

ANTECEDENTES

La información que a continuación se presenta contiene los conceptos generales de los minerales, su biodisponibilidad y los factores que la afectan y en dónde se prioriza el efecto del ácido fítico, así como diversos estudios realizados de biodisponibilidad de minerales y su relación con el ácido fítico. También se comenta que estos procesos se desarrollan en diversos alimentos, siendo los productos vegetales, en especial los cereales, los más investigados por su gran contenido de minerales. De igual manera se hace un repaso del avance en el desarrollo de los cereales para desayuno, especialmente granola, que es el producto con el que se trabajó el presente estudio.

Los minerales como nutrimentos son indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano y su carencia puede provocar serios problemas de salud algunos de ellos actúan como cofactores de enzimas o como parte constitutiva de macromoléculas.

Estos constituyen del 4 al 5% del peso corporal siendo el calcio y fósforo los más abundantes con un 50 y 25% respectivamente además se encuentran otros macrominerales (magnesio, sodio, cloro, potasio y azufre) y los microminerales constituidos por hierro, zinc, cobre, yodo, manganeso, flúor, molibdeno, cobalto, selenio, cromo, estaño, níquel, vanadio y silicio que constituyen el otro 25% restante. (22)

Los minerales se encuentran en todos los alimentos; sobre todo en los de origen vegetal incluyendo los cereales, su contenido depende en gran medida del tipo de suelo y agua utilizada, así como con las acciones de fertilización y rotación de cultivos. (4)

Cada uno de los minerales realiza funciones específicas, en algunas de ellas están claramente establecidos los mecanismos de acción dentro del metabolismo, mientras que para otros no han sido completamente definidos. El contenido de los minerales dentro de los fluidos corporales regula la actividad de muchas enzimas, mantiene el balance ácido-base y la presión osmótica, facilita el transporte en las membranas de compuestos esenciales y mantienen la irritabilidad nerviosa y muscular mientras que en algunos casos son constituyentes de los tejidos del organismo. (22)

Por otra parte, hay que mencionar que los minerales existentes en los diferentes alimentos no siempre se absorben en su totalidad, reportándose para el calcio una absorción del 40% y para el fósforo del 70%, estando el zinc en un rango del 44 al 84%, dependiendo de las interacciones de este mineral con las proteínas presentes. (4)

Un estudio que corrobora lo anterior fue realizado por Rubio y col. en 1994 donde encontraron una absorción de zinc de un 50 a 70% cuando se alimentaron ratas con habas. (29)

Es importante revisar detenidamente la relación entre los nutrimentos que afectan la absorción, transporte, utilización y los requerimientos de los minerales; por ejemplo, la absorción de zinc puede ser reducida por la suplementación de hierro; por otra parte, la ingestión excesiva de zinc reduce la absorción de cobre, mientras que la del calcio es afectada por la vitamina D y la disponibilidad del zinc se afecta por la albúmina. (22)

La absorción de minerales es diferente cuando éstos constituyen parte del alimento o son fortificados o complementados y también afectará la forma en la

que es adicionado el nutrimento como se demuestra en la investigación realizada por Pallarés en 1996, donde encontró la interrelación que existe entre los minerales en un estudio con ratas alimentadas con deficientes dietas en hierro y suplementadas con hierro elemental, se encontró una baja utilización digestiva y metabólica comparadas con las dietas control alimentadas con la misma dieta. No obstante en el grupo que fue suplementado con hierro *hem* no decreció la absorción de calcio o magnesio en ratas con deficiencia de hierro. (28)

En otro estudio realizado en productos de soya fue reportado que la utilización de los minerales endógenos es menor que la de los minerales adicionados, probablemente debido a los procesos a los que es sometida la soya para su uso. (10)

El término biodisponibilidad intenta incluir en un solo concepto el efecto de una secuencia de eventos metabólicos como lo son la digestibilidad, solubilización, absorción, la utilización por los órganos, la transformación enzimática, la secreción y excreción. Pero cada uno de estos eventos es difícil de medir experimentalmente, por ejemplo la digestibilidad y solubilización dependen de la edad y están sujetos a controles hormonales.

Con respecto a la absorción, que en parte determina la biodisponibilidad, los principales factores que determinan la cantidad de nutrimentos que son absorbidos son: a) la historia nutricional anterior; b) la historia funcional anterior; c) la edad; d) la digestibilidad; e) la solubilidad de los compuestos a estudiar; f) el tiempo de permanencia en el intestino para su absorción. (5)

Dentro de los compuestos de los alimentos que afectan la absorción de minerales favoreciéndola está el contenido de hemicelulosa, las proteínas como la de la

leche y los cereales y la niacina. Mientras que los compuestos que la inhiben son los fitatos, oxalatos y los fructo oligosacáridos. (1) (27)

Con respecto al efecto de la edad, en un estudio de 1993 se comprueba que puede ser un factor condicionante. Se encontró que la absorción de calcio radioactivo (^{45}Ca) en proteína aislada de soya fue más alta en ratas infantas que en ratas maduras (usando niveles de ácido fítico de 0.11 a 1.12%). (23)

Por lo tanto, la biodisponibilidad de nutrientes refleja la suma de los efectos de muchos factores (algunos dietéticos) en la absorción, transporte, organización celular, almacenamiento y excreción de nutrientes. Por lo que no sólo puede definirse por una simple prueba o variable. Por lo que para extrapolar resultados a partir de modelos animales, debe tomarse en cuenta factores como: a) comparabilidad de las dietas; b) dosis de regímenes; c) dosis y forma de nutrimentos y d) la medida de biodisponibilidad usada. (11)

En los factores que afectan, disminuyendo la absorción y biodisponibilidad de los minerales, está la presencia de compuestos en el alimento que interaccionan con los minerales formando complejos; dentro de estos compuestos se encuentran los fitatos, la fibra dietética y oxalatos, siendo los primeros los de mayor importancia. (12)

Los primeros experimentos que sugieren que el ácido fítico en los alimentos de origen vegetal, forma complejos con los minerales como Ca, Zn, Fe, Mg, haciendo que éstos no puedan ser absorbidos biológicamente datan desde 1966 (Oberleas). (26)

Los fitatos fueron encontrados por primera vez a mediados del siglo pasado en diversos granos. Los fitatos son la principal fuente de fósforo en semillas ya que

contribuyen del 60 al 80% del fósforo total. La función principal de estos compuestos está relacionada con el almacenamiento de enlaces de alta energía para la germinación de las semillas. (17) (26)

Ha sido estudiada la relación entre los niveles de fósforo en el suelo y la presencia de ácido fítico en los cultivos, encontrándose correlaciones positivas entre estas variables.

El ácido fítico es químicamente el éster hexafosfórico del inositol, su fórmula condensada es $C_6H_{18}O_{24}P_6$ y los productos de su hidrólisis son el inositol y ácido fosfórico, el modelo estructural del ácido fítico en solución puede cambiar por influencia del pH, fuerza iónica, calidad del solvente y la presencia de distintos cationes. (17)

El contenido de fitatos en los cereales (granos enteros) varía de 0.5 a 2% y este compuesto no está distribuido uniformemente en las diferentes partes del grano, generalmente se encuentra en mayor cantidad en germen, capa de aleurona y salvado. (17)

No todos los alimentos de origen vegetal contienen fitatos, ya que los alimentos como lechuga, espinaca, champiñones, apio, están exentos de este compuesto; mientras que los chícharos, zanahorias y brócoli contienen sólo trazas y las frutas como manzana, naranja, piña, plátano, cereza, etcétera, los contienen de pequeñas a moderadas cantidades, en tanto que los cereales, nueces y legumbres contienen grandes cantidades de fitatos. (26)

Son numerosos los reportes que demuestran el efecto de los fitatos sobre la biodisponibilidad de minerales mediante la formación de complejos.

Zhou y colaboradores (1992), en un estudio de biodisponibilidad de zinc con frijol de soya encontraron que ratas alimentadas con un alto contenido de ácido fítico tuvieron una baja ingestión de alimentos, disminución en la ganancia de peso y una baja ganancia de zinc en tibias. Se encontró una relación linear negativa entre ganancia de zinc en tibia y niveles de ácido fítico.

Los mismos autores en otro experimento encontraron a través del análisis de la pendiente de la biodisponibilidad de zinc, que las dietas con ácido fítico fue significativamente menor ($P < 0.05$) comparada con dietas control y que las dietas con aislado de soya con bajo contenido de ácido fítico tuvieron un significativo incremento de la biodisponibilidad de zinc comparada con las dietas con contenido normal de ácido fítico. (38)

Además en una investigación realizada con ratas alimentadas con harina de trigo integral con varios niveles de ácido fítico se observó que la absorción de los minerales (Ca, Fe, Zn, P y Se) disminuyó con el incremento de fitatos. (30)

En humanos también se han realizado estudios, en uno de ellos se investigó el efecto en la absorción de zinc en sujetos alimentados con avena procesada para reducir el contenido de fitatos, se encontró que la avena tratada y con reducción del 77% de fitatos presentó el doble de cantidad de absorción de zinc que la que reportará el grupo de los que ingirieron avena no tratada. (18)

En otro estudio realizado con humanos para ver la absorción de manganeso (^{54}Mn) en fórmula con soya que contenía su nivel normal de ácido fítico y otra después de un proceso para reducir el ácido fítico presente, se encontró que la fracción de manganeso absorbido fue el doble cuando el producto fue tratado para reducir el ácido fítico con respecto a la fórmula de soya no tratada. (6)

En un estudio donde se buscaba determinar la biodisponibilidad de calcio en dietas vegetarianas se encontró que no había diferencia significativa en la absorción de calcio con respecto a la dieta control medido a través de análisis de la radioactividad en fémur. La cantidad de fitatos probada fue de 5.99 a 9.09 mg/g. y el tiempo del estudio fue de sólo una semana. (25)

El ácido fítico no afecta de igual manera todos los minerales, mientras que es muy claro para calcio y zinc y no lo es tanto para el hierro, donde se han obtenido resultados muy controvertidos, por ejemplo en 1991 donde se probaron niveles de fitatos de 4.03 a 7.26 no se encontró diferencia en los contenidos de hierro en hígado y tibia con respecto a grupo control (clara de huevo). (2)

En una revisión realizada por Latunde-Dada esquematiza que esta inconsistencia en los resultados de las investigaciones de biodisponibilidad de hierro se debe a que existen muchos factores que la afectan como: a) corporales (edad, embarazo, estado de hierro y enfermedades); b) secreciones intestinales (jugo gástrico, bilis, secreción pancreática); y c) constituyentes de la dieta (contenido de hierro, forma química de hierro) Fe^{+2} ó Fe^{+3} , componentes favorecedores como ácido ascórbico, proteínas, carbohidratos, alcohol y componentes inhibidores como fitatos, fibra dietética, taninos, oxalatos, calcio y fósforo. (19)

La diferencia en los resultados de biodisponibilidad por efecto del ácido fítico con los diversos minerales se debe a que el ácido fítico tiene diferente afinidad por los minerales, por ejemplo a pH de 7.6 forma complejos con los siguientes cationes en orden decreciente: Cu^{+2} , Zn^{+2} , Ni^{+2} , Co^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+3} y Ca^{+2} (17) (26)

Para ilustrar ésto, están los resultados de la investigación de Forbes, (1979) donde encontró que el zinc fue pobremente disponible en los productos de soya, especialmente en el concentrado de soya, mientras que el magnesio fue

altamente disponible en harina de soya y bebida de soya. La utilización del magnesio en concentrado de soya fue buena, pero menor que en otros productos de soya. El calcio añadido a los productos de soya fue altamente disponible, el zinc añadido a concentrado de soya no fue completamente disponible. (10)

Además los fitatos interfieren en la digestibilidad de proteínas, pero este efecto difiere si son proteínas de cereales (no tratadas) y proteínas aisladas o concentradas (17) aunque también existen estudios que muestran resultados contrarios como el desarrollado en 1986 donde no se encontró diferencia significativa en la digestibilidad de las proteínas y absorción de aminoácidos usando dietas con diferente nivel de ácido fítico (2.4% y 5.7%). (33)

Se ha comprobado que el contenido de fitatos puede ser disminuido durante el procesamiento, como lo son el tratamiento térmico, la germinación de las semillas, tostado, la ebullición y el esterilizado. (13) (14) (15)

Esto es comprobado en diferentes alimentos con ácido fítico por ejemplo, en el frijol se probaron diferentes condiciones para reducir el contenido de ácido fítico y se encontró que las condiciones óptimas son el remojo a pH 7.0 y 55°C obteniendo un 79% de reducción en 4 horas, un 87 y un 98% en ocho y 17 horas respectivamente. (13)

En otro estudio con habas fue estudiado el efecto de la cocción, esterilización y germinación en la calidad nutricional, uno de los parámetros a estudiar fue el contenido de ácido fítico y se encontró que con la cocción se reducía un 30%, mientras que en la esterilización un 41% y en la germinación un 54%, siendo estas reducciones significativas con un nivel de 5%. (14)

En una investigación realizada en productos de trigo y elaboración de pan tipo pakistani se encontró que el ácido fítico fue reducido significativamente durante el período de fermentación a temperatura ambiente con y sin levadura. (15)

Datos similares son reportados por Le Francois (1998), quien cuantificó el ácido fítico en diferentes productos de cereales y su destrucción en los diferentes procesos encontrando que en los productos de cereales a los que se les añadió polvo de hornear no tuvieron disminución de ácido fítico, mientras que los productos fermentados con levaduras se reportan de 7 al 30% de reducción y en el tostado del pan se aprecia el nivel de reducción mayor de 28 a 86%. (20)

Algunos autores como Saha y Col. (1994) y Zhou y Col. 1992 utilizan la relación molar ácido fítico/Zn para medir de manera indirecta la biodisponibilidad de minerales especialmente la del Zn y la relación molar $[C] [Fitato] / [Zn]$ para alimentos con elevados niveles de calcio.

Le Francois (1998) también determinó el efecto en la relación molar ácido fítico zinc de diferentes productos de cereales (pan tostado, biscuits, galletas, etcétera y sus ingredientes) encontrando una reducción de la relación molar (ácido fítico-zinc) en los productos con respecto a las materias primas, lo que supone una mejora en la biodisponibilidad de zinc. (21)

Los valores de IO de relación molar fitato/Zn son recomendadas como adecuadas, con valores de 15 soportan el crecimiento en ratas (21) y mayores se relacionan con baja retención de Zn y disminución del crecimiento. (34) (38)

Mientras que para relación molar $[Ca] [Fitato] / [Zn]$ los valores que se consideran como adecuados son los menores a 0.5 (30) (34)

Lo anterior expuesto nos lleva a concluir que la biodisponibilidad de minerales es afectada, entre otras cosas, por la presencia de ácido fítico, donde el contenido del mismo difiere considerablemente entre los diferentes productos de origen vegetal y que los procesos que siguen los alimentos afectan el contenido de ácido fítico y la biodisponibilidad de los minerales presentes.

Por otra parte, a través de la historia el hombre ha investigado para dar solución a sus problemas, dentro de estos problemas está el mantener un estado de salud para realizar todas las demás funciones. En este avanzar ha quedado de manifiesto que uno de los más importantes factores que afectan nuestra salud es la alimentación de ahí que sea tan importante el estudio de lo que consumimos y el efecto de los alimentos y los nutrimentos que éstos contienen en nuestro organismo.

El estudio de la nutrición no es sencillo, porque aunque muchos nutrientes se encuentran presentes en los alimentos, éstos no son aprovechados por el organismo que los consume debido a múltiples factores. Además es considerable la cantidad de nuevos productos alimenticios que se generan día con día y que el hombre y las comunidades adoptan como hábitos alimenticios. (22)

Uno de los grupos de alimentos donde el desarrollo de nuevos productos ha sido muy rápido es el de los cereales para desayuno; los cuales se elaboran a partir de cereales básicos como trigo, maíz, arroz. (31)

Los granos proveen una fuente importante de proteínas, hidratos de carbono complejos además de vitaminas y minerales para el hombre. Los cereales de mayor consumo en el mundo son trigo, arroz y maíz y una menor cantidad

cebada, sorgo, mijo, avena y centeno y de todos, el trigo ocupa una tercera parte de la producción en el mundo. (32)

Muchos de los granos que se consumen han sido procesados por diferentes métodos como el triturado y/o molido, tratamientos térmicos como cocción, ebullición, horneado u otras técnicas, de tal manera que los cereales que se comercializan pueden ser encontrados enteros, en harina, extruidos, inflados, en hojuela y transformados en otros productos deseables. Generalmente durante el proceso el germen es separado del endospermo y este último transformado en harina. (32)

Los granos de cereales son fuente de vitamina del complejo B y de minerales como hierro, magnesio y cobre, aunque cuando estos granos de cereales son convertidos en cereales para desayuno pierden algunos de estos nutrimentos, por ejemplo tiamina. Los nutrientes perdidos durante el proceso son reemplazados durante el mismo y la adición de nutrimentos no se limita a los encontrados en el producto original sino que también se agregan otros como vitamina A y C. (9)

Existen numerosos reportes donde se demuestra que los componentes de los granos enteros de cereales pueden ser responsables de un rol principal en la prevención de enfermedades, esto ha dado pie a que se recomiende el consumo de productos elaborados con granos enteros en especial en los países donde el índice de enfermedades crónico degenerativas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares están en aumento.

Dentro de estos compuestos benéficos se encuentra un alto contenido de fibra dietética, un bajo contenido de grasas y colesterol, además de la presencia de vitaminas como la vitamina E y los diferentes minerales como el zinc, selenio, cobre, hierro, magnesio y manganeso. (32)

En México el Instituto Nacional de la Nutrición en coordinación con la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud recomienda el consumo de cereales y leguminosas en cantidad suficiente por ser buena fuente de energía y proporcionar vitaminas, minerales y fibra dietética, esta última sobre todo en los cereales integrales siendo los requerimientos variables de acuerdo a las necesidades energéticas de cada individuo, siendo lo recomendable el aporte de alrededor de 65% de la energía por este grupo de alimentos, mientras que en los Estados Unidos de América se recomienda el consumo de 6 a 11 raciones por día de los alimentos del grupo antes mencionado ya que estos grupos de alimentos proveen cantidades importantes de proteínas, vitaminas y minerales, especialmente los granos enteros o los productos elaborados con éstos. (16) (24)

Cabe mencionar que los cereales básicos como arroz, maíz y avena se consumen como tal y además se han desarrollado un sinnúmero de productos que se elaboran con cereales como panes, tortilla, galletas y cereales para desayuno, entre otros. (16)

Generalmente el consumo de granos enteros está asociado con productos no procesados aunque en las últimas dos décadas se han desarrollado un sin fin de productos procesados, sobre todo aquellos que se comercializan como ricos en fibra dietética. Los cereales para desayuno no son la excepción y muchos de ellos han incorporado granos enteros en su elaboración. (32)

Los potajes a base de cereales (cereales calientes) se utilizan desde hace muchísimos años, pero los cereales fríos se desarrollan apenas a finales del siglo pasado. (31)

Es importante mencionar que el primer cereal para desayunar (listo para comer) fue desarrollado por J. C. Jakson en 1863 y fue denominado Granula. Un producto similar fue posteriormente desarrollado por el Doctor John Harvey Kellogg en 1894 el cual contenía harina de trigo, avena y maíz. (16)

Pocos años más tarde Kellogg desarrolló el famoso Corn Flakes que llegó para dominar el mercado de los cereales fríos. Para 1950 ya existían más de 26 diferentes cereales para desayunar "listos para comer" y para estas fechas se dispone de más de un ciento de ellos. (31)

Los cereales para desayuno se elaboran con una gran variedad de productos como lo son trigo, arroz, maíz, avena y en menor frecuencia cebada, amaranto y quinoa además de comprender ingredientes como azúcar en sus diferentes formas o mieles, melazas, sal, nueces, pasas y otras frutas secas, saborizantes y algunas veces conservadores, además pueden ser enriquecidas con vitaminas y minerales. (9)

Los cereales para desayuno se han clasificado de acuerdo a:

1) La cantidad de cocción que requieran, 2) la forma del producto que se obtiene y 3) el tipo de cereal usado como materia prima.

A los cereales que no requieren de cocción se les denomina "cereales listos para consumir o comer" (16)

Los cereales para desayuno se agrupan en ocho categorías generales por sus procesos de manufactura: 1) cereales hojuela, 2) granos enteros inflados, 3) cereales extruidos inflados, 4) granos enteros en tiras, 5) cereales extruidos en tiras, 6) cereales inflados en horno, 7) cereales granola, 8) cereales extruidos expandidos. (9) (31)

Todos los cereales contienen almidón, en su forma natural éste es insoluble e insípido y para transformarlo a un producto aceptable debe ser cocido, en los cereales calientes esto se hace en el hogar durante la preparación pero los cereales listos para comer son cocidos durante su manufactura. (16)

Si los cereales son cocidos con cantidades moderadas de agua, el almidón se gelatiniza y si son cocidos con un mínimo de agua o sin ella como en el caso de la granola, ocurre oscurecimiento no enzimático por la reacción entre las proteínas y los carbohidratos reductores, también puede ocurrir la dextrinización. (16)

El incremento en el consumo de estos productos es tan evidente que de acuerdo a un estudio realizado en Estados Unidos de América un 49% de adultos americanos consumen usualmente cereales fríos para desayunar. (31)

El consumo de cereales para desayuno ha aumentado también en Gran Bretaña (Reino Unido) de 4.2 Kg/persona/año en 1972 a 5.0 Kg/persona/año en 1978. (31)

En los últimos años se ha incrementado el uso de cereales o productos de cereales debido a los programas de educación que en muchos países se han establecido, basados en una gran cantidad de estudios que demuestran los beneficios que estos productos tienen, la prevención de enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras. (32)

Por otra parte, mucho se ha hablado sobre la fortificación de alimentos y numerosas son las evaluaciones realizadas por científicos con respecto a la fortificación de los cereales para desayuno y se ha concluido que éstos son un vehículo apropiado para la fortificación y se ha usado en los Estados Unidos

durante los últimos 45 años, esto es debido a que contribuyen significativamente a la ingesta de calorías totales y proteínas, también por ser un alimento de uso muy difundido en la mayoría de los segmentos de la población, por ser técnicamente factible y la fortificación no aumenta considerablemente el costo del producto. (9)

Aunque la granola fue el primer cereal elaborado no es el más popular, pero en los últimos años se ha incrementado el consumo de estos en parte por su sabor y demás por la búsqueda constante de la población de incorporar a su plan de alimentación alimentos saludables y con mayores contenidos de nutrimentos como fibra dietética, el cual se encuentra en mayor cantidad en la granola que en la mayoría de los cereales para desayuno.

La granola contiene principalmente avena, y algunas veces trigo y ajonjolí, además de azúcar, miel, coco, pasas, nueces, aceite y agua. Para la elaboración de granola se mezcla la avena con los otros materiales secos (coco, nueces, etc.). Por otra parte con el agua, aceite y otros líquidos saborizantes se forma una suspensión mezclándose con los demás ingredientes dispersándose homogéneamente y siendo secado en hornos en rangos de 149 a 218° C (hasta obtener un tostado uniforme y una humedad de cerca del 3%). (9)

Es importante resaltar que aunque el ingrediente base es un cereal (la avena) muchos de los ingredientes utilizados para la elaboración de estos productos son oleaginosas, las cuales se caracterizan por un importante contenido de grasa (de 20 a 60%) además de contener frutas secas grasosas que también son ricas en este nutrimento.

Dentro de los ingredientes que contiene la granola existen varios que contienen ácido fítico como los son la avena y los demás cereales, también las oleaginosas como cacahuate y los diferentes tipos de nueces.

Durante la elaboración la granola la avena en hojuelas es horneada a 300° C y agitada frecuentemente. Para endulzarla se le agrega miel después del horneado agitando continuamente para que se dore ligeramente sin que se chamusque.

Después del horneado se mezcla con germen de trigo, salvado, trozos de frutas secas, nueces, semillas de girasol o semilla de calabaza. Se deja enfriar y se almacena en bolsas de plástico en el refrigerador. (31)

En la granola aunque la avena es el grano principal de la composición, muchas marcas comerciales son excesivamente altas en grasa debido a que contienen aceite dentro de los ingredientes que se le adicionan antes del tostado, además de contener otros ingredientes como coco, nuez y semillas en abundancia. (31)

Estos ingredientes le dan un sabor diferente y especial a las diferentes presentaciones o marcas pero es importante aclarar que algunas veces el consumidor no está consciente de la cantidad de estos ingredientes, considerándola como los demás cereales para desayuno.

La conservación o mantenimiento de la calidad de los cereales dependen del contenido de grasa de los mismos, así como del grado de insaturación, de la presencia y/o ausencia de antioxidantes y prooxidantes. Así como la temperatura y el tiempo de los tratamientos térmicos. La humedad y las condiciones empleadas en el almacenamiento. Algunos tratamientos térmicos como el tostado pueden destruir los antioxidantes o inducir la formación de prooxidantes. (16)

En el área metropolitana de Monterrey se encontró que se expenden más de 15 diferentes marcas comerciales de granola, donde el contenido de ingredientes de cada uno varía considerablemente, además de avena contienen otros granos como trigo inflado, salvado y/o germen de trigo, ajonjolí, frutas secas como nuez, coco, pasas, cacahuate, almendra y además azúcar, miel, piloncillo, etc.

No existe información acerca de la composición química de la granola en tablas de composición química en nuestro país, sólo se tienen los datos de la información que contienen las etiquetas de los productos que se comercializan siendo en la mayoría de los casos sólo el listado de ingredientes lo que reportan, solamente los productos de importación o compañías transnacionales presentan información nutrimental. En E.U.A. se ha reportado un aporte por taza (113 g) de 503 Kcal. 11.5 g. de proteínas, 75.5 g. de carbohidratos y un 19.6 g. de grasa, además de contener 389.0 mg. de potasio, 116 mg. de magnesio, 3.78 de hierro y 2.19 de zinc, 77.0 mg. de calcio y 354 mg. de fósforo. (35) (12)

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, después de numerosos estudios concluye que un gran segmento de la población presenta deficiencia de vitamina A, tiamina, riboflavina, vitamina B₆, ácido fólico, hierro, calcio, magnesio y zinc. (9)

A mediados de 1974 la FDA (Food and Drug Administration) de los EUA, propone una serie de lineamientos para fortificar cereales para desayuno (los listos para comer) donde los nutrimentos propuestos estarían en un 15% de la RDA para riboflavina y calcio y un 25% para vitamina A, tiamina, niacina, hierro, vitamina B₆, ácido fólico, magnesio y zinc.

Más recientemente se revisó el aporte de nutrimentos y se estableció que no era necesario una fortificación a más del 25% de la RDA a excepción del hierro que se recomienda en un 45%.

Con respecto al calcio aunque se han encontrado subgrupos con deficiencias se dificulta incorporarlo dentro de los programas de fortificación por afectar el sabor de manera adversa debido a esto es que el calcio no se incluye en el esquema típico de fortificación. (9)

Es indudable que el avance de la ciencia y los nuevos descubrimientos tienden a ser nuestra vida más agradable, cómoda y saludable generando una serie de modificaciones que se reflejan en la alimentación, en cuanto mayor conocimiento tiene sobre nutrición se van incorporando nuevas técnicas de procesamiento de alimentos que dañen lo menos posible los nutrimentos que contiene, se han tratado de evitar enfermedades carenciales suplementando y/o enriqueciendo alimentos y ahora se conocen los riesgos por falta de higiene y se tratan de evitar.

También a medida que la mujer se integra en la planta productiva dispone de menos tiempo para la preparación de alimentos, por lo que la industria alimentaria va en avance constante.

De acuerdo a investigaciones se sabe que cada 2 días en el mundo se genera un nuevo producto alimentario que pasa a engorsar la lista de los alimentos que se comercializan.

Por todo esto es necesario que se profundice en el estudio de los alimentos que le permitan al hombre asegurar su supervivencia con la mayor calidad posible en los años por venir.

IMPORTANCIA

La ciudad de Monterrey se caracteriza porque su población cuenta niveles económicos, de educación y salud más altos con respecto a los nacionales, esto permite que tenga acceso a una gran cantidad de alimentos donde se encuentran los alimentos industrializados. Debe de ponerse atención especial a la dieta ya que en los últimos años se ha comprobado su importante relación con la salud.

Dentro de los factores que contribuyen a la salud de las personas, es su estado de nutrición y esto depende de varias determinantes como lo son: el estado fisiológico, la cultura alimentaria, la disponibilidad de alimentos, la selección de los alimentos que ingiere y la biodisponibilidad de los nutrimentos en estos alimentos entre otros.

En los últimos años se ha incrementado el consumo de alimentos como cereales para desayuno donde se encuentran las llamadas granolas, éstas están constituidas por una gran diversidad de ingredientes lo que da variabilidad a sus nutrientes, características organolépticas dificultando su análisis.

Por ello es necesario estudiar con detalle los alimentos que ingerimos de manera cotidiana, este estudio debe abarcar, además de la cuantificación de los diferentes nutrimentos un estudio más profundo, como la calidad de los diferentes nutrimentos (por ejemplo proteínas) y biodisponibilidad de minerales, o sea cuanto de el contenido puede ser absorbido y utilizado por nuestro organismo.

Esto nos permitirá reorientar la alimentación familiar para que pueda satisfacer las necesidades de cada grupo de edad.

Especial atención merecen los alimentos cuyo consumo se ha incrementado mostrándose un aumento de productos disponibles en el mercado, como es el caso de los cereales para desayuno y las granolas.

Además de que un segmento de la población la considera como alimentos muy recomendables por estar elaborados con cereales enteros y otras semillas, asociándolos indudablemente a una alimentación sana.

En nuestro país existen diferentes instituciones como el Instituto Nacional de la Nutrición que se ha dado a la tarea de publicar tablas de valor nutritivo de alimentos, pero aún existen muchos alimentos que faltan por incluir, debido a la gran diversidad que se encuentra en nuestro país, así como al constante desarrollo de nuevos productos alimenticios.

En algunos estratos la granola forma ya parte de la dieta familiar mientras que en otras se está considerando como alternativa de consumo y no se tienen estudios sobre su contenido de nutrimentos ni sobre la biodisponibilidad de los mismos.

ORIGINALIDAD Y JUSTIFICACIÓN

Existe poca información sobre la composición química de los nutrimentos que contienen las granolas aún en países como los Estados Unidos de América y esta información es escasa en nuestro país, (la que se presenta en la etiqueta de los productos) siendo importante señalar que los nutrimentos que aporta son proteínas, hidratos de carbono, grasas, vitaminas y minerales, siendo el contenido de minerales más alto que en la mayoría de cereales para desayuno y similar a los cereales ricos en fibra por estar elaborados con cereales enteros, además de otros ingredientes. (12) (3) (8)

Por lo anterior no es posible determinar si las marcas existentes en el mercado aportan la misma cantidad de nutrimentos, información que permitirá orientar sobre su beneficio en el consumo por los diferentes grupos de la población y de esa manera poder tener un mejor patrón de alimentación.

Los contenidos de minerales en los productos de origen vegetal como los cereales, leguminosas, frutas y hortalizas no son siempre similares dependiendo de las variedades, el tipo de suelo y los fertilizantes que se hayan utilizado para su cultivo (4). Esto aunado a que las granolas que se comercializan no tienen los mismos ingredientes, y no se especifica el contenido de cada uno de ellos, es importante el analizarlos para conocer el contenido de cada uno de los nutrimentos, además determinar si existe diferencia entre las presentaciones o marcas que se consumen.

Por ello se realizó a cada una de las marcas un análisis químico proximal (humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno) así

como el contenido de minerales, fibra dietética total y ácido fítico, este último por la importancia que tiene en la capacidad de formar complejos con los minerales.

Por otra parte conociendo que las granolas contienen cereales, oleaginosas y nueces, el contenido de ácido fítico puede presentarse en niveles que afecten la biodisponibilidad de los minerales por la capacidad que tienen para formar complejos con los mismos, también se consideró importante el realizar un análisis de biodisponibilidad de minerales, en muestras seleccionadas con niveles diferentes de ácido fítico y determinar si la presencia de este compuesto está interfiriendo en el aprovechamiento de los minerales y si su efecto es similar en los diferentes minerales.

Esta investigación pudiera definir si este tipo de productos es una fuente importante de minerales y su biodisponibilidad por el contenido de ácido fítico que contienen.

HIPÓTESIS

Los alimentos denominados granolas que se comercializan en la ciudad de Monterrey difieren significativamente en su composición química y existe asociación entre la biodisponibilidad de minerales y el contenido de ácido fitico en alimentos tipo granola.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Caracterizar químicamente las diferentes granolas que se comercializan en el área metropolitana de Monterrey, determinando la biodisponibilidad de minerales en algunas de ellas.

Objetivos específicos:

1. Conocer la composición química de 10 diferentes granolas.
2. Cuantificar el contenido de minerales importantes para la nutrición en los mismos alimentos.
3. Determinar el contenido de ácido fítico y la fibra dietética total en los alimentos antes señalados.
4. Determinar la biodisponibilidad de calcio, zinc, cobre, hierro y fósforo en 2 marcas que contengan diferente cantidad de ácido fítico.
5. Analizar la relación de ácido fítico con la biodisponibilidad de los minerales estudiados.

METODOLOGÍA

A) Caracterización química

Se analizaron 10 marcas comerciales de granola de las 17 que se comercializan en el área metropolitana de Monterrey, N. L. analizándose por duplicado 2 lotes diferentes (uno en diciembre de 1997 y el segundo en abril de 1998) con 3 repeticiones.

Una vez obtenidas las muestras se etiquetaron y separaron en 2 fracciones, una fue guardada sin ningún tratamiento (para análisis de ácido fólico) y la otra fue molida (para el análisis proximal y de minerales) ambas fueron almacenadas en bolsas de plástico a temperatura ambiente en lugar seco.

Los análisis realizados a las muestras de granola fueron realizados como se describe a continuación:

El análisis proximal se desarrolló según los métodos oficiales de análisis de la Association of Oficial Analytical Chemists (AOAC). La determinación de humedad (925.096), de ceniza (923.03), de proteínas (920.87), de grasa (920.396), de fibra cruda (962.090) en gramos por 100 g de muestra y determinación de extracto libre de nitrógeno (obtenido por diferencia de 100 menos la suma de los anteriores). (3)

La determinación de fibra dietética (método enzimático gravimétrico), se llevó a cabo como lo establecen los Métodos Oficiales de Análisis AOAC en el apartado (985-29). (3)

La cuantificación del ácido fítico fue a través del método descrito por Davis en 1981. (7)

La cuantificación de los minerales (Ca, Fe, Na, K, Mg, Cu, Zn, Mn, Ni, Mo, Sr, Ba y Pb) se realizó a través del espectrofotómetro simultáneo de emisión de plasma ICAP modelo 61E trace Analyzer marca Thermo Jarrel Ash.

La digestión previa a la muestra fue una digestión húmeda utilizando microondas en un equipo modelo MDS 2000 Microwave Digestion System CEM I.

El procedimiento se describe a continuación:

Se pesaron exactamente 0.5 gr. de muestra (granola) por duplicado y se colocaron en vasos de teflón. Se le añadieron 10 ml. de HNO₃ concentrado a cada vaso y se cerraron, insertando en cada uno una membrana en el tapón, se colocaron 12 vasos en el carrusel que tiene el horno de microondas y en el primer vaso se colocó el conducto denominado capitán, que es usado para el control de la presión y tiene un tapón modificado para tal fin, previamente purgado para evitar la presencia de burbujas.

El carrusel se colocó dentro del aparato y se revisó su capacidad para girar sin interferencias.

Se cargó el programa de digestión como lo señala el manual de procedimientos en su nota marcada como "FLOUR" # FD-1 que consiste en alcanzar una presión de 150 PSI en cuatro rampas de 10 minutos cada una. Una vez terminado el proceso de digestión y despresurizado el sistema se sacaron los vasos y el contenido fue filtrado con papel Whatman # 1, el filtrado fue aforado a 50 ml. con agua destilada y desionizada y colocados en recipientes de 60 ml.

para posteriormente pasarlos al equipo de emisión por plasma y cuantificar los minerales.

La cuantificación simultánea de los metales se logra cuando la muestra (en solución) pasa por un nebulizador y se genera un aerosol muy fino que es transportado por una corriente de argón hasta donde se encuentra el plasma en un cristal de 2 KW controlado por un radiofrecuencia que opera con un generador de 27.12 M Hz y se genera la señal que llega al detector, los resultados son así obtenidos y procesados estadísticamente.

Para la determinación de fósforo se utilizó la misma muestra digerida por el microondas con la detección por espectroscopía visible como lo señala el método de la AOAC (986.24) con el siguiente procedimiento:

Tomar 1 ml. de solución de la muestra, agregar 1 ml. de reactivo de molibdovanadato (preparado con 20% de molibdato de amonio y 0.1% de vanadato de amonio, este último en 125 ml. de agua y 160 de Hcl conc. y aforando a 1 lto.) y 3 ml. de agua destilada, mezclar y esperar 10 minutos para el desarrollo de color. Leer absorbancia a 400 nm. ajustando a 0 de absorbancia con el estándar de 0 concentración de la curva de calibración.

B) Estudio de biodisponibilidad de minerales

La biodisponibilidad de los minerales se realizó de manera similar a Zhou y colaboradores en 1992. (5)

Diseño Experimental:

Se formaron 4 grupos y/o tratamientos:

- Tratamiento 1 granola con alto contenido de fitatos. (AF)
- Tratamiento 2 granola con alto contenido de fitatos (igual que tratamiento 1) y suplementada con Vionate (vitaminas y minerales para mascota) en una concentración de 5% (Anexo 2) y Zn en cantidad de 0.6 por cada 100 gr. de dieta (AF+M).
- Tratamiento 3 granola con bajo contenido de fitatos. (BF)
- Tratamiento 4 granola con bajo contenido de fitatos (igual que tratamiento 3) y suplementada con Vionate (vitaminas y minerales para mascota) en una concentración de 5% (Anexo 2) y Zn en cantidad de 0.6 por cada 100 gr. de dieta (BF+M)

Cada tratamiento estaba conformado por 7 ratas con un peso promedio de 75.68 g. \pm 7.68 SD. Las ratas utilizadas fueron machos de la raza Sprague-Dawley que fueron destetadas, alimentadas por tres días con dieta comercial y colocadas en ayuno el día previo al inicio del experimento. Dichos animales estuvieron en jaulas separadas individualmente.

El día 1 del experimento, fueron sacrificadas 2 ratas de cada tratamiento para establecer una línea base de comparación. Se les proporcionó alimento y agua *ad libitum* por 21 días pesando los animales cada semana, así como llevando el control del consumo de alimento de cada una de ellas, para calcular la eficiencia de conversión alimenticia de cada tratamiento, utilizando la siguiente fórmula: Ganancia de peso/consumo de alimento (de los 21 días del experimento, expresados en g).

Las ratas fueron sacrificadas usando cloroformo y se obtuvieron los hígados y las tibias de cada animal. Los hígados fueron congelados de inmediato para el análisis de los minerales presentes, mientras que las tibias fueron separadas de los tejidos que contenían, hervidas por 2 minutos en agua desionizada y

removidos los residuos adheridos, se secaron toda la noche a 95°C. Los huesos fueron colocados en hexano por 18 horas y en éter etílico por 24 horas para la extracción de lípidos, posteriormente fueron molidas en un mortero y se les cuantificó su contenido de minerales.

La determinación de minerales en hígados y tibias se realizó con los procedimientos y equipos usados para las granolas pero con las siguientes modificaciones.

El método para el análisis de tibias fueron los marcados en el manual de procedimientos como BONE # BI-1 como se describe a continuación:

Se pesan 0.5 gr. de muestra y se colocan en los 12 vasos de teflón, se añadieron 10 ml. de HNO₃ concentrado, se sellaron los vasos excepto el usado como control de presión, se colocaron en el carrusel y se selló el vaso con tapón de control, se verificó el correcto giro de los vasos y se programó a 150 PSI de presión en tres rampas de 20 minutos cada una. La muestra digerida se afora cuantitativamente a 252 ml (llevando con el agua para obtener todo el residuo) y enseguida se filtra en papel Whatman # 1 y se colocaron en un recipiente de plástico donde se almacenaron hasta su determinación.

Para el análisis de hígado se siguió el procedimiento de Bovine Liver # BI-5 que consiste en:

Pesar 0.5 gr. de muestra, colocarla en cada uno de los 12 vasos, añadir 2 ml. de agua destilada y 5 ml. de HNO₃ concentrado y se sigue el mismo procedimiento ya descrito. El programa consiste en llegar a una presión de 150 PSI en 3 rampas de 10 minutos cada una.

Con los datos de la concentración de minerales y fitatos se calcularon las relaciones molares usadas.

La relación molar Fitato/Zn fue determinada con la siguiente fórmula:

$$\text{Fitato/Zn} = \frac{(\text{mg Fitato}) (\text{peso molecular de fitato})}{(\text{mg Zn}) (\text{Peso molecular de Zn})}$$

La relación molar de [Ca] [Fitato]/[Zn] se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$[\text{Ca}] [\text{Fitato}]/[\text{Zn}] = \frac{(\text{mol/Kg Ca}) (\text{mol/Kg fitato})}{(\text{mol/Kg Zn})}$$

$$(\text{mol/Kg. C}) (\text{mol/Kg. fitato})/(\text{mol/Kg. Zn})$$

También fue determinada la tasa de fijación de minerales mediante la relación de la concentración de los mismos en los tejidos de los animales de la línea base (1o. día del experimento) y la concentración de minerales en tejidos de los animales en los diferentes tratamientos (a los 21 días del estudio). Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de fijación de minerales} = \frac{[] \text{ mineral inicial} - [] \text{ mineral final}}{[] \text{ mineral inicial}}$$

donde [] inicial: es la concentración de cada uno de los minerales en los animales de la línea base y

[] final: es la concentración de los minerales en los animales después de los 21 días del experimento

C) Análisis estadístico

Para la comparación de las granolas fue desarrollado un muestreo completamente aleatorio de 10 marcas en 2 lotes y 3 repeticiones de cada lote, y se realizó un análisis de varianza para los lotes, las marcas y comparación múltiple de medias utilizando la prueba de Tukey para cada variable estudiada. También se realizó el análisis de varianza factorial para las mismas variables.

Mientras que para el bioensayo se analizaron los resultados del contenido de los minerales en la tibia y el hígado de las ratas sacrificadas el primer día no se encontró diferencia significativa entre ellos estableciéndolos como grupo No. 5 ó línea base en el análisis de la varianza.

De los datos del contenido de minerales en tibias e hígados fue realizada también una comparación múltiple de medias o prueba de Tukey para determinar entre los tratamientos estudiados la diferencia significativa.

Para el análisis estadístico de los consumos de alimento, ganancia de peso y eficiencia de conversión alimenticia (ECA) se realizó un análisis de varianza y prueba de Tukey para determinar entre qué tratamientos se presentaba diferencia significativa.

Para el análisis de la tasa de fijación de minerales en los diferentes órganos se realizó un análisis de varianza bifactorial siendo un factor el nivel de fitatos (alto y bajo) y el segundo factor la suplementación con minerales (sin suplementos y suplementado).

RESULTADOS

Los resultados se presentan en 2 apartados, el primero con los datos de la caracterización química de las granolas y el segundo con los análisis del estudio de biodisponibilidad.

Caracterización química de las granolas.

En la tabla No. 1 se presentan los datos de identificación de las 10 muestras analizadas así como los ingredientes que contienen y su lugar de elaboración, donde observamos están presentes productos regionales, nacionales y de importación.

Los resultados de la caracterización química de las granolas se presentan en las tablas No. 2 y 3 que contienen la composición química de las 10 marcas comerciales analizadas, encontrándose una diferencia importante en el contenido de nutrientes, esto puede apreciarse más claramente en la tabla No. 4, que presenta los rangos de cada uno de los nutrientes, siendo importante señalar el apartado de grasas donde el contenido menor es de 9.10% y el mayor de 18.4%. En las proteínas las diferencias entre marcas son importantes, y los contenidos de este nutrimento varían de 7.93 a 12.91% en las diferentes marcas, en el apartado de fitatos se observan valores que oscilan entre el 15.12 en la marca "9" a 40.87 mg/gr. de muestra en la marca No. 1. Igual situación se presenta en los minerales ya que para el calcio y el sodio la variación es de 611.51 a 3861.68 ppm. y 117.77 a 1844.38 ppm. respectivamente. También se observa que la humedad en todos los casos es menor al 10% y que el contenido mayor de minerales (expresado como ceniza) lo presenta la marca No. 10.

La tabla No. 2, presenta las estadísticas descriptivas así como la comparación múltiple de medias de análisis proximal y de fitatos. Los valores presentados indican que para la variable de humedad se presentaron 2 subgrupos con diferencia significativa entre ellos, mientras que para la variable de ceniza se encontraron 5 subgrupos con diferencia significativa siendo la marca No. 10 (Roal Gran-nola) la de mayor contenido de minerales, lo que se observa en la tabla No. 3 en los apartados de calcio y fósforo.

En la variable de grasa se formaron 2 subgrupos con diferencia significativa entre ellos el primero formado por 4 marcas donde el valor máximo es de 18.40% en la marca Granola Plus Sr. Natural y siendo el valor menor de ese subgrupo la marca 3 con un porcentaje de 16.73 y el segundo grupo constituido por 6 marcas que van desde 12.25 hasta un valor mínimo de 9.69 para la marca Roal. En la variable de proteína se encontraron 5 subgrupos siendo el grupo con mayor contenido el constituido por la marca No. 3 (Alhelí) y el grupo con menor contenido el formado por la marca 7 y 9 (Frut & Nut y Kellogg's).

Para el análisis de fitatos se encontraron 2 grupos diferentes que se tomaron para el estudio de biodisponibilidad de minerales, el valor menor lo presentó granola Kellogg's, mientras que el mayor fue para la granola Plus Sr. Natural, la cual contenía a su vez casi el doble de calcio, cobre y zinc que la granola Kellogg's.

El contenido de fibra dietética en las muestras analizadas presentó una variación entre 5.94 a 10.96% valores similares a otros cereales para desayunos integrales. (Anexo No. 3)

La tabla No. 3 presenta los resultados de las estadísticas descriptivas y la comparación múltiple de medias de los minerales de cada una de las marcas de granola, considerando sólo el factor marca para este análisis. Encontrando que la

mayoría de los minerales varían mucho en las diferentes marcas a excepción del Ni, Zn y Pb. Las variaciones mayores se observan en el Ca donde la muestra 10 tiene 6 veces el nivel de la muestra 9 y en el Na donde la muestra 9 contiene más de 10 veces el nivel de la muestra 10.

En el análisis de varianza entre los lotes (independientemente de las marcas) se obtuvieron los resultados que se presentan en las Tablas No. 5 y 6 donde no se encontró diferencia significativa para las variables de ceniza, grasa, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, fitatos y fósforo, mientras que para la variable Ca se encontró diferencia con una Prob. de 0.018 y las demás variables humedad y todos los minerales (excepto Ca y P) presentaron diferencia altamente significativa (menor .001) entre los lotes.

Con la finalidad de determinar si hay diferencia entre los 2 lotes de cada marca se realizó el análisis de varianza factorial y en la tabla No. 7 se muestran los valores de F y Prob. obtenidos en el análisis de varianza factorial que analiza los resultados para 2 variables siendo la variable 1 la marca y la variable 2 el lote, así como la interacción entre las 2 variables. Para el análisis proximal y fitatos donde es importante destacar que con respecto a los lotes, las variables grasa y fitatos no mostraron diferencia significativa entre ellos, mientras que para las demás variables (humedad, ceniza, proteínas, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno) si hay diferencia y ésta es altamente significativa (<.001).

De lo anterior se deduce que la variabilidad entre diferentes lotes de producción de un misma marca es alta en la mayoría de los parámetros estudiados manteniéndose constante en la producción solamente la grasa, los fitatos y el fósforo.

En relación con la comparación de las marcas en el análisis bifactorial se encontró diferencia altamente significativa para todas las variables mencionadas anteriormente.

Con respecto a la interacción lote-marca la variable humedad no mostró significancia, mientras que la fibra cruda sí la presentó ($P = .015$) y las demás variables exhibieron interacción altamente significativa ($< .001$).

La comparación de los lotes en el análisis factorial presentados en la tabla No. 8 se observa que de los minerales sólo el fósforo no mostró diferencia significativa entre los lotes y todos los demás minerales sí la presentaron.

Con respecto al factor marca, también se encontró diferencia entre el contenido de minerales, siendo sólo en el Ni es a nivel de $.001$ mientras que para los demás minerales fue de ($<.001$).

En el análisis de interacción de lote-marca, también se encontró interacción significativa con nivel de 0.27 para el caso del Ba y de $<.001$ en todos los demás minerales.

Se determinó la relación molar fitatos/zinc y la relación de $[Ca] [Fitatos]/[Zn]$ como un índice de la potencial biodisponibilidad de minerales especialmente Zn (Tabla No. 9) las muestras analizadas presentan relaciones molares de Fitato/Zn entre 91.37 y 198.04 valores muy elevados lo que nos indica que se presentan contenidos de fitatos muy altos en comparación a los valores de concentración de minerales. Valores menores a 20 puntos son los recomendados para tener la mejor biodisponibilidad de Zn. (34) (38) (21)

También se determinó la relación molar $[Ca] [Fitato]/[Zn]$ encontrándose valores entre 1.40 y 19.08 para las muestras 9 y 10 respectivamente.

Esta relación ha sido considerada un indicador más fidedigno de la biodisponibilidad de Zn sobre todo con elevdos niveles de Ca y los valores superiores a 0.5 indican una baja biodisponibilidad de Zn. (29)

Los resultados presentados permiten comprobar la hipótesis de que existe diferencia significativa entre la composición química de las granolas analizadas.

Estudio de Biodisponibilidad de minerales.

Para el estudio de biodisponibilidad de minerales se seleccionaron 2 marcas de granolas con diferente contenido de fitatos. Granola Plus Sr. Natural con 14.28 mg. de fitatos/g. de granola para la dieta 1 y 2 y la Kellogg's con 7.57 mg. de fitatos/g. para la dieta 3 y 4.

La granola de la dieta 1 y 3, se administró como dieta del bioensayo sin ningún tratamiento ni adición, sólo se molió en un procesador de alimentos para homogenizarla. A la dieta 2 y 4 se le adicionó un 5% de mezcla de vitaminas y minerales para mascota (Vionate marca Ciba) que contiene 12 vitaminas y 9 minerales (anexo 2), además de zinc en una cantidad de 0.6 mg. por cada 100 gr. de dieta, cantidad que ha sido utilizada por otros autores como niveles normales en ratas a manejar en estudios de biodisponibilidad. (5)

La composición química de las dietas se muestra en la tabla No. 10 y sobresale la diferencia de mayor contenido de nutrimentos como grasa, proteína, fibra y

ceniza, en la dieta 1 y 2, mientras que la 3 y 4 el contenido superior de ELN (extracto libre de nitrógeno).

También el contenido de la mayoría de minerales es mayor en la dieta 1 que en la 3, excepto en el caso de Na y Cu en donde la dieta 3 contiene mayor cantidad (Tabla No. 11).

En la misma tabla se puede apreciar el incremento de minerales en la dieta 2 y 4 por efecto de la adición del complemento utilizado, principalmente en el renglón de P, Ca y Na donde se incrementó en más de un 50% el contenido de estos minerales.

En las dietas se determinó la relación molar Fitato/Zn encontrándose valores superiores a 20 puntos en las dietas 1 y 3 con alto y bajo fitato sin suplementar y en las dietas 2 y 4 valores de 18.46 para la dieta 2 y 10.39 para dieta 4 donde la adición de Zn reduce estos valores. (Tabla No. 12)

Cuando se determinó la relación molar $[Ca] [Fitatos]/[Zn]$ se encontró que todas las dietas dan valores superiores a 0.5 que se considera como máximo para tener una buena biodisponibilidad de Zn.

En la tabla No. 13 se presentan los resultados del análisis de varianza de los datos del bioensayo encontrándose que no hay diferencia significativa en los pesos iniciales de las ratas (al comenzar el estudio) no así de los pesos después de los 21 días que duró el experimento donde el grupo del tratamiento 1 (con mayor ácido fitico y sin suplementación (-AF) presentó pesos significativamente más bajos que los que sí fueron suplementados con igual nivel de ácido fitico, siendo este último estadísticamente similar a los de las dietas 3 y 4 (bajo contenido de ácido fitico con y sin vitaminas y minerales BF y BF + M).

De tal forma que la ganancia de peso de los animales alimentados con la dieta 1 fue menor que los tratamientos 2, 3 y 4.

No se reporta diferencia significativa entre el consumo de alimentos de las dietas 1 y 2 ni entre las dietas 2, 3 y 4.

Con respecto a la eficiencia de conversión alimentaria (ECA) observamos que fue menor en el grupo 1 (ácido fitico mayor y sin suplementar (AF) que la 2 (suplementada) (AF + M) e inclusive esta dieta 1 presentó menor ECA que la dieta 3 (bajo ácido fitico y sin suplementar) (BF). No presentándose diferencia significativa entre las dietas 3 y 4 (bajo ácido fitico con y sin suplementar) (BF + M).

Se detecta claramente como la adición de vitaminas y minerales eleva la eficiencia de conversión alimenticia de la dieta 1 (AF) de 0.14 sin fortificar a 0.21 en la dieta 2 (AF + M).

Revisando los contenidos de minerales en tibias y su análisis (Tabla No. 14) observamos que no hubo diferencia entre los grupos para los siguientes minerales P, Mg, Ca, Mo, Fe, Zn, ni entre estos y la línea base denominado el grupo 5 (dado por los animales sacrificados en el día 1). Diferencias significativas se presentan para el Na que fue mayor en el grupo 5 (inicial) y para el Mn que fue mayor el contenido en el grupo 1 (Granola Plus Sr. Natural) al 5 ó inicial no habiendo diferencia entre los demás.

Para el caso del K se encontró en el grupo 5 un valor superior significativamente a todos los demás. De manera distinta se presentó en el caso de Cu donde el valor mayor fue para el grupo 5 que difería de todos los demás, seguido por el

grupo 1 y 3 donde este último no presentaba diferencia con el 2 y 4. Los demás minerales Sr, Ba y Pb mostraron 3 grupos diferentes.

Los valores de las estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) de la tasa de fijación de minerales en las tibias se muestran en la Tabla No. 15 observándose la diferencia entre los cuatro tratamientos. De los resultados de la tabla No. 15 se elaboraron las gráficas 1, 2, 3, 4 donde se observan más claramente los incrementos y/o decrementos de minerales en tibias en cada uno de los tratamientos.

Comparando las gráficas 1 y 3 con alto y bajo contenido de fitatos se detectan cambios importantes en el incremento de Ba, Mn y Fe mayores en el tratamiento 1 que en el 3, en las gráficas 2 y 4 con suplementación se observa el efecto de incrementar el Zn y el Pb en tratamiento 2 y Sr, Ba y Pb en tratamiento 4.

Los minerales que presentaron decrementos en la tasa de fijación de minerales las tibias analizadas en todos los tratamientos fueron el Cu y el K, lo que nos habla de la sensibilidad de estos elementos aún con bajos niveles de fitatos y con la suplementación.

En la Tabla No. 16 se muestran los valores de F y Prob. del análisis de varianza bifactorial del contenido de minerales en tibias. Se observa que hay diferencia significativa entre los niveles de fitatos en el Mg y Cu, siendo menores los contenidos de estos minerales en los tratamientos con mayor contenido de fitatos. Con respecto al factor suplementación se muestra diferencia altamente significativa para el Cu, Sr, Ba y Pb, en el Cu el resultado superior en los tratamientos suplementados puede deberse a la interacción de los demás minerales, especialmente Zn, siendo importante señalar que la fórmula para

suplementar no contenía Cu. En la misma tabla se detecta una interacción significativa entre el nivel de fitatos y la suplementación para el Cu y el Ba.

En la tabla No. 17 se muestran los datos de contenido de minerales en hígado y el análisis de varianza y comparación múltiple de medias en los diferentes grupos y se observa que para el P, K, Mo, Zn, Sr, Ba no se observó diferencia significativa entre ningún grupo analizado, en el caso del Ca encontramos los valores mayores en el grupo 4 (granola Kellogg's con vitaminas y minerales) y diferente significativamente a los demás grupos.

Para el mineral Cu encontramos que se constituyen 3 grupos diferentes, siendo el valor más alto para el grupo 5 pero sin ser diferente al 1 y 2 y el valor más bajo para el grupo 4, no siendo diferente al 3.

En la tabla No. 18 se presenta la tasa de fijación de minerales en hígados para los tratamientos estudiados, observándose que en algunos de los minerales (P, Na, Mg y Ca) se presentaron decrementos en los primeros 3 tratamientos y sólo se presentaron incrementos para el tratamiento de bajo fitato y suplementado.

Para el K, Mo, Fe, Cu y Zn, se encontraron decrementos en todos los tratamientos pero éstas fueron menores en los tratamientos con bajo fitato y suplementación.

Para el Na, Mg, Ca como se observa en la Tabla 18, encontramos menor tasa de fijación de minerales con los tratamientos 1 y 2 (Alto fitato), para el Ni se observa una disminución en todos los tratamientos, pero mayor en los tratamientos altos en fitatos y para el Cu con valores negativos en todos los tratamientos.

De los datos de la tabla No. 18 se elaboraron las gráficas 5, 6, 7 y 8 donde al comparar la gráfica 5 y 7 se observa con bajo fitato se presentan valores

superiores de minerales en P, Na, Mg, Ca, Fe, Zn y Sr efecto que no se presenta con sólo la suplementación gráfica No. 6 (AF+M).

Mientras que en la gráfica No. 8 se presentan los valores de tratamiento 4 (BF+M) detectándose incrementos en minerales como P, Na, Mg y Ca y valores aún negativos de Mo, Mn, Zn y Sr.

En la Tabla No. 19 son presentados los resultados del análisis de varianza bifactorial de minerales en hígado encontrándose mayor cantidad de datos con Prob. mayor a .05 que en tibias. Para el factor fitatos se presenta diferencia significativa entre tratamientos ($P < .001$) para Na, Mg, Ca, Mn y Cu. El Ni y Sr son diferentes con una Prob. de 0.039 y 0.037 respectivamente.

Para el factor suplementación se muestra diferencia altamente significativa ($P < .001$) para el Na, Mg, Ca, Fe y en especial para el Cu, en el que la tasa de fijación de este mineral es mayor en los tratamientos suplementados con respecto a los tratamientos no suplementados.

Cuando observamos la interacción entre fitatos y suplementación encontramos interacción altamente significativa (Prob. menor 0.01) para Mg y Ca, y significativa para el Na.

Estos resultados indican que existe asociación entre el contenido de ácido fítico y la biodisponibilidad de minerales medida como tasa de fijación sólo para algunos minerales y en diferente magnitud en los órganos estudiados.

Tabla No. 1

Clasificación y contenido de las muestras en las muestras de granola.

Muestra	Nombre comercial	Ingredientes	Procedencia
1	Granola Plus Señor Natural	Avena, pasas, nuez, almendras, jarabe de piloncillo, salvado, aceite vegetal comestible, ajonjolí, germen de trigo, esencia de naranja, canela.	Escobedo, N. L., México
2	Ricanola con pasas	Avena, 8% miel de abeja, azúcar morena, aceite vegetal, arroz, ajonjolí, fécula de maíz y vainilla.	Escobedo, N. L., México
3	Alhelí	Avena, nuez, almendras, amaranto, cacahuates, uva pasa, coco, ajonjolí, miel de abeja, vainilla, aceite vegetal comestible, sal yodada y canela.	Aguascalientes, Aguascalientes, México
4	Gourmet granvita	Granola sabor manzana, trigo inflado, manzana deshidratada, cacahuete, pasas y semillas de calabaza.	Jalisco, México.
5	Quaker	Avena de grano entero, hojuelas de trigo de grano entero, azúcar moscabado, pasas de uva, coco seco, almendras, aceite de semillas de algodón y soya parcialmente hidrogenada, leche descremada en polvo, glicerina, miel.	Chicago, Illinois, EUA.
6	Frutinola	Avena, miel de maíz, uva pasa, miel de abeja, nuez triturada, almendra rebanada, ajonjolí, azúcar, aceite vegetal, piloncillo, canela, sal, saborizante.	Guadalajara, Jal., México

Tabla No. 1 (Continuación)

Clasificación y contenido de las muestras en las muestras de granola.

Muestra	Nombre comercial	Ingredientes	Procedencia
7	Fruit & Nut	Avena, hojuelas de trigo, azúcar morena, pasas, suero de leche, coco, aceite de canola, raice crisperi (harina de arroz, suero de leche, azúcar, sal, malta de cebada), harina de avena, dátiles, almendras, miel de abeja, polvo para hornear y glicerina	Collegedale, Tenn. USA Importado: Monterrey, México.
8	Nutrisa	Avena tostada, pepita de calabaza, cacahuete, coco rallado, pasas, nueces, ajonjolí, miel de abeja y margarina.	México, D. F.
9	Kellogg's	Hojuelas de avena, azúcares, rice krispis, almendras, coco, miel, melaza, ácido ascórbico, color caramelo, maltodextrina, niacinamida, palmitato de retinol, cobalamina, sabor canela, hierro reducido, clorhidrato de piridoxina, riboflavina, mononitrato de tiamina y ácido fólico.	Kellogg's de Colombia, S. A. Distribuido por Kellogg's de México Querétaro, Qro.
10	Rol Gran-nola	Avena, miel de abeja, salvado, germen de trigo, coco, pasita, cacahuete, almendra, canela y 1% de lecitina de soya.	Tlanepantla, México.

Tabla No. 2

Composición química de las muestras de grano en base húmeda y comparación múltiple de medias (Tukey).

Marca	Humedad %	Ceniza %	Grasa %	Proteína %	F. cruda %	E.L.N. %	Fitatos (mg/g)
1	4.48 ± 1.80 a	1.64 ± 0.04 b	18.40 ± 0.77 a	10.25 ± 0.79 bd	1.32 ± .11 b	63.89 ± 1.31 d	40.88 ± 17.55 b
2	5.14 ± 1.16 ab	1.42 ± 0.03 c	10.52 ± 1.85 b	9.13 ± 1.15 cde	1.19 ± .17 bc	72.59 ± 1.90 ac	26.61 ± 9.49 ab
3	3.81 ± 1.08 a	1.59 ± 0.10 be	16.73 ± 3.07 a	12.91 ± 0.97 a	1.18 ± .11 bc	63.74 ± 4.16 d	30.98 ± 10.93ab
4	4.22 ± 0.71 a	1.18 ± 0.05 d	10.69 ± 1.18 b	8.74 ± 0.87 ce	1.16 ± .07 bc	73.99 ± 1.17 ac	28.45 ± 5.30 ab
5	3.70 ± 1.80 a	1.67 ± 0.08 b	17.58 ± 0.76 a	10.09 ± 0.18 bd	1.21 ± .18 bc	65.72 ± 1.32 bd	32.17 ± 6.22 ab
6	4.69 ± 1.39 ab	1.50 ± 0.07 ce	12.23 ± 5.99 b	8.99 ± 0.63 cde	1.19 ± .10 bc	71.37 ± 7.70 ac	24.86 ± 7.18 ab
7	4.99 ± 1.01 ab	1.51 ± 0.03 ce	12.25 ± 1.21 b	7.93 ± 0.11 e	1.11 ± .21 bc	72.19 ± 0.63 ac	25.978 ± 11.99ab
8	6.98 ± 1.70 b	1.54 ± 0.08 e	16.78 ± 1.16 a	10.74 ± 1.17 b	2.07 ± .50 a	61.86 ± 1.04 d	30.1 ± 7.35 ab
9	4.90 ± 0.94 ab	1.53 ± 0.06 ce	9.10 ± 0.79 b	8.06 ± 0.14 e	0.89 ± .08 c	75.49 ± 1.38 a	15.12 ± 6.12 a
10	6.23 ± 1.53 ab	2.75 ± 0.08 a	9.69 ± 1.30 b	9.43 ± 0.24 cd	2.35 ± .33 a	69.52 ± 2.37 bc	36.22 ± 6.40 b
Valor de F	3.3916**	212.4171**	13.6089**	23.1853**	24.6042**	14.9602**	3.1775**
Prob.	.0026	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0041

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 3

Contenido de minerales en mg/Kg en las muestras de granola y comparación múltiple de medias (Tukey).

Muestra	P	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn
1	806.98 ± 88.49ab	280.07±303.01ab	1124.09 ±373.09 b	5436.02±1960.93 b	1300.96 ± 745.17a	1.42 ± .40 bc	30.16±10.75ab
2	748.02 ± 153.40a	898.37 ± 716.64 c	862.25 ± 276.98ab	4102.69±1245.75 ab	888.43 ± 522.04 a	1.49 ± .43 c	24.79 ± 9.55 ab
3	883.45±150.43 ab	220.97 ± 218.99 a	1075.90±373.47ab	5087.44±1643.81 ab	1256.37 ± 627.99a	1.56 ± .88 c	21.43 ± 6.17 ab
4	596.934 ± 101.67a	387.77±255.82abc	845.67 ± 306.79ab	4110.10±998.30 ab	737.69 ± 338.81 a	.84 ± .11 ab	27.23 ±15.08ab
5	722.23 ± 58.65 a	421.86±261.23abc	835.44 ± 233.03ab	4963.94±782.40 ab	1110.40 ± 196.15a	.86 ± .24 ab	19.42 ± 7.94 ab
6	726.83 ± 76.27 a	887.18 ± 161.35 c	772.29 ± 173.93ab	4215.60±1128.70 ab	611.512 ± 307.28a	.84 ± .22 ab	20.63 ± 4.24 ab
7	730.52 ± 183.88 a	792.64 ± 91.52 bc	691.64 ± 150.28ab	4848.44±564.76 ab	750.1 ± 231.58 a	.84 ± .08 ab	17.05 ± 3.83 a
8	876.08±169.73 ab	320.08±161.72 ab	896.92 ± 140.89ab	5111.94±766.30 ab	972.68 ± 363.52 a	1.05±.06 abc	24.03 ± 6.25ab
9	775.66±185.37 ab	1844.38 ± 349.89d	622.71 ± 102.55 a	3241.10 ± 302.29 a	612.87 ± 132.68 a	.56 ± .11 a	15.75 ± 2.00 a
10	1064.94±323.93 b	117.78 ± 34.03 a	888.89 ± 98.05 ab	4628.60 ± 251.52 ab	3861.68 ± 26.40b	.57 ± .04 a	33.42 ± 1.91 b

Valor de F	3.4673**	16.3917**	2.3653*	2.1417*	33.3231**	6.4543**	3.1377**
Prob.	.0022	.0000	.0259	.0429	.0000	.0000	.0045

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 3 (Continuación)

Contenido de minerales en mg/Kg en las muestras de granola y comparación múltiple de medias (Tukey).

Muestra	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
1	40.89 ± 17.54 ab	4.56 ± 3.45 a	6.63 ± 3.53 a	30.66 ± 17.79 a	7.612 ± 4.65 b	2.71 ± .94 ab	27.20 ± 29.94 a
2	41.87 ± 21.75 ab	3.76 ± 2.55 a	3.74 ± 1.28 a	22.59 ± 16.57 a	4.09 ± 2.89 ab	1.49 ± .40 a	27.87 ± 30.76 a
3	41.36 ± 20.79 ab	2.09 ± 1.27 a	6.41 ± 2.94 a	30.46 ± 19.29 a	6.84 ± 3.04 ab	2.92 ± .56 ab	27.68 ± 30.52 a
4	38.59 ± 17.06 ab	3.41 ± 2.25 a	4.76 ± 2.39 a	16.82 ± 16.26 a	7.42 ± 1.57 ab	3.92 ± 2.84 ab	28.03 ± 30.86 a
5	29.42 ± 14.63 a	3.66 ± 3.75 a	4.09 ± 1.72 a	16.52 ± 11.99 a	4.71 ± 2.74 ab	2.76 ± 1.39 ab	42.63 ± 19.55 a
6	29.09 ± 7.41 a	3.39 ± 4.13 a	4.18 ± 1.52 a	15.21 ± 8.88 a	4.04 ± 1.69 ab	4.43 ± 4.13 ab	45.87 ± 13.61 a
7	28.56 ± 12.95 a	1.67 ± .37 a	3.28 ± .59 a	15.25 ± 6.38 a	3.02 ± 1.03 a	2.50 ± .21 ab	52.28 ± 16.18 a
8	36.20 ± 12.01 ab	3.43 ± 1.27 a	4.84 ± .99 a	17.81 ± 5.12 a	7.74 ± .52 b	3.84 ± 1.52 ab	41.88 ± 18.77 a
9	60.98 ± 9.84 b	1.44 ± .57 a	3.00 ± .99 a	16.40 ± 5.93 a	3.02 ± .74 a	2.42 ± 1.12 ab	45.20 ± 16.56 a
10	34.30 ± 3.33 ab	2.15 ± .33 a	3.83 ± .41 a	18.11 ± 2.88 a	13.09 ± 2.04 c	5.25 ± .46 ab	51.22 ± 14.03 a

Valor de F	2.4979*	1.1069 ^{NS}	2.4659*	1.3609 ^{NS}	9.7828**	2.3071*	1.1702 ^{NS}
Prob.	.0192	.3753	.0206	.2310	.0000	.0295	.3342

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 4

Rangos encontrados de contenido de nutrimentos en las granolas analizadas

Variable	Rango
Humedad	3.70 - 6.98 ¹
Ceniza	1.18 - 2.75 ¹
Grasa	9.10 - 18.40 ¹
Proteína	7.93 - 12.91 ¹
Fibra cruda	0.89 - 2.35 ¹
Extracto Libre de Nitrógeno	61.86 - 75.52 ¹
Fibra dietética	5.94 - 10.96 ¹
Fitatos	15.12 - 40.87 ²
Calcio (Ca)	611.51 - 3861.68 ³
Fósforo (K)	596.93 - 1064.94 ³
Hierro (Fe)	20.09 - 60.97 ³
Sodio (N)	117.77 - 1844.38 ³
Potasio (K)	3241.10 - 5436.10 ³
Magnesio (Mg)	622.71 - 1124.10 ³
Cobalto (Co)	3.01 - 6.63 ³
Zinc (Zn)	15.21 - 30.64 ³
Manganeso (Mn)	15.74 - 33.4 ³
Níquel (Ni)	1.44 - 4.56 ³
Molibdeno (Mo)	0.56 - 1.49 ³
Estroncio (Sr)	3.01 - 13.09 ³
Bario (Ba)	1.19 - 5.09 ³
Plomo (Pb)	27.20 - 52.27 ³

1) datos expresados en %.

2) datos expresados en mg/gr.

3) datos expresados en ppm.

Tabla No. 5

Composición química y contenido de fitatos por lote de las granolas analizadas.

Lote	Humedad %	Ceniza %	Grasa %	Proteínas %	Fibra cruda %	E.L.N. %	Fitatos mg/g
1	5.87 ± 1.50	1.61 ± 0.38	13.79 ± 3.86	9.33 ± 1.53	1.29 ± 0.41	68.11 ± 5.24	28.90 ± 13.42
2	3.96 ± 1.02	1.67 ± 0.42	13.01 ± 4.29	9.93 ± 1.57	1.45 ± 0.55	69.98 ± 5.54	29.52 ± 8.17

Valor de F	33.3741**	0.2727 ^{NS}	0.5505 ^{NS}	2.3689 ^{NS}	1.6588 ^{NS}	1.8033 ^{NS}	0.0463 ^{NS}
Prob.	(0.000)	(0.603)	(0.461)	(0.134)	(0.202)	(0.184)	(0.830)

- NS - No significativo
- * - Diferencia significativa 5%
- ** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 6

Contenido de minerales de las granolas en los lotes analizados en mg/Kg.

Lote	P	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn
1	776.76 ± 137.26	818.33 ± 595.38	1060.41 ± 234.59	5392.12 ± 1059.19	1509.17 ± 901.35	1.20 ± 0.59	29.28 ± 7.98
2	809.56 ± 240.31	415.89 ± 472.48	662.75 ± 99.22	3757.05 ± 609.99	911.35 ± 1010.42	0.81 ± 0.21	17.50 ± 5.51

Valor de F	0.4213 ^{NS}	8.4103 ^{**}	73.1259 ^{**}	53.6846 ^{**}	5.8482 [*]	12.0284 ^{**}	44.2958 ^{**}
Prob.	(0.518)	(0.005)	(0.000)	(0.000)	(0.018)	(0.001)	(0.000)

- NS - No significativo
- * - Diferencia significativa 5%
- ** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 6 (Continuación)

Contenido de minerales de las granolas en los lotes analizados en mg/Kg.

Lote	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	B	Pb
1	48.25 ± 11.17	4.37 ± 2.76	5.67 ± 2.13	28.57 ± 11.86	7.73 ± 3.27	4.15 ± 2.23	19.31 ± 17.24
2	28.00 ± 14.53	1.54 ± 0.56	3.28 ± 1.24	11.39 ± 6.46	4.59 ± 3.45	2.30 ± 1.05	58.66 ± 4.98

Valor de F	36.5858**	30.2369**	28.0507**	48.5239**	13.0728**	16.8368**	144.1967**
Prob.	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 7

Análisis de varianza factorial como valores de F y Prob. para las variables del análisis proximal y fitatos de granola en base húmeda.

Factores		Humedad	Ceniza	Grasa	Proteína	Fibra cruda	E.L.N.	Fitatos
Lote (v1)	Valor de F.	68.61**	20.02**	3.67 ^{NS}	23.08**	11.43**	13.19**	.182 ^{NS}
	Prob.	.000	.000	.063	.000	.002	.001	.672
Marca (v2)	Valor de F.	7.91**	463.77**	30.77**	54.04**	37.25**	35.44**	9.218**
	Prob.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Lote-marca	Valor de F.	0.89 ^{NS}	5.46**	7.71**	5.94**	2.69*	7.25**	11.65**
	Prob.	.000	.000	.000	.000	.015	.000	.000

- NS - No significativo
- * - Diferencia significativa 5%
- ** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 8

Análisis de varianza factorial para los contenidos de minerales de la granola.

Factor		P	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn
Lote VI	Valor de F.	1.076 ^{ns}	75.743**	1091.37**	266.21**	324.927**	228.941**	471.61**
	Prob.	.306	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Marca V2	Valor de F.	6.368**	49.632**	64.932**	17.116**	337.836**	79.59**	43.679**
	Prob.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Lote-marca	Valor de F.	5.64**	3.961**	26.803**	10.385**	15.776**	38.625**	20.49**
	Prob.	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000

- NS - No significativo
 * - Diferencia significativa 5%
 ** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 8. Continuación

Análisis de varianza factorial para los contenidos de minerales de la granola.

Factor		Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
Lote VI	Valor de F.	210.79**	51.296**	78.221**	192.022**	109.165**	28.824**	996.149**
	Prob.	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Marca V2	Valor de F.	18.781**	2.763*	8.196**	9.216**	42.059**	4.177**	27.003**
	Prob.	.000	.013	.000	.000	.000	.001	.000
Lote-marca	Valor de F.	13.905**	3.725**	5.33**	11.842**	7.311**	2.411*	13.073**
	Prob.	.000	.002	.000	.000	.000	.027	.000

NS - No significativo
 * - Diferencia significativa 5%
 ** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 9

Concentraciones de fitatos, Ca, Zn y Relación molar Fitato/Zn y [Ca] [Fitato] / [Zn] en las muestras analizadas.

Muestra	Fitatos mg/100 g	Zn mg/100 g	Ca mg/100 g	Fitato/Zn ^a	[Ca][Fitato]/[Zn] ^b
1	4087	3.064	130.095	132.12	4.29
2	2661	2.258	88.843	116.73	2.59
3	3097	3.045	125.636	100.74	3.16
4	2845	1.682	73.769	167.53	3.08
5	3217	2.552	111.04	124.86	3.46
6	2485	1.521	61.151	161.82	2.47
7	2597	1.525	75	168.67	3.16
8	3080	1.781	97.267	171.29	4.16
9	1512	1.639	61.286	91.37	1.40
10	3621	1.811	386.168	198.04	19.08

a (mg. de fitato/peso molecular de fitato) / (mg. Zn/peso molecular de Zn)

b (mol./Kg. Ca) (mol/kg. fitato)/(mol/Kg. Zn)

Tabla No. 10

Composición química de las dietas y contenido de ácido fítico.

Dieta	Humedad %	Ceniza %	Proteína %	Grasa %	Fibra cruda %	E.L.N. %	F. dietética %	Ac. fítico (mg/g)
Dieta 1 y 2	5.25	1.76	12.09	18.31	1.28	61.31	9.98	14.28
Dieta 3 y 4	5.55	1.49	8.63	9.6	0.79	73.94	6.18	7.57

Tabla No. 11

**Contenido de minerales en las dietas usadas para estudio de biodisponibilidad
(expresados en ppm)**

Dieta	P	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn
1 AF	1051.6	856.00	1040.00	5185.00	1956.50	1.37	30.56
2 AF+M	1526.9	1565.00	954.00	5560.00	2907.50	1.02	35.19
3 BF	672.9	3891.00	734.50	3868.50	1594.50	0.36	20.02
4 BF+M	1007.3	4619.50	723.00	3988.50	2902.50	0.38	25.57

Tabla No. 11 (Continuación)

**Contenido de minerales en las dietas usadas para estudio de biodisponibilidad
(expresados en ppm)**

Dieta	Fe	Ni	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
1 AF	65.90	2.06	5.33	40.97	9.25	3.46	20.51
2 AF+M	66.80	1.74	5.80	76.60	18.95	5.13	36.49
3 BF	62.15	0.85	10.84	36.41	7.33	2.52	28.56
4 BF+M	71.80	0.93	9.90	72.15	13.64	4.07	37.93

Tabla No. 12

Concentraciones de Fitato, Ca, Zn y Relación molar Fitato/Zn y [Ca] [Fitato] / [Zn] de las dietas utilizadas para estudio de biodisponibilidad.

Dieta	Fitatos mg/100 g	Zn mg/100 g	Ca mg/100 g	Fitato/Zn ^a	[Ca][Fitato]/[Zn] ^b
1 AF	1428	4.097	195.65	34.52	1.68
2 AF+M	1428	7.66	290.75	18.46	1.34
3 BF	757	3.641	159.45	20.59	0.82
4 BF+M	757	7.215	290.25	10.39	0.75

a (mg. de fitato/peso molecular de fitato) / (mg. Zn/peso molecular de Zn)

b (mol./Kg. Ca) (mol/Kg. fitato)/(mol/Kg. Zn)

Tabla No. 13

Ganancia de peso, consumo de alimentos, conversión alimenticia del bioensayo y su análisis estadístico.

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Ganancia de peso	Cons. de alimentos	Conversión alimenticia
1 AF	71.64 ± 6.04 a	98.34 ± 7.53 a	26.70 ± 2.08 a	188.30 ± 18.71 a	0.14 ± .01 a
2 AF+M	78.28 ± 8.65 a	126.16 ± 10.39 b	47.88 ± 4.00 b	233.10 ± 17.56 ab	0.21 ± .02 b
3 BF	77.46 ± 8.90 a	119.9 ± 13.84 ab	42.44 ± 5.03 b	256.32 ± 40.36 b	0.17 ± .01 c
4 BF+M	74.08 ± 8.48 a	120.32 ± 17.76 ab	46.24 ± 9.94 b	265.64 ± 39.09 b	0.17 ± .01 c
Valor de F	.72^{NS}	4.46*	12.98**	6.25**	12.67 **
Prob.	.5536	.0186	.0001	.0052	.0002

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 14

Contenido de minerales en ppm en las tibias, análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Tukey).

Tratamiento	P	Na	Mg	K	Ca	Mo
1 AF	310.08±56.08 a	6508.00±198.54a	1670.04±43.31 a	4644.40±761.66 a	1943.59±89.46 a	.18±.03 a
2 AF+M	246.79±76.78 a	7075.00±238.72ab	1592.48±36.24 a	4520.10±463.04 a	1906.34±2.29 a.	16±0.4 a
3 BF	304.01±110.00a	6856.00±272.59ab	1675.28±61.71 a	5036.80±350.26 a	1901.84±3.00 a	.15±.01 a
4 BF+M	287.43±62.51 a	7101.00±616.85ab	1678.58±44.77 a	5315.30±1516.69a	1898.84±2.37 a	.42±.47 a
5*	258.23±94.98 a	7262.50±454.80b	1606.02±141.63a	6720.63±358.61 b	1971.27±159.00 a	.33±.14 a
Valor de F	0.60 ^{NS}	3.06*	1.26 ^{NS}	8.92**	.72 ^{NS}	1.78 ^{NS}
Prob.	.6686	.0370	.3137	.0002	.5874	.1670

a - Tratamiento de línea base (ratas sacrificadas el día 1 del experimento)

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 14 (Continuación)

Contenido de minerales en ppm en las tibias, análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Tukey).

Tratamiento	Mn	Fe	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
1 AF	5.59±3.31 a	136.13±64.56 a	2.24±.22 a	167.06±18.37 a	127.10±4.28 a	14.64±1.75 a	196.42±8.03 a
2 AF+M	3.27±.78 ab	75.84±12.79 a	1.55±.22 c	169.60±11.75 a	83.42±5.72 b	6.28±.58 c	210.58±10.51 a
3 BF	3.17±.36 ab	104.12±26.01 a	1.83±.18 ac	168.99±7.80 a	116.26±16.45 a	10.90±2.11 b	191.39±7.61 ba
4 BF+M	3.45±.19 ab	95.91±37.59 a	1.54±.17 c	159.65±3.46 a	87.95± 18.11 b	7.01±3.08 c	206.82±12.27 a
5 ^a	2.85±.32 b	89.17±16.96 a	3.51±.55 b	155.86±16.66 a	91.42± 9.60 b	6.87±.95 c	172.20±23.30 b
Valor de F	3.14 *	2.19^{NS}	38.72 **	1.31^{NS}	13.62 **	20.51 **	6.50 **
Prob.	.0339	.1026	.0000	.2965	.0000	.0000	.0012

a - Tratamiento de línea base (ratas sacrificadas el día 1 del experimento)

NS - No significativo

* - Diferencia significativa 5%

** - Diferencia altamente significativa (1%)

Tabla No. 15

Tasa de fijación de minerales en tibias en los diferentes tratamientos.

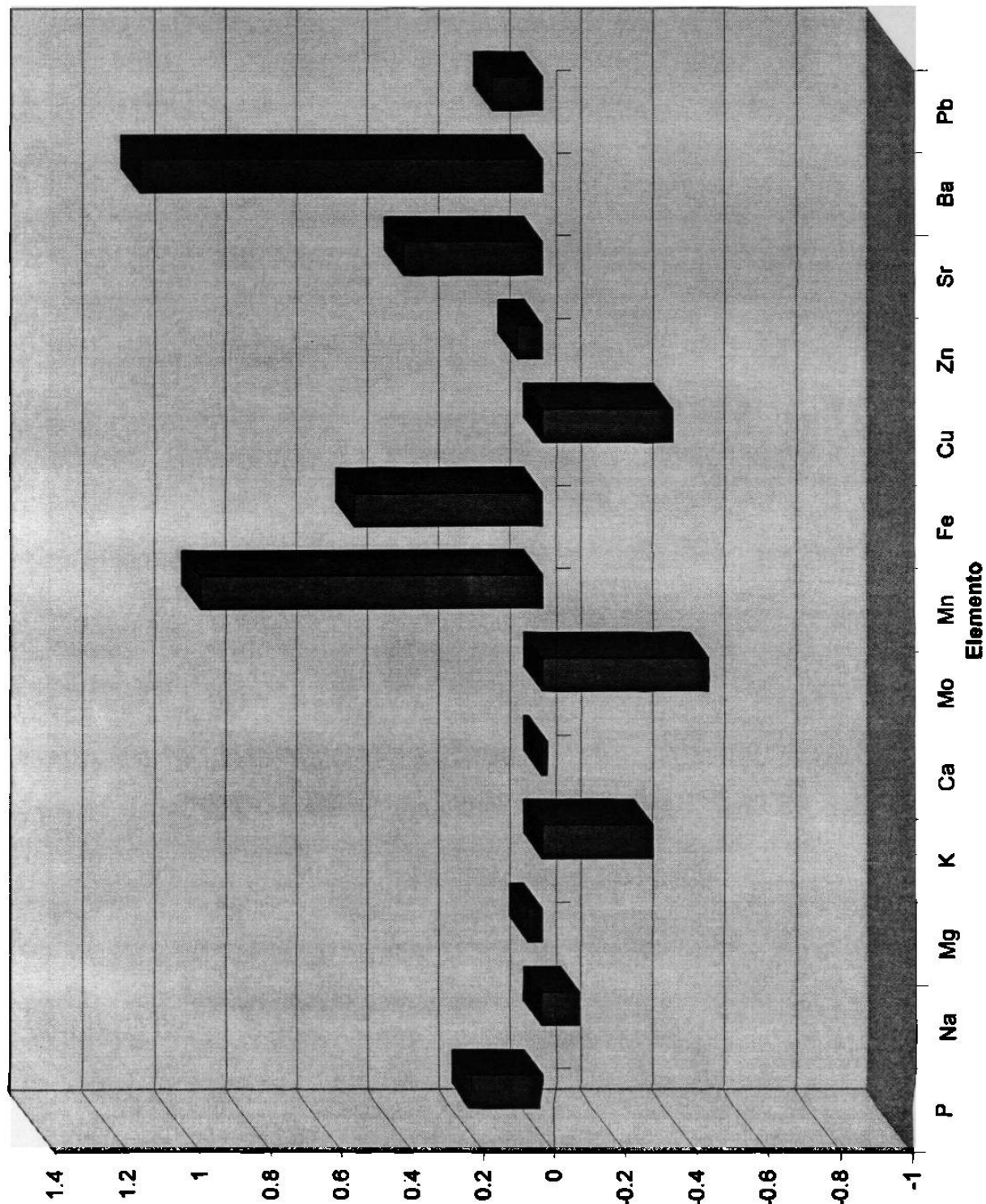
Tratamiento	P	Na	Mg	K	Ca	Mo	Mn
1 AF	.2008±.2172	-.1039±.0273	.0399±.0270	-.3089±.1133	-.0140±.04054	-.4636±.1042	.9621±.1.1601
2 AF+M	-.0443±.2973	-.0258±.0329	-.0084±.0226	-.3274±.0689	-.0329±.0012	-.5061±.1181	.1456±.2720
3 BF	.173±.4260	-.0560±.0375	.0431±.0384	-.2505±.0521	-.0352±.0015	-.5606±.0429	.1109±.1255
4 BF+M	.1131±.2421	-.0222±.0849	.0452±.0279	-.2091±.2257	-.0367±.0012	.2727±1.4178	.2102±.0675

Tabla No. 15 (Continuación)

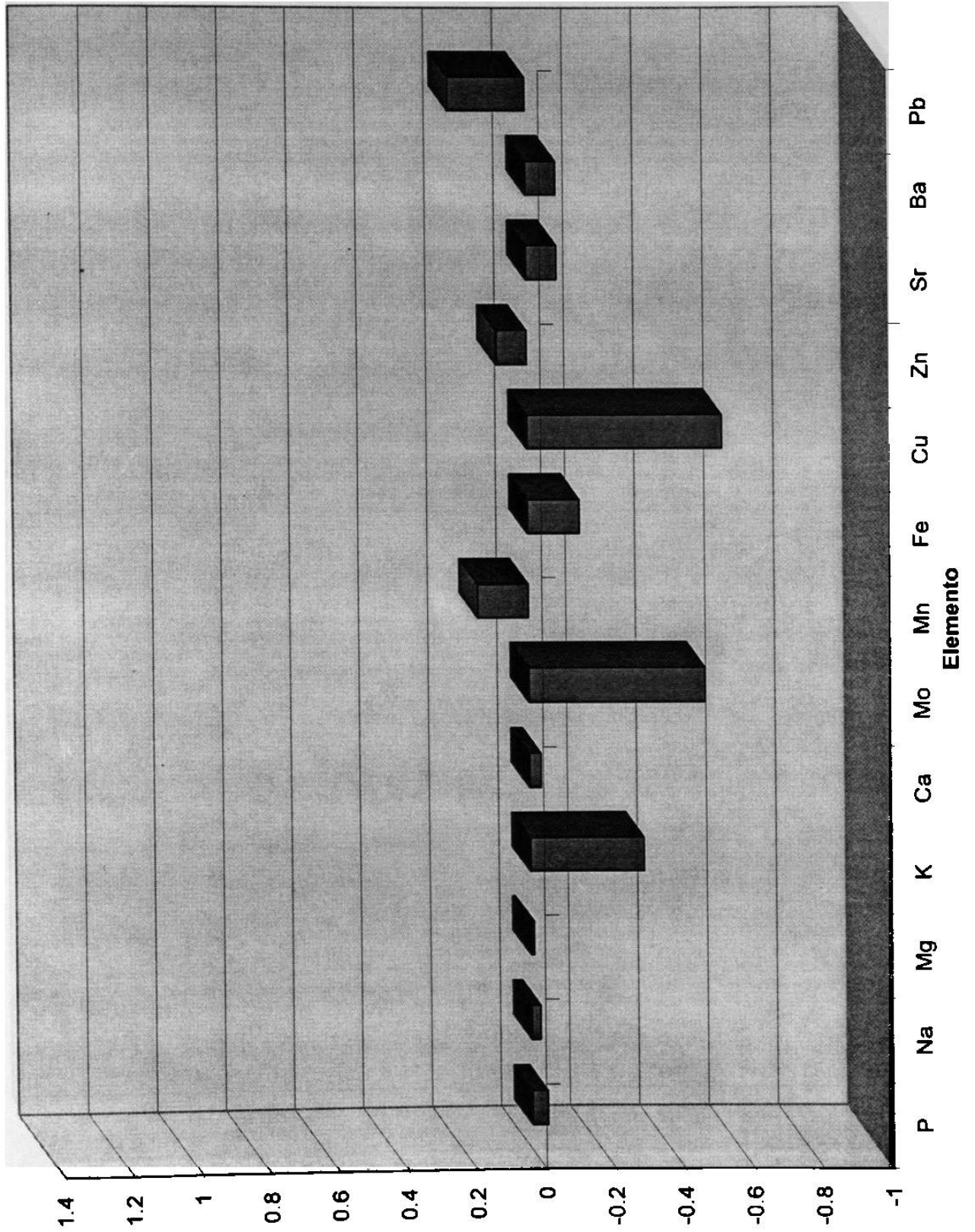
Tasa de fijación de minerales en tibias en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Sr	Ba	Pb
1 AF	.5266±.7240	-.3624±.0615	.0719±.1178	.3902±.0468	1.1310±.2553	.1407±.0466
2 AF+M	-.1495±.1435	-.5598±.0613	.0882±.0754	-.0875±.0626	-.0862±.0839	.2229±.0610
3 BF	.1677±.2917	-.4789±.0515	.0842±.0501	.2717±.1799	.5872±.3076	.1114±.0442
4 BF+M	.0756±.4215	-.5607±.0474	.0243±.0222	-.0380±.1981	.0199±.4483	.2010±.0713

Gráfica No. 1
 Tasa de Fijación de Minerales en Tibia
 Tratamiento 1 (AF)



Gráfica No. 2
 Tasa de Fijación de Minerales en Tibia
 Tratamiento 2 (AF+M)



Gráfica No. 3
 Tasa de Fijación de Minerales en Tibia
 Tratamiento 3 (BF)

