la Norma Oficial Mexicana NOM-86-SSA1-1994 y la Norma CODEX ALIMENTARIUS 1994, donde especifican el contenido de minerales en alimentos infantiles: ^(60, 61)

Mineral	Mínimo	Máximo
Fierro	0.15 mg	2 mg
Cobre	60 µg	SE
Zinc	0.5 mg	SE
Potasio	80 mg	200 mg
Sodio	20 mg	85 mg
Calcio	90 mg	SE
Magnesio	6 mg	SE

* SE: Sin especificar

De acuerdo a la *Gráfica V*, el grupo de sopas y crema presentó el mayor contenido de cobre (0.078 a 0.264 mg) y el de menor fue el jugos (0.029 a 0.097 mg). Analizando en los tres grupos de alimentos, el que presentó mayor contenido de este mineral fue, la crema de espinacas con 0.264 mg y el de menor el jugo de uva con 0.029 mg. Este mineral se encuentra generalmente en los alimentos en cantidades optimas, siendo los de mayor contenido los que contienen carne.

El contenido de fierro *Gráfica VI*, el grupo de sopas y crema fue el que presento mayor contenido de éste, oscila entre 1.186 mg que contiene la crema de espinacas y 0.024 mg de la sopa de vegetales y jamón. El grupo de jugos fue el de menor contenido (0.065 a 0.44 mg), seguido del de frutas y postres (0.068 a 0.720 mg). El contenido de éste fue mas alto en crema de espinacas, sopa de pollo y vegetales, en mango con yogurth y jugo de uvas. Se considera óptimo, el contenido de fierro en los tres grupos ya que en promedio contienen el límite mínimo recomendado de 0.15 mg. Los alimentos que se encuentran por debajo del contenido recomendado son: pera y piña; plátano, guayaba, manzana, sopa de vegetales y jamón; jugo de calabaza y naranja; y jugo de frutas; sin embargo, no ocasionan desorden orgánico debido a que en una dieta se consume un alimento de cada grupo, obteniendo el nivel recomendado en ella. La principal deficiencia de este mineral en la dieta ocasiona anemia.

En cuanto al zinc *Gráfica VII*, el alimento de mayor contenido fue la sopa de pollo y vegetales 0.815 mg y el de menor contenido la guayaba 0.005 mg. El grupo que mayor contenido presentó fue el de sopas y crema (0.208 a 0.815 mg), seguido del de frutas y postres (0.005 a 0.271 mg) y el de menor contenido es el grupo de jugos (0.008 a 0.109 mg). En los tres grupos de alimentos hay carencia de zinc en su formulación basándose en la norma, excepto para la sopa de pollo y vegetales. El contenido de este mineral en la alimentación infantil, es importante debido a que interviene en el desarrollo de talla, actúa en el metabolismo de proteínas, entre otros.

Es importante mencionar que contenido encontrado de cobre, fierro y zinc, en el grupo de sopas y cremas fue el mayor, presentando un alto contenido la crema de espinacas, debido a que la espinaca por si sola contiene un nivel alto de minerales.

ESTAS TESIS NO DEBEN
SER EN LA BIBLIOTECA

En la *Gráfica VIII*, la crema de espinaca, contiene el nivel más alto de calcio 101 mg y el de menor contenido fue el jugo de pera 7 mg. Analizando los tres grupos, el de mayor contenido fue el de sopas y crema (14 a 101 mg), seguido del de frutas y postres (12 a 63 mg) y el de menor contenido el grupo de jugos (7 a 19 mg). Es notorio que en los tres grupos hay carencia de calcio.

En la *Gráfica IX* se observa, que la crema de espinaca fue la que mayor contenido presentó de magnesio 927 mg y el de menor el chabacano 64 mg; siendo el grupo de alimento que presentó el más alto contenido el de sopas y crema (174 a 927 mg), le seguido del de frutas y postres (64 a 482 mg) y por último el grupo de jugos (137 a 230 mg).

En la *Gráfica X* se observa, que la crema de espinacas también fue el alimento que mayor contenido de potasio presentó 317 mg, el de menor contenido el postre de fresa 45 mg. Analizando los grupos, el de sopas y crema fue el de mayor contenido (75 a 317 mg), seguido del de jugos (57 a 158 mg) y el de menor el grupo de frutas y postres (184 a 45 mg).

Analizando la *Gráfica XI*, se observa que alimento que presentó mayor contenido de sodio fue la crema de espinaca 102 mg y el de menor el jugo de frutas tropicales 14 mg. El grupo de alimento que presentó mayor contenido de este mineral, fue el de sopas y crema (72 a 102 mg), como se esperaba debido al uso de NaCl en su formulación; le sigue el de frutas y postres (14 a 85 mg) y por último el grupo de jugos (22 a 14 mg), pasando el límite máximo jugo de calabaza y naranja, crema de espinacas y guayaba, siendo los alimento cárnicos los que mayor contenido presentan.

13. CONCLUSIONES

- Todos los alimentos infantiles analizados, presentaron un alto contenido de humedad mayor al 80%.
- Las sopas y cremas, fueron las que mayor contenido proteico presentaron.
- Las frutas y postres, presentaron mayor contenido de hidratos de carbono.
- El contenido de cenizas, fue similar en todas las muestras, siendo mayor en crema de espinacas y sopa de pollo con vegetales.
- De los alimentos analizados, el macro-mineral que se encuentra en mayor cantidad es el magnesio y en menor cantidad el calcio.
- El micro-mineral que se encuentra en mayor cantidad es el fierro y en menor cantidad el cobre.
- El contenido de calcio, cobre, fierro, magnesio, potasio y sodio fue mayor en la crema de espinaca, por lo tanto de los alimentos estudiados se considera el más nutricionalmente completo.
- El grupo de sopas y crema, fué el que presentó mayor contenido de sodio.

14. BIBLIOGRAFIA

1. Potter, N., "La ciencia de los alimentos", Editorial Harla, México 1973, pp 65-83.
2. Desrosier, N., "Elementos de tecnología de alimentos", 4ª ed. Editorial Continental, México 1986, pp 118-136.
3. Donald, H.J., Disinki J.F., and Nardelli A.C. "Determination of copper in infant formula by graffito furnace atomic absorption spectroscopy with a L'vov Platform", *J.A.O.A.C.* **69** (1), 60-64 (1986).
4. Hernan, S.M., "Salud y enfermedad", 5ª ed. Editorial Fournier, México 1984, pp 14-17.
5. Santos, O., et al., "Estudio de contenido de Plomo y Cadmio en alimentos infantiles procesados (potitos)", *Alimentaria*. Noviembre, 55-56 (1989).
6. Sigel, H., "Metal ions in biological system conceptions. Metal ion toxicity", 2ª ed. Marcel Dekker Inc., U.S.A. 1986, pp 57-63.
7. Muller, H.G. y Tobin G., "Química de la nutrición", Editorial Acribia, España 1986, pp 11-25, 42-46, 283-294.
8. Parker, P., "Spectroscopy Source Book", Editorial Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A. 1988, pp 110-125.
9. Ayres, G.H., "Análisis químico cuantitativo", Editorial Harla, México 1970, pp 246-151, 253-257.
10. John, M., "Principles of food chemistry", The Avi Publishing Company, Inc., U.S.A. 1979, pp 169-185.
11. Skoog, D.A. y West, D.M., "Análisis instrumental", Editorial Interamericana, México 1984, pp 346-369.
12. Skoog, D.A. y West, D.M., "Química analítica", 4ª ed. Editorial McGraw Hill, España 1990, pp 480-515.
13. Castillo, G.L., et al., "Fundamentos y aplicaciones de la absorción atómica", Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México 1993, pp 1-36.

14. Preer, R., *et al.*, "Sample preparation in determination of lead in garden vegetables by flame atomic absorption spectrophotometry", *J.A.O.A.C.*, **65** (4), 1010-1015 (1982).
15. Badui, S., "Química de los alimentos", 2ª ed. Editorial Alhambra Mexicana, México 1990, pp 17, 39, 105-114, 364-367.
16. F.A.O. CODEX COMMISSION IX "Nutrimentos para alimentos de infantes", Roma Italia 1981, pp 16-20.
17. Garard, D., "Introductory food chemistry", 2ª ed. The Avi. Publishing Company Inc., U.S.A. 1987, pp 78-85.
18. Bowman, R., "Farmacología", 2ª ed. Editorial Interamericana, México 1989, pp 43, 17-31.
19. Goodman, G.A., *et al.*, "The pharmacological basis of therapeutics", 6ª ed. MacMillan Publishing Co., New York 1988, pp 871-883, 894, 1315-1326, 1524-1529.
20. García, R.M., "Alimentación humana, errores y consecuencias", Ediciones Mundi-Prensa, España 1990, pp 167-199.
21. Bourges, H., "El calcio y fósforo", *Cuadernos de nutrición*. **6**(9), 3-10 (1983).
22. Sánchez, M.C., "Vida y nutrición", Siglo XXI Editores, México 1989, pp 46-50.
23. Muller, H.G., "Nutrición y ciencia de los alimentos", Editorial Acribia, España 1988, pp 42-46.
24. Dabeka, W.R. and Mc Kenzie, D.A., "Graphite-furnace atomic absorption spectrometric determination and survey of total aluminum, copper, manganese and molybdenum in infant formulas and evaporated milk", *J.A.O.A.C. International*. **75**(6), 954-963 (1992).
25. Underwood, E.J., "Trace elements in human and animal nutrition", 4ª ed. Academic Press, New York 1977, pp 525.
26. Kustsky, R.J., "Handbook of vitamins, minerals and hormones", 2a ed. Van Nostrand, New York 1989, pp 492.
27. Feldman, E.B., "Principios de nutrición clínica", El Manual Moderno, México 1988, pp 46-48.

28. Lehninger, A.L., "Bioquímica", 2ª ed. Editorial Omega, España 1989, pp 500-503.
29. Bourges, H., "Nutrimentos inorgánicos" (2ª parte) *Cuadernos de nutrición*, **8**(2), 33-42 (1985).
30. Barberá, R. y Farré, R., "Biodisponibilidad de los elementos traza", *Rev. Esp. Ciencia y Tecnología Alimentaria*. **32** (4), 381-399. (1992).
31. Cruz, R.J., "Análisis proximal y evaluación de Pb, Cd, Cr, Ni, Fe, Cu, Zn, Mg, Ca, en leche, suero y queso provenientes del municipio de Ixmiquilpan, Hgo." Tesis UNAM FES Zaragoza. México D.F. Noviembre de 1995.
32. Bonis, A., "El papel del magnesio, cobre y zinc en el deporte", *Alimentaria, Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos*. 41-50 (1994).
33. Underwood, E.J., "Los minerales en la nutrición del ganado", 2ª ed. Editorial Acribia, España 1983, pp 1-85,92-126, 165-180.
34. Bourges, H., "El hierro", *Cuadernos de nutrición*. **6**(7), 3-12 (1993).
35. Daffus, J.D., "Tecnología ambiental", Editorial Omega, España 1983, pp 43-45, 88-93.
36. Underwood, E.J., "Los minerales en la nutrición del ganado", 2ª ed. Editorial Acribia, España 1983, pp 1-85, 92-126,165-180.
37. McCarthy, T.H. and Ellis, C.P., "Comparison of microwave digestion with conventional wet ashing and ashing digestion for analysis of lead, cadmium, chromium, copper and zinc in shellfish by Flame atomic absorption spectroscopy", *J.A.O.A.C.* Oct. 566-569. (1990).
38. Bidwell, R.G.", *Fisiología vegetal*", A.G.T. Editores, México 1979, pp 269-291.
39. Carson, A.G. y Fox. B.A., "Ciencia de los Alimentos Nutrición y Salud", Editorial Limusa, México 1992, pp 271,299-319.
40. Organización Mundial de la Salud, "*Serie de Informes técnicos N° 453.*" (Roma Ginebra, 22-28 Abril 1971), pp 17-19.

41. Gómez, F.E., "Evaluación de los niveles constituyentes y contaminantes en leche (bronca) de vacas del municipio de Ixmiquilpan, Hgo.", Tesis UNAM FES Zaragoza, México D.F. Marzo de 1995.
42. Lauwerys, R.R., "Industrial chemical exposure guidelines for biological monitoring", 2ª ed. Lewis Publishers, E.U.A. 1993, pp 122.
43. Chen, J.S. and Gao, J.Q., "Chinese total diet study in 1990. II. Nutrients", *J.A.O.A.C. International*. Nov-Dec. **76**(6), 1206-1212 (1993).
44. Hamilton, R.P., "Zinc Interference with Copper, Iron Manganese in young Japanese Quali", *Journal of Food Sciences*. **44**, 738-731 (1979).
45. Cheftel, J.C., "Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos", vol. I Editorial Acribia, España 1988, pp 135-139.
46. Aragón, M.E. y Villa, N.I., "Prácticas de laboratorio de análisis de alimentos", Departamento de alimentos y biotecnología, División de Ingeniería, Facultad de Química UNAM, México D.F. 1994, pp 2-19.
47. Brownsell, V.L., Griffith, C.J. y Eleri, J., "La ciencia aplicada al estudio de los alimentos", Editorial Diana, México 1993, pp 13.
48. Hart, L., "Análisis moderno de los alimentos", Editorial Acribia, España 1984, pp 1-13.
49. Primo, Y.E., "Química agrícola III alimentos", Editorial Alhambra, España 1982, pp 129-157.
50. Rodney, J.N., "Determination of crude protein in animal feeds, using block digestion followed by steam distillation: Collaborative study", *J.A.O.A.C.* **62**, 290-291 (1979).
51. Corradini, F., *et al.*, "Analysis of metals in Aceto balsamico tradizionale di Modena by flame atomic absorption spectroscopy", *J.A.O.A.C. International*. **77**(3), 714-717 (1990).
52. Herrador, M.A., Jiménez A.M. y Asuero A.G., "Elementos traza en alimentos, determinación de elementos traza en leche mediante espectrofotometría Absorción Atómica con llama", *Alimentaria*. **154**, 21-28 (1984).

53. Dawson J.B. **Direct determination of zinc in whole blood, plasma and urine by atomic absorption spectroscopy** Clin. Chim. Acta.(1969), 70, 1001-1004 pp.
54. Beaty R.B. **Absorción atómica**. Perkin Elmer Corporation (1979).
55. Beaty R.B. **Conceptos, instrumentación y técnicas de espectrofotometría por absorción atómica** Perkin Elmer Corporation (1979), 7-71 pp.
56. Horwar R.R. Sanidad alimentaria Ed Acribia S.A., España, (1986), 80-108 pp.
57. Lucas B. y Arteaga E. **Prácticas de laboratorio de nutrición**. Departamento de alimentos y biotecnología, división de ingeniería, Facultad de Química UNAM México D.F.
58. NOM-117-SSAI-1994
59. Jorhem L. **Determination of metals in foodstuffs by atomic absorption spectrophotometry after ashing: NMKL interlaboratory study of lead, cadmium, zinc, copper, iron, chromium and nickel**. J.A.O.A.C. International,(1993), 76:4, 798-813 pp.
60. NOM-113-SSAI-1995 CODEX ALIMENTARIUS Programa conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias Comisión del CODEX ALIMENTARIUS Vol.4."Alimentos para regímenes especiales (incluidos los alimentos para lactantes y niños) 2a ed. Roma Italia 1994