



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

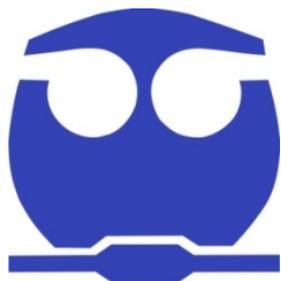
**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD PROTEÍNIC Y
BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO Y CALCIO EN LA MEZCLA DE
FRIJOL PERUANO COCIDO Y HARINA DE MAÍZ
NIXTAMALIZADO MEDIANTE MÉTODOS BIOLÓGICOS**

TESIS MANCOMUNADA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

P R E S E N T A N :

**MARÍA FERNANDA JUANDEABAURRE ALCÁNTARA
ALEJANDRA RODRÍGUEZ VIVAS**



MÉXICO, D.F.

2013



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: CORNEJO BARRERA LUCÍA
VOCAL: Profesor: ABURTO ANELL JORGE ARTURO
SECRETARIO: Profesor: SÁNCHEZ CHINCHILLAS ARGELIA
1er. SUPLENTE: Profesor: MINA CETINA ALEIDA
2º SUPLENTE: Profesor: GONZÁLEZ OSNAYA LILIANA ROCÍO

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Edificio "A" laboratorio 4C de la Facultad de Química y el bioterio del conjunto "E"

ASESORA:

M. en C. Lucía Cornejo Barrera

SUSTENTANTES:

María Fernanda Juandeabaurre Alcántara

Alejandra Rodríguez Vivas

Esta tesis forma parte del proyecto PAPIIME PE203210 "Desarrollo y validación de métodos biológicos empleados en la determinación de la calidad nutrimental de un alimentos, basado en ganancia de peso corporal, balance de nitrógeno y energía y su biodisponibilidad".

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL FRIJOL PERUANO.....	4
2.1.1 Composición Química	4
2.1.2 Clima	6
2.1.3 Siembra	7
2.1.4 Cosecha	7
2.1.5 Producción	7
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ	8
2.2.1 Composición Química	9
2.2.2 Clima	11
2.2.3 Siembra	11
2.2.4 Suelo	12
2.2.5 Producción	12
2.3 BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS INORGÁNICOS	13
2.3.1 Hierro	14
2.3.2 Calcio.....	17
2.4 CALIDAD DE PROTEÍNA:	18
2.4.1 Ensayos Biológicos Para Evaluar La Calidad De Una Proteína... 20	
2.4.2 Factores A Considerar Para Realizar Una Prueba Biológica	21
2.4.3 Relación de la Eficiencia de la Proteína (REP)	22
2.4.4 Relación Neta de la Proteína (RNP)	23
2.4.5 Digestibilidad (D)	24
2.5 COMPLEMENTACIÓN DE PROTEÍNAS	25
3. OBJETIVOS.....	27
4. METODOLOGÍAS.....	28
4.1 SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA:	29
4.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA:	29

4.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO:.....	29
4.4 DETERMINACIÓN DE HIERRO:	30
4.5 DETERMINACIÓN DE CALCIO:.....	33
4.6 MÉTODOS BIOLÓGICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA PROTEÍNA	36
4.6.1 Preparación de dietas para las pruebas biológicas.....	37
4.6.2 Selección y preparación de los animales:.....	38
4.6.3 Determinación de la Relación de la Eficiencia de la Proteína (REP)	40
4.6.4 Determinación de la Relación Neta de la Proteína (RNP)	41
4.6.5 Determinación de la digestibilidad de una proteína mediante un método <i>in vivo</i>	42
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
5.1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO:.....	44
5.2 MÉTODOS BIOLÓGICOS	46
5.2.1 Preparación De Dietas	46
5.2.2 Curvas de Crecimiento.....	48
5.2.3 PER, RNP y % Digestibilidad Aparente.....	50
5.3 BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO	56
5.4 BIODISPONIBILIDAD DE CALCIO.....	57
6. CONCLUSIONES	59
7. PERSPECTIVAS	60
8. REFERENCIAS	61
9. ANEXOS.....	66

1. INTRODUCCIÓN

El hombre obtiene cerca del 70% de alimentos directamente de los cereales y las leguminosas. Una gran proporción del resto de su alimento es derivado de animales que son alimentados por granos como el maíz y el frijol, de ahí su importancia biológica y económica.

Los granos de cereales y leguminosas constituyen una valiosa fuente de energía, proteína, nutrimentos inorgánicos y vitaminas para la población mundial. Sin embargo, la presencia de factores tóxicos y antinutricionales en dichos alimentos son una de las principales desventajas, ya que limitan su calidad nutrimental y alimenticia. Se ha encontrado que con tratamientos térmicos se reducen algunos de estos factores.

En las zonas rurales de México, la tortilla aporta el 65% y el frijol el 15% de la energía y proteína de la dieta, y esta combinación permite la sobrevivencia de estas comunidades debido a la complementación que ocurre entre la tortilla (maíz) y el frijol, evitando la desnutrición.

El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar nutrimentalmente al Frijol Peruano, Harina de Maíz Nixtamalizada MASECA (HMN) y la mezcla Frijol Peruano:HMN (50:50) de proteína, así como las dietas de referencia de Caseína al 7% y 10% y el efecto de la adición del Calcio y del Hierro, como citrato de calcio y fumarato ferroso respectivamente, para conocer su biodisponibilidad y así generar información para la creación de una base de datos para su consulta.

2. ANTECEDENTES

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL FRIJOL PERUANO

El frijol *Phaseolus vulgaris* se cultiva principalmente con el fin de cosechar semilla seca, ésta provee del 20 al 50% de la proteína de las poblaciones rurales. La proteína presenta un alto contenido de lisina que junto con la proteína de los cereales constituye un buen complemento alimenticio.

Se considera un alimento de alto valor energético por su aporte de 70% de hidratos de carbono totales. Además aporta cantidades importantes de nutrimentos inorgánicos (calcio, hierro y magnesio), Vitaminas A, B₁ (Tiamina) y C (ácido ascórbico).⁽¹⁾

2.1.1 Composición Química

a) Proteínas

El frijol presenta un alto contenido proteínico, el cual varía del 18 al 37% en granos secos. Sin embargo, estas proteínas son de baja eficiencia de conversión, ya que son deficientes en los aminoácidos azufrados como metionina y cisteína.

Los principales tipos de proteínas presentes en el frijol son las globulinas y las albúminas, siendo las primeras el constituyente mayoritario (alrededor del 85%) del contenido proteínico.

b) Grasas

El contenido de grasa en el frijol es muy bajo; varía de un 0.8 a un 2.2%. En general, aporta ácidos grasos insaturados como el oleico, el linoleico y el linolénico, siendo los dos últimos indispensables para el hombre.

c) Hidratos de carbono

El frijol contiene desde un 47 hasta un 71% de hidratos de carbono, de los cuales del 15 al 20% son indigeribles. De esta proporción se representan dos fracciones en relación a su solubilidad acuosa.

Insolubles en agua.- Representan de un 12 a un 15%, compuestos principalmente de fibra cruda (celulosa, hemicelulosa y lignina).

Solubles en agua.- Estos hidratos de carbono están presentes del 5 al 8%, constituido principalmente por pectinas y oligosacáridos.

d) Nutrimientos Inorgánicos

El frijol contiene del 3 al 4% de nutrimentos inorgánicos, principalmente fósforo, potasio y magnesio, entre otros, siendo buena fuente de calcio y hierro.

e) Vitaminas

Los granos de *Phaseolus vulgaris*, son buena fuente de vitamina B₁, pero presentan bajos contenidos de vitamina K.

f) Factores Antinutricionales y Tóxicos

Entre los factores tóxicos y antinutricionales que contiene el frijol, se encuentran:

Antinutricionales: ⁽²⁾

- Ácido fítico: se relaciona con la baja digestibilidad de la proteína y reducción de la biodisponibilidad de los nutrimentos inorgánicos, entre otros. ⁽³⁾
- Inhibidores de enzimas como la tripsina, quimotripsina, amilasa y *proteasa*. Es termolábil, por lo tanto, se destruye por acción del

calor. Provocan un retraso en el crecimiento y una hipertrofia pancreática en las ratas.⁽⁴⁾

- Saponinas: Su actividad hemolítica y su capacidad de bajar los niveles de colesterol en la sangre son una de sus características más importantes. Imparten sabor amargo y deben ser eliminadas para que el grano pueda ser consumido.^(5, 6)
- Factores productores de flatulencia: Se presentan al consumir alimentos que contienen oligosacáridos y otros compuestos no biotransformables. El ser humano no posee actividad enzimática para algunos oligosacáridos por lo que la microbiota intestinal al fermentarlos produce gases como: dióxido de carbono, hidrógeno y metano, causantes de este malestar.

Tóxicos:

- Hemaglutininas: Se eliminan con el calor. Pueden ser la causa de colitis y retraso en el crecimiento. Son moléculas que alteran algunas funciones de los enterocitos. Las hemaglutininas se les conoce por su propiedad de aglutinar los eritrocitos tanto de la sangre humana como de otros animales *in Vitro*.

2.1.2 Clima

La planta de Frijol es susceptible a condiciones extremas; exceso o falta de humedad, por tal razón debe sembrarse en suelos de textura ligera y bien drenado. El pH óptimo para sembrar Frijol, fluctúa entre 6.5 y 7.5. Las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo oscilan entre 10 °C a 27 °C.⁽⁷⁾

2.1.3 Siembra

Se recomienda que antes de sembrar se debe estar seguro que el suelo tenga suficiente humedad para garantizar una germinación uniforme. Se deben distribuir 11 semillas por línea en surcos separados a 50 cm, utilizando 56 kg/ha de semilla, con ello se puede alcanzar una población igual o mayor a 220 000 plantas por hectárea.⁽⁷⁾

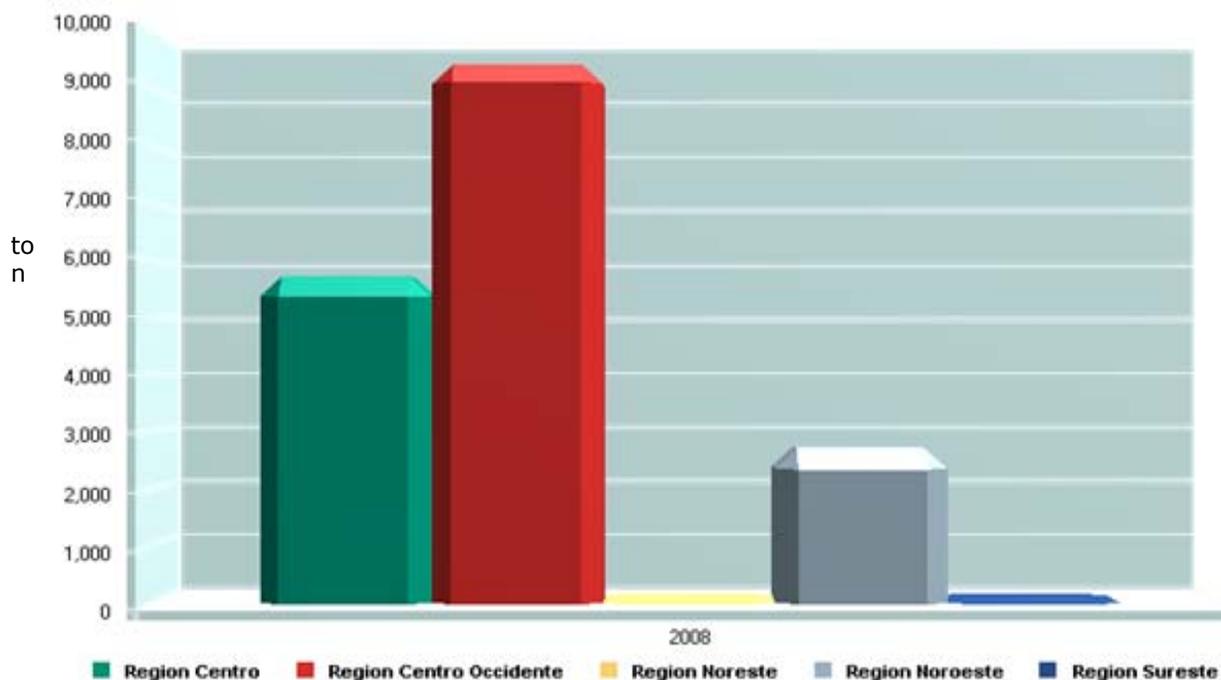
2.1.4 Cosecha

Se debe cosechar cuando las vainas de la parte inferior de la planta están secas, la cosecha se inicia con el arranque de las plantas para acelerar el secado. Las plantas se dejan secar en el campo, posteriormente se trilla; es recomendable hacerlo en forma manual a fin de no dañar la semilla, la selección de los granos es muy importante para mejorar la calidad.⁽⁷⁾

2.1.5 Producción

En la gráfica 1 se muestra la producción de Frijol Peruano para todas las regiones del país en el año 2008. Destaca la producción en la región centro-occidente con una producción de 9500 ton aproximadamente que corresponde a los estados de Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.

GRÁFICA 1. Producción de Frijol Peruano 2008 ⁽⁸⁾



2.2. CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ

El maíz (*Zea mays*) es un cultivo de origen ancestral de las zonas de México y América central. En la actualidad su cultivo está difundido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una de las principales posiciones. Estados Unidos de Norteamérica es otro de los países que destaca por su alta participación en el cultivo de maíz.⁽⁹⁾

Su origen no está muy claro pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues ahí es donde se encontraron los hallazgos más antiguos.

El maíz se ha convertido, tanto en México como en buena parte del mundo, en sustento permanente de múltiples grupos campesinos, es un

alimento barato de millones de personas y materia prima estratégica de la ganadería mundial y la industria de alimentos.

2.2.1 Composición Química

El maíz es un cereal rico en hidratos de carbono y pobre en el contenido de las proteínas. Su proteína principal es la zeína, la cual presenta deficiencia de dos aminoácidos indispensables (lisina y triptófano), haciéndola una proteína de baja eficiencia de conversión.

a) Proteínas⁽¹⁰⁾

En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo.

b) Grasas⁽¹⁰⁾

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18%.

c) Hidratos de carbono⁽¹⁰⁾

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3% del grano.

El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además de almidón.

d) Nutrientos inorgánicos⁽¹⁰⁾

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1 a 3%, sólo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. Los

factores ambientales influyen probablemente en dicho contenido. El germen es relativamente rico en nutrimentos inorgánicos, el germen proporciona cerca del 78% del grano. El nutrimento inorgánico que más abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio. Como sucede con la mayoría de los granos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de calcio y de oligoelementos.

e) Vitaminas ⁽¹⁰⁾

Liposolubles

El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A o carotenoide, y la vitamina E.

Los carotenoides se encuentran en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente pequeñas cantidades en el germen.

La vitamina E se encuentra principalmente en el germen. Esta vitamina está formada por cuatro compuestos orgánicos llamados tocoferoles.

Hidrosolubles

Las vitaminas solubles en agua se encuentran en menor cantidad en el germen y el endospermo. Esta distribución tiene importancia al procesar el cereal debido a que da lugar a pérdidas considerables de vitaminas.

Se han encontrado cantidades variables de tiamina y riboflavina en el grano del maíz; su contenido está determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética, aunque se han encontrado diferencias en el contenido de estas vitaminas entre las distintas variedades.

f) Factores Antinutricionales y Tóxicos

Antinutricionales: ⁽⁴⁾

- Inhibidor de proteasa.
Alteración del crecimiento y de la utilización de alimentos; hipertrofia pancreática.
- Ácido fítico.
Se relaciona con la baja digestibilidad de la proteína y reducción de la biodisponibilidad de los nutrimentos inorgánicos, entre otros.

2.2.2 Clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C.

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrimentos inorgánicos y agua.

2.2.3 Siembra

Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance una temperatura de 12°C. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o en surcos a una profundidad de 5 cm. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm. La siembra se realiza en el mes de abril de preferencia.

2.2.4 Suelo

El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelos, principalmente aquellos con pH entre 6-7. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica.

2.2.5 Producción

El maíz es un cereal de producción mundial, cuya adaptabilidad permite su cultivo en más de 113 países.

En México es el principal cultivo, dada su importancia en la ingesta alimenticia diaria de la población. No obstante, de los más de 30 millones de toneladas que se consumen anualmente, sólo 21.5 millones son producidas nacionalmente. Es decir, somos deficitarios en cerca de 28.1% del consumo nacional aparente.

De acuerdo con los datos del United States Department of Agriculture (USDA), a nivel internacional, México ocupó durante los años 2007 y 2008 el cuarto lugar en producción, llegando hasta el séptimo en el 2011, producto de la intensa sequía y heladas que se presentaron en dicho año. En contraste, durante el 2012 debido a mejores condiciones climatológicas se recuperó la quinta posición en volumen de producción mundial.

Los tres principales productores por volumen de producción del grano son Estados Unidos, China y Brasil. Se destaca China por el mayor dinamismo en su cosecha, con una Tasa Media Anual de Crecimiento (TMAC) de 6.4%, entre el 2007 y el 2012. Por su parte, Estados Unidos presentó una TMAC de -3.7%, dejando de lado la afectación de la sequía severa del 2012, su tendencia decreciente es constante. El promedio de

producción de los últimos tres años en EU es 9.0% inferior a la producción del 2007.

La TMAC de México es de -1.8%, en los últimos seis años. Si bien la producción estimada de 21.5 millones de toneladas del 2012 es la más alta de los últimos cuatro años, no se puede negar la tendencia decreciente. Ante la disminución en la cosecha del principal productor mundial, México debe canalizar mayores esfuerzos para incrementar la producción nacional a través del incremento en los rendimientos, uso de insumos de mayor calidad y prácticas productivas sustentables. ^(11*)

2.3 BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS INORGÁNICOS

La biodisponibilidad ha llegado a ser un término de utilidad en los últimos años para describir el estado químico o fisicoquímico de los nutrientes inorgánicos dentro de la luz del intestino delgado. Se entiende por disponibilidad la proporción de un determinado nutriente que puede ser absorbida y utilizada por el organismo de los alimentos ingeridos que lo contienen.

La biodisponibilidad es algo inherente a cada nutriente. Los factores que la afectan y el grado con que lo hacen varían enormemente de un nutriente a otro, pues los mecanismos de absorción, distribución, almacenamiento, utilización orgánica y excreción son propios de cada nutriente. ⁽¹³⁾

En cada nutriente es posible distinguir dos tipos de factores que pueden afectar su biodisponibilidad: los fisiológicos y los dietéticos. Entre los factores fisiológicos se encuentran, la salud del individuo,

gestación o lactancia, factores individuales como el sexo, la raza, la edad, entre otros.

Dentro de los factores dietéticos, los más destacados son: la cantidad de nutrimento presente en el alimento, la forma química del mismo y la presencia de otros componentes del alimento que puedan interactuar con él. Las interacciones que se pueden presentar entre los componentes de alimentos son muy variados. Básicamente, se pueden describir dos tipos de interacciones, aquellas por las que un componente incrementa la utilización orgánica de un nutrimento (sinergismo), y la contraria, es decir, cuando la presencia de un componente alimentario reduce la utilización orgánica de un nutrimento concreto (antagonismo).

(13)

2.3.1 Hierro

Los nutrimentos inorgánicos se clasifican atendiendo a las cantidades que son necesarias para el organismo. Los elementos principales son los que están presentes en mayor proporción en los tejidos por lo que tienen que ser aportados en mayores cantidades por la dieta, se conocen como macroelementos y dentro de este grupo se incluyen: azufre, calcio, cloro, fósforo, magnesio, potasio y sodio. Mientras que los elementos trazas son necesarios en cantidades menores, también se les conoce como microelementos, incluyen al zinc, cobalto, cobre, cromo, flúor, hierro, manganeso, molibdeno, selenio y yodo.⁽¹⁴⁾

El hierro es un nutrimento inorgánico que se ingiere a través de la dieta en dos formas: "hemo" y "no hemo". La importancia de estas formas es que la "hemo" se absorbe mejor que la "no hemo". Además existen otros factores que influyen en la absorción, como por ejemplo: los

niveles séricos bajos favorecen la absorción de hierro, la interacción con otros componentes de la dieta como la vitamina C que favorece la transformación del hierro a su forma ferrosa, entre otros. Sin embargo, existen sustancias que pueden reducir su absorción especialmente aquellas que forman compuestos insolubles con el hierro, por ejemplo: los complejos estables que forma con el ácido fítico y el ácido oxálico. (14)

2.3.1.1 Absorción y Excreción

El hierro de la dieta se presenta mayormente en forma férrica que es poco absorbible debido a su insolubilidad al pH intestinal (16), por lo que es necesaria su reducción a forma ferrosa. El ácido clorhídrico del estómago, junto con la pepsina, favorecen la solubilización del mismo por su reducción a estado ferroso. Por lo anterior, factores que disminuyen la acidez del estómago pueden reducir la absorción de este nutrimento inorgánico. (17)

Hierro inorgánico

En el estómago parte de las sales férricas se reducen a ferrosas debido al bajo pH gástrico y a la acción de la vitamina C que favorece esta reacción. Del estómago el hierro ingerido pasa al duodeno donde las sales férricas restantes son transformadas en sales ferrosas por las ferroreductasas. Todo el hierro inorgánico debe ser convertido en Fe (II) porque el intestino delgado es capaz de absorber las sales ferrosas pero no las férricas. De todo el hierro inorgánico ingerido en la dieta solo cerca del 2% se absorbe. (18)

El hierro puede ser absorbido a lo largo de todo el intestino, pero su absorción es más eficiente en el duodeno y la parte alta de yeyuno. (15)

La excreción del hierro se realiza fundamentalmente mediante la descamación de enterocitos con un alto contenido de ferritina a la luz intestinal y en cantidades muy pequeñas, a través de la excreción fecal, el sudor y la exfoliación normal del pelo y la piel. ⁽¹⁸⁾

2.3.1.2 Metabolismo

Transporte y depósito de oxígeno en los tejidos

La hemoglobina, transporta el oxígeno desde los pulmones hacia el resto del organismo, mientras que la mioglobina juega un papel fundamental en el transporte y el almacenamiento de oxígeno en las células musculares, regulando el oxígeno de acuerdo a la demanda de los músculos cuando éstos se contraen.

2.3.1.3 Fuentes dietéticas de hierro

En la Tabla 1. se presentan algunos alimentos con el contenido de hierro hemo y no hemo.

Tabla1. Contenido de hierro en algunos alimentos.

Alimento	Porción	Hierro en mg/porción
Cereales, 100% fortificados con hierro	30 g	18
Avena instantánea fortificada, preparada con agua	200 g	10
Lentejas hervidas	200 g	6.6
Frijoles hervidos	200 g	5.2
Cereales, fortificado con 25% de hierro	30 g	4.5
Pan de harina integral/harina blanca	1 rebanada	0.9
Carne de cerdo, asada	100 g	0.9
Pollo, pechuga asada	100 g	1.1
Atún, enlatado en agua	100 g	0.9

2.3.2 Calcio

El calcio es el nutrimento inorgánico más abundante en el cuerpo humano. Alrededor del 99% del calcio contenido en el cuerpo se encuentra en los huesos y los dientes, mientras que el otro 1% se encuentra en la sangre y los tejidos blandos.⁽¹⁹⁾

Los niveles de calcio en la sangre están regulados por la hormona paratiroidea y no por la ingestión de calcio en la dieta. Cuando el nivel de calcio en la sangre es muy bajo la hormona paratiroidea genera la movilización de calcio del hueso hacia la sangre.⁽²⁰⁾

El calcio junto con el fósforo, son constituyentes de la fase mineral del hueso que, depositados sobre las proteínas de la matriz ósea, dan rigidez al tejido y le confieren sus propiedades mecánicas de protección y sostén.

2.3.2.1 Absorción del calcio

El calcio se absorbe fundamentalmente en el duodeno y el yeyuno. La capacidad de absorción viene condicionada por la biodisponibilidad del calcio aportado por la dieta y por la propia cantidad de calcio ingerido.

En circunstancias normales se absorbe aproximadamente un 30% del calcio aportado por la dieta. Las dietas pobres en calcio y falta de vitamina D son las causas más frecuentes del déficit de absorción del calcio.⁽²¹⁾

2.3.2.2 Metabolismo

El calcio de los tejidos blandos, además de iniciar el proceso de coagulación de la sangre y de activar diversas enzimas, ejerce otra serie de funciones reguladoras.

- ❖ En la membrana celular el calcio está íntimamente unido a la lecitina, controlando la permeabilidad de la membrana celular y con ello el paso de nutrimentos a la célula.
- ❖ El calcio estimula la contracción muscular, un exceso de calcio en la sangre puede dar lugar a un estado de contracción tónica conocido como rigor cálcico.^(22, 23, 24)

2.3.2.3 Fuentes dietéticas de calcio

En la Tabla 2. Se presentan alimentos representativos por su contenido de calcio.

Tabla 2. Contenido de calcio en algunos alimentos.

Alimento	Porción	Calcio en mg
Queso Gruyere	100 g	560-850
Queso Manchego fresco	100 g	470
Sardinas en aceite	100 g	400
Almendras	100 g	240
Yogurt	100 g	180-127
Natillas	100 g	140
Leche de vaca	100 g	130
Chocolate con leche	100 g	120
Nueces	100 g	70
Lentejas	100 g	56
Huevo de gallina	100 g	51
Bacalao	100 g	51
Sardinas	100 g	43

Fuente: Asociación Contra la Osteoporosis. 2010.

2.4 CALIDAD DE PROTEÍNA:

El término "calidad proteínica" se refiere a la capacidad de una proteína de la dieta para incorporarse en las proteínas corporales y se puede

estimar a través de varios indicadores, dentro de los que se destaca el valor biológico o "calificación química".⁽⁵¹⁾

Este concepto hace referencia a la cantidad, variedad y biodisponibilidad de aminoácidos contenidos en las proteínas de la dieta, de manera que aquellas proteínas de elevada calidad son las que poseen todos los aminoácidos indispensables y biodisponibles.

El valor biológico de una proteína es la fracción de nitrógeno absorbido que es retenido por el organismo, lo cual representa la capacidad máxima de utilización de una proteína. En otras palabras, una proteína tiene mayor valor biológico, o es de alta eficiencia de conversión, cuando tiene mayor capacidad de brindar nitrógeno al organismo.

Las proteínas de alto valor biológico están contenidas y son incorporadas al organismo al consumir, carnes, lácteos, y huevo. Los productos de origen vegetal, a diferencia de los de origen animal contienen proteína deficiente, por lo que son de bajo valor biológico. Así, cuando una proteína es deficiente, se debe corregir en composición de manera tal de incrementar su valor biológico.

El mejoramiento de la calidad de una proteína se logra aplicando el método de la suplementación. Este método consiste en la complementación de diferentes proteínas (mezcla entre proteínas) para aumentar la calidad.

La mejora de proteínas basada en productos de origen vegetal presupone cuatro elementos básicos que se deben combinar entre sí en grupos de a dos o más. Estos son: las leguminosas, los cereales, los lácteos vegetales y las frutas secas o semillas.⁽²⁵⁾

2.4.1 Ensayos Biológicos Para Evaluar La Calidad De Una Proteína

La obligación de evaluar la calidad nutritiva de una proteína creó la necesidad de generar diversos métodos para determinarla. Existen métodos químicos como el aminograma, la calificación química entre otros y los métodos biológicos. Estos métodos incluyen el balance de nitrógeno, la digestibilidad, ganancia en peso y otros, aplicado a animales de experimentación (bioensayos).

Aunque se cuenta con métodos químicos y físicos para la evaluación de las proteínas, los estudios con animales de laboratorio tienen mayor relevancia al momento de evaluar los diversos elementos nutritivos útiles para el cuerpo humano. Los resultados obtenidos pueden ser extrapolados al ser humano.

Hegsted y Mitchell, reportaron, de manera independiente, que el hombre tiene un metabolismo semejante a la rata en cuanto a la utilización de los alimentos proteínicos en lo que concierne al crecimiento, indicando que los resultados de las pruebas de crecimiento en ratas podían ser aplicables para la evaluación de dietas en humanos. Por esta razón y las mencionadas a continuación, las ratas son ampliamente utilizadas en ensayos biológicos:

- Las ratas son animales omnívoros que pueden ser alimentados con la misma ración a lo largo de toda su vida, si dicha ración es adecuada nutritivamente hablando.
- Son de fácil manejo y cuidado.
- Hay un largo periodo después del destete, durante el cual continua creciendo e incrementando su peso corporal, lo cual es de suma importancia en los estudios nutrimentales, donde se requiere de

animales que continúen ganando peso durante periodos extensivos.⁽²⁶⁾

2.4.2 Factores A Considerar Para Realizar Una Prueba Biológica

- **Edad de la rata.** Existe una diferencia altamente significativa entre los resultados de REP obtenidos con ratas de 22, 36 y 45 días de edad. La A.O.A.C. recomienda ratas entre las edades de 21 a 23 días de nacidas.⁽²⁰⁾
- **Tiempo de experimentación.** Se han realizado diferentes estudios empleando diversos periodos de tiempo que fluctúan entre 10 y 28 días. Sin embargo, se encontró que la ganancia en peso de los animales cambia progresivamente con la edad, por lo que es importante utilizar animales de la misma edad y peso previa experimentación, recomendándose utilizar animales jóvenes los cuales van a utilizar la proteína ingerida para el crecimiento incorporándola a sus tejidos. Es recomendable un periodo de tiempo de 10 días, ya que se obtiene una menor variación estándar. Champan demostró que la variación aumenta entre los animales después de las 4 semanas de experimentación.
- **Nivel de proteína.** Los resultados obtenidos en los ensayos biológicos varía de acuerdo al nivel de proteína, esto se ha relacionado con las diferencias en el contenido de aminoácidos en la proteína de prueba. Por esta razón, se considera que el nivel adecuado de proteína en una dieta experimental es del 10% para determinar la calidad de una proteína.
- **El sexo de la rata.** Se ha demostrado que las ratas hembras dan valores máximos de crecimiento que los que dan los machos en dietas con bajo nivel de proteína. Las hembras no ganan peso tan rápidamente como los machos y la variación entre grupos no fue consistentemente pequeña. Por estas razones se prefiere el empleo de machos.

- **La estirpe de la rata.** Se ha demostrado que existen diferencias significativas con diferentes estirpes de ratas.

Además de estos factores hay que considerar que no debe existir diferencia entre los ingredientes de una dieta. Los ingredientes presentes en las dietas experimentales deben estar presentes en el mismo nivel y ser del mismo tipo en todos los casos, para evitar diferencias que puedan afectar los resultados. La reproducibilidad de los resultados obtenidos en los ensayos biológicos depende de muchos detalles del ensayo, el cual debe estar muy bien estandarizado. Los factores más importantes son: el nivel de proteína, la especie, la edad y sexo del animal, duración del ensayo, método de alimentación, el uso de condiciones ambientales adecuadas. ⁽²⁶⁾

2.4.3 Relación de la Eficiencia de la Proteína (REP)

El nivel de crecimiento de un animal bajo condiciones bien definidas, es un buen índice para evaluar la calidad nutritiva de un alimento. Si la proteína en estudio es insuficiente en uno o más aminoácidos indispensables se refleja en el crecimiento, ya que este puede ser reducido o no presentarse. En 1919 Osborne, Mendel y Ferry introdujeron el concepto de PER ("Protein Efficiency Ratio"), el cual es el procedimiento más ampliamente usado dentro de las pruebas biológicas en la evaluación de una fuente de proteína.

Generalmente se acepta que el incremento en peso de ratas destetadas alimentadas con una dieta, bajo condiciones estandarizadas, provee una medida confiable del valor nutritivo de una proteína dietética. Factores tales como la edad, sexo, tiempo de experimentación, entre otros; pueden afectar la determinación del REP. Se define como la ganancia en peso por gramo de proteína ingerida.

A pesar de que da buenos resultados en el caso de productos que sólo contienen pequeñas cantidades de proteína, este ensayo es incapaz de asignar un valor a las proteínas de baja calidad que sólo pueden ser adecuadas para cubrir una parte de las necesidades de mantenimiento de la proteína. No es recomendable la evaluación de una proteína la cual no se puede estandarizar el valor negativo.

Esta técnica permite categorizar a las proteínas por orden de calidad, sobre todo cuando son ensayadas simultáneamente. La crítica más fuertemente hecha al REP es que considera que toda la proteína ingerida es utilizada para el crecimiento. De lo anterior se deriva la necesidad de contar con métodos de balance de nitrógeno. El balance de nitrógeno es afectado por muchos factores, incluyendo el nivel de proteína, el balance de aminoácidos, la ingesta calórica, la presencia de hormonas y la estación del año. ⁽²⁰⁾

2.4.4 Relación Neta de la Proteína (RNP)

Bender y Doell propusieron el uso de la Relación Neta de la Proteína (NPR), el cual es simplemente la pérdida de peso del grupo de control negativo (grupo con dieta libre de nitrógeno, DLN) más la ganancia en peso del grupo de prueba, todo esto entre la proteína ingerida. El NPR salva el inconveniente de no poder asignar un valor a las proteínas de baja calidad, pues determina la cantidad de peso corporal que se perdería si no se ingiriese proteína durante un periodo de tiempo determinado, ya que antes de que se consiga incrementar el peso corporal la proteína problema tiene que cubrir o compensar esta pérdida de peso.

Esta prueba es similar al PER y estima la cantidad de peso corporal que tiene que ser repuesto antes de que la proteína problema sea usada para el crecimiento, alimentando a un grupo de ratas con una dieta exenta de proteína y midiendo la pérdida de peso. Puede determinar incluso el valor nutritivo de las proteínas de baja calidad, pero no puede evaluar la presencia de algún factor tóxico o antinutricional en la proteína y, por lo tanto, puede sobreestimar su calidad. ⁽²⁷⁾

En esta prueba se asume que la proteína requerida para prevenir la pérdida endógena de las ratas alimentadas con una dieta libre de nitrógeno (DLN), es equivalente a la proteína necesaria para el mantenimiento de los animales; sin embargo, una falla en esta determinación es que frecuentemente sobreestima el valor de las proteínas de baja calidad.

2.4.5 Digestibilidad (D)

La digestibilidad (D) es la disponibilidad de los aminoácidos constituyentes de la proteína para ser absorbidos por el organismo de prueba, la cual está influenciada por la solubilidad y la susceptibilidad de la proteína al ataque enzimático, la presencia de algunos factores antinutricionales, daño durante el procesamiento de ciertos alimentos o preparación de concentrados o aislados de proteína. ⁽²⁷⁾

En general se conoce que los alimentos proteínicos de origen animal son más digeribles que los de origen vegetal. Lo anterior se atribuye a que los alimentos de origen animal tiene un menor contenido de fibra y como consecuencia una mayor absorción de los nutrimentos, a diferencia de los alimentos de origen vegetal, los cuales tiene un mayor

contenido de fibra, en especial los alimentos vegetales no procesados.⁽²⁸⁾

Otros factores que pueden influir en la digestibilidad de la proteína son los siguientes:

El procesamiento térmico en ocasiones puede mejorar la digestibilidad, debido a la desnaturalización de las proteínas nativas y hacerlas más susceptibles a la acción de las enzimas digestivas; sin embargo, lo anterior se puede revertir cuando hay un sobre procesamiento, ya que se puede modificar la solubilidad de las proteínas y hacerlas poco digeribles.

Algunos alimentos de origen vegetal, pueden contener factores tóxicos y antinutrientales que disminuyen la capacidad de absorción de la mucosa intestinal o bien, disminuyen la biodisponibilidad de los aminoácidos.⁽²⁹⁾

La digestibilidad de una proteína alimenticia se puede determinar por procedimientos *in vivo* e *in vitro*. Los métodos *in vitro* simulan las condiciones y reacciones fisiológicas que se llevan a cabo dentro del organismo. A pesar de ser más prácticas, en muchas ocasiones este tipo de métodos aunque son más precisos y reproducibles, pueden dar resultados inexactos. Por lo tanto, hasta la fecha los ensayos *in vivo* para la digestibilidad, son los más confiables.⁽³⁰⁾

2.5 COMPLEMENTACIÓN DE PROTEÍNAS

Cuando se habla de proteínas e ingestión diaria se debe considerar que sea proteína de alta eficiencia de conversión, es decir, que tenga los aminoácidos indispensables necesarios en buena proporción. Las proteínas animales son de mayor valor biológico que las vegetales.

En el momento en que se combinan correctamente diferentes alimentos vegetales, cuyo aminoácido limitante sea diferente, se está mejorando la calidad de la proteína.

Un ejemplo práctico y sencillo es el de los cereales y leguminosas, estas combinaciones son comunes en la historia humana. Destacan las parejas formadas por la soya:arroz, garbanzo o la lenteja:trigo, frijol:maíz; pero hay muchas más y como regla general cualquier semilla de leguminosa forma una excelente pareja con cualquier semilla de cereal.

La excelencia de este tipo de combinación, cereal:leguminosa radica en que se complementan desde las perspectivas tanto sensorial como nutrimental. Esto se debe a que las deficiencias de aminoácidos son distintas en las semillas de los cereales que en el de las leguminosas, por ejemplo los cereales son deficientes en lisina y ricos en metionina, y las leguminosas son deficientes en metionina, sin embargo tienen mayor contenido de lisina.

De forma que al combinarse, el cereal cubre las deficiencias de aminoácidos azufrados de la leguminosa y está cubre la deficiencia de lisina del cereal dando como resultado un alimento de mejor calidad.⁽³¹⁾

Según los datos de la Organización Mundial de la Salud, el consumo en energía de las poblaciones rurales es de sólo el 43.3% de los requerimientos normales, un 56.6% provienen del maíz y el 17.1% del frijol y solo el 10.3% de grasas y aceites. El frijol y el maíz en conjunto aportan el 73.6% de las calorías consumidas.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

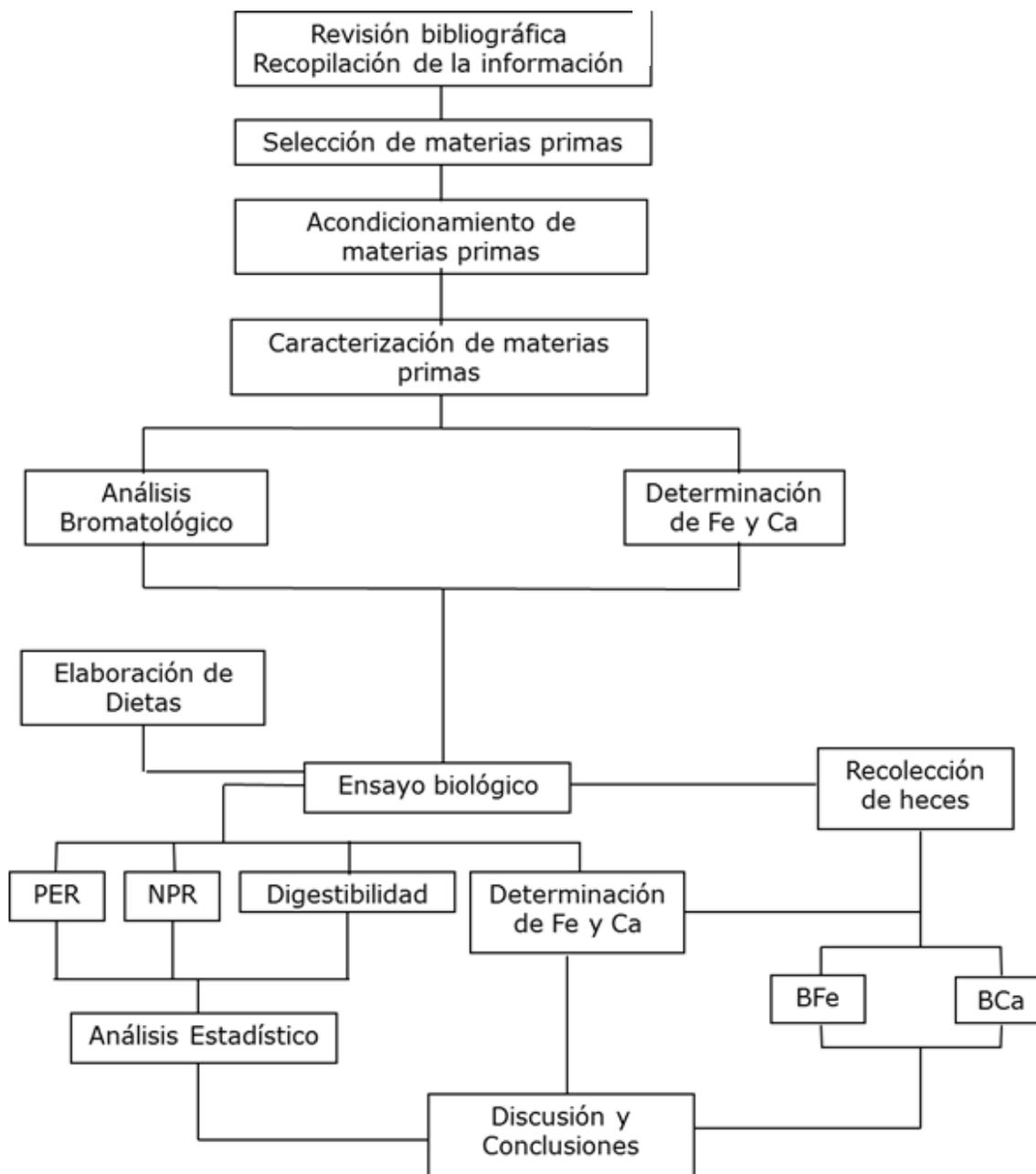
- ❖ Evaluar la calidad proteínica de la mezcla Frijol Peruano (*Phaseolus vulgaris*): Harina de Maíz (*Zea mays*) Nixtamalizado 50:50 de proteína, su suplementación y la biodisponibilidad de hierro y calcio, mediante métodos biológicos y químicos, con la finalidad de elaborar una base de datos.

Objetivos particulares / específicos

- ❖ Corroborar la composición bromatológica del Frijol Peruano, y de la HMN (Harina de Maíz Nixtamalizada).
- ❖ Evaluar la calidad de la proteína de la Mezcla de Frijol Peruano:HMN, así como de las materias primas: Frijol Peruano y HMN; mediante los siguientes ensayos biológicos: Relación de la Eficiencia de la Proteína (REP) y Relación Neta de la Proteína (RNP).
- ❖ Determinar la Digestibilidad de la proteína de la Mezcla de Frijol Peruano-HMN, mediante un método *in vivo*.
- ❖ Determinar la Biodisponibilidad del Hierro y del Calcio utilizando como vehículo al Frijol Peruano, la HMN y la Mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína, mediante el balance de estos nutrimentos en un ensayo biológico.

4. METODOLOGÍAS

Diagrama 1.



PER: Relación de la Eficiencia Proteica. BFe: Balance de Hierro
NPR: Relación Neta de la Proteína BCa: Balance de Calcio

4.1 SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA:

Se compraron 5 kilogramos de Frijol Peruano de la marca "Verde Valle" y 5 kilogramos de Harina de Maíz Nixtamalizado (HMN) de la marca "MASECA" en el Wal-Mart ubicado en Avenida Copilco.

4.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA:

El frijol peruano se limpió y se sometió a cocción en olla express; sin un remojo previo, por 25 minutos a partir del campaneo de la olla express.

La cocción se realizó kilogramo por kilogramo. Posteriormente, el frijol se secó en una estufa con corriente de aire a 60 °C. Después se molió en licuadora y se tamizó usando una malla de 20 mm; se pasó toda la muestra para evitar pérdidas. Terminado este punto la muestra se encuentra lista para homogeneizarse y para colocarse en recipientes que la protejan de la humedad y de contaminantes.

4.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO:

El análisis bromatológico tanto de las harinas de frijol peruano y de la harina de maíz nixtamalizada (HMN) se realizó por triplicado (n=3) siguiendo la metodología descrita por la AOAC, 2005: determinando:

- ✓ Humedad (H) por el método de Spencer (No. 950.01)
- ✓ Cenizas (C) por el método de Incineración (No. 923)
- ✓ Proteína Cruda (PC) por el método de Micro Kjeldahl (No.960.52)
- ✓ Grasa Cruda (GC) por el método de Goldfish (No. 920.85)
- ✓ Fibra Cruda (FC) por el método Gravimétrico de Henneberg (No. 920.86).
- ✓ Hidratos de Carbono determinados por diferencia con base en el esquema de Wendee $\%HC = 100 - \%H + \%C + \%PC + \%GC + \%FC$.

4.4 DETERMINACIÓN DE HIERRO:

FUNDAMENTO:

La determinación de hierro se llevó a cabo siguiendo el método No. 944.02 de la AOAC, 2005.

El hierro presente en los alimentos queda en las cenizas después de la calcinación. Se redisuelve con HCl y se reduce de Fe^{3+} a Fe^{2+} con ayuda del clorhidrato de hidroxilamina. La forma reducida genera un compuesto de color rojo con la *o*-fenantrolina estable a pH 4 que absorbe a 530nm. ⁽³²⁾



Hidroxilamina



o-fenantrolina Ferroina

(complejo colorido)

MATERIALES:

- Crisoles de porcelana
- Desecador
- Embudo de tallo corto
- Matraz aforado de 50mL
- Pinzas para crisol
- Pipetas graduadas de 1,5 y 10mL

EQUIPO:

- Espectrofotómetro
- Mufla
- Parrilla de calentamiento

REACTIVOS:

- Acetato de sodio anhidro R.A.
- Ácido acético R.A.
- Ácido clorhídrico R.A.
- Clorhidrato de hidroxilamina R.A.
- *o*-fenantrolina R.A.
- Sulfato de hierro y amonio hexahidratado [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; P.M. 392.14g] R.A.

PREPARACIÓN DE REACTIVOS:

- I. Solución de clorhidrato de hidroxilamina al 10%: disolver 10 g de la sal en el agua destilada y llevar a un volumen de 100 mL.
- II. Solución de buffer de acetatos. pH 4: disolver 8.3 g de acetato de sodio anhidro y adicionar 12 mL de ácido acético concentrado. Aforar a 100mL con agua destilada.
- III. Solución de *o*-fenantrolina: disolver 0.1 g en 80 mL de agua destilada a 80°C, enfriar y aforar a 100 mL con agua destilada.
- IV. Solución estándar de hierro (0.01 mg/mL): disolver 3.512 g de sulfato de hierro y amonio [$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$; P.M. 392.14 g] en agua destilada adicionando previamente unas gotas de HCl y aforar a 500 mL. Se toman 10 mL de dicha solución y se llevan a 1 L con agua destilada.

PROCEDIMIENTO:

Pesar por triplicado 3.5 g de muestra molida en un crisol (a peso constante) y obtener cenizas, para ello primero incinerar con mechero bajo campana de extracción y posteriormente, calcinar en mufla a

550 °C hasta que el peso sea constante y el color de las cenizas sea de color homogéneo.

Dejar enfriar los crisoles y adicionarles 2 mL de HCl concentrado para disolver las cenizas, calentar en una parrilla hasta sequedad en la campana de extracción y dejar enfriar los crisoles. Añadir 1 mL de HCl concentrado y 3.5 mL de agua destilada y con un agitador de vidrio tratar de disolver las cenizas en su totalidad.

Pasar cuantitativamente el líquido a un matraz aforado de 50 mL, lavar el crisol con agua destilada por dos o tres veces más, pasando los líquidos de lavado al matraz, aforar y filtrar.

Trasvasar tres alícuotas de 10 mL del filtrado y adicionar a todos los tubos de ensaye los reactivos en el siguiente orden: 1 mL de clorhidrato de hidroxilamina (solución I) y agitar, agregar 5 mL de buffer de acetatos (solución II) y 1 mL de *o*-fenantrolina (solución III) y agitar. Dejar reposar la mezcla de reacción de 10 a 15 minutos. Leer absorbancia en el espectrofotómetro a 530nm. ⁽³³⁾

ELABORACIÓN DE LA CURVA ESTÁNDAR:

Tomar 0.0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0 y 8.0 mL de la solución estándar de hierro (solución IV), ajustar cada uno de los tubos a 10 mL con agua destilada y añadir como se indica en el párrafo anterior las soluciones I, II y III. Dejar en reposo entre 10 y 15 minutos. Leer en el espectrofotómetro a 530 nm, empleando el tubo cero como blanco.

CÁLCULOS:

- 1) Interpolar la lectura de absorbancia de la muestra en la curva estándar y considerar: aforo, alícuota utilizada y peso de la muestra para calcular los mg de hierro contenidos.
- 2) Para calcular los mg de hierro en 100 g de muestra.

$$C = \frac{XxAx 100}{axp}$$

Dónde:

C= mg_{Fe}/100 g muestra.

X= mg de hierro.

A= aforo de 50 mL.

a= alícuota de 10 mL.

p= peso de la muestra (cenizas) expresado en g.

4.5 DETERMINACIÓN DE CALCIO:

FUNDAMENTO:

El calcio se precipita a pH 4 como oxalato de amonio, posteriormente el oxalato se disuelve en ácido sulfúrico liberando ácido oxálico el cual se titula con una solución valorada de permanganato de potasio 0.1 N.⁽³⁴⁾

Las reacciones involucradas son:

1. Precipitación del Calcio con Oxalato de Amonio



2. Liberación del ácido oxálico por la acción del ácido sulfúrico sobre el oxalato de calcio



3. Titulación del ácido oxálico con permanganato de potasio



MATERIAL:

- Baño María
- Bureta
- Crisoles de porcelana
- Desecador
- Embudo Milipore
- Filtro vidrio poroso
- Matraz Kitasato
- Pinzas de bureta
- Pinzas para crisol
- Pipeta 1mL
- Pipeta 5mL
- Pipeta 10mL
- Soporte
- Vaso de precipitados

EQUIPOS:

- Mufla
- Parrilla de calentamiento

REACTIVOS:

- Ácido Sulfúrico 0.1 N
- HCl concentrado
- Hidróxido de amonio diluido (1:50)
- Oxalato de Calcio
- Solución de KMnO_4 0.1 N
- Solución rojo de metilo 0.01%
- Solución saturada de Oxalato de Amonio

PREPARACIÓN DE REACTIVOS:

- Solución saturada de oxalato de amonio: disolver 100 g en 150 mL de agua destilada.
- Solución de KMnO_4 0.1N: pesar 15.6 g de KMnO_4 y aforar a 1 L.
- Solución de rojo de metilo 0.1%: pesar 0.1 g y llevar a 100 mL de etanol.

PROCEDIMIENTO:

Calcinar entre 3 y 5 g de muestra a 550°C hasta obtener cenizas blancas. Humedecer con 5 mL de HCl concentrado, evaporar a sequedad en parrilla eléctrica. Adicionar al residuo 5 mL de HCl concentrado y 25 mL de agua destilada, calentar hasta iniciar la ebullición y dejar enfriar. Filtrar recibiendo en un matraz aforado de 50 mL, lavar cuantitativamente y aforar (Solución A).

Transferir 25 mL de la solución A un vaso de precipitados de 100 mL, calentar a ebullición y adicionar 10 mL de solución saturada de oxalato de amonio y una gota del indicador rojo de metilo. Adicionar hidróxido de amonio gota a gota hasta llegar al punto de neutralización (vire a

color amarillo), hervir hasta que precipite el oxalato de calcio. Dejar enfriar y adicionar HCl(6N) hasta obtener una coloración rosa (pH 5); dejar en reposo aproximadamente 4 horas mínimo.

Filtrar en un matraz Kitasato usando un filtro de Gooch y lavar con 50 mL de agua destilada caliente. Trasvasar las aguas del filtrado del matraz Kitasato, lavar perfectamente el matraz y proseguir con la filtración, realizando lavados con 50 mL de H₂SO₄ diluido (5 mL de H₂SO₄ + 125 mL de agua destilada caliente).

Titular en caliente con solución de KMnO₄ 0.1 N hasta una coloración rosa permanente.

CÁLCULOS:

$$mgCa/100 g muestra = \frac{(mL KMnO_4)(2 mgCa)(N KMnO_4)(A)}{1 mL KMnO_4(a)(m)(1000)} \times 100$$

Dónde:

mL_{KMnO₄} = mL de permanganato de potasio gastados en la titulación.

N_{KMnO₄} = normalidad del permanganato de potasio = 0.1 N.

A = aforo correspondiente a 50 mL.

m = peso de la muestra en gramos.

a = alícuota de 25 mL.

4.6 MÉTODOS BIOLÓGICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA PROTEÍNA

Para determinar la calidad proteínica de la mezcla Frijol Peruano:HMN (50:50) de proteína, se emplearon los siguientes métodos:

✓ REP

✓ RNP

✓ Digestibilidad

4.6.1 Preparación de dietas para las pruebas biológicas

A partir del Análisis Químico Proximal se elaboraron dietas isoproteínicas e isoenergéticas en relación a su respectiva dieta de referencia.

Se trabajaron las siguientes dietas: Caseína 10%, Caseína 10% + CCa, Caseína 10% + FFe, Caseína 7%, Caseína 7% + CCa, Caseína 7% + FFe, Frijol Peruano, Frijol Peruano + CCa, Frijol Peruano + FFe, HMN, HMN + CCa, HMN + FFe y Frijol Peruano + HMN).

MATERIAL:

- Balanza granataria
- Recipientes para pesar

MATERIAS PRIMAS:

- Aceite de maíz
- Caseína
- Celulosa
- Colina
- Dextrina (Maizena)
- Glucosa
- Manteca vegetal
- Mezcla de vitaminas
- Mezcla de minerales
- Sacarosa

ELABORACIÓN DE DIETAS

Tabla 3. Formulación de las dietas ensayadas (g/100 g)

Materia prima	Caseína 10%	Frijol Peruano	Caseína 7%	HMN	Mezcla Frijol Peruano: HMN (50:50) de proteína
Caseína	12.30	-----	8.61	-----	-----
Frijol Peruano	-----	44.52	-----	-----	22.26
HMN	-----	-----	-----	96.02	68.59
Sacarosa	22.00	13.12	22.00	-----	-----
Glucosa	19.00	11.33	19.00	-----	-----
Dextrina	25.00	14.91	25.00	-----	-----
Manteca	8.00	7.71	8.00	5.49	6.18
Aceite	6.00	5.78	6.00	4.12	4.54
Mezcla de sales	2.00	0.52	2.00	0.80	0.40
Mezcla de vitaminas	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Colina	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Celulosa	4.30	0.71	8.44	-----	-----
Citrato de Calcio (CCa)	0.14	0.14	0.14	0.14	-----
Fumarato Ferroso (FFe)	0.035	0.035	0.035	0.035	-----

El citrato de calcio(CCa) y el fumarato ferroso(FFe) se agregaron a las dietas adicionadas con hierro y calcio respectivamente, respetando la formulación de la dieta correspondiente.

4.6.2 Selección y preparación de los animales:

Se emplearon ratas macho y hembra Wistar de 21 a 23 días de edad (recién destetadas) y el peso promedio de los lotes de las ratas fue de 42 a 43 g aproximadamente.

El periodo de ensayo tuvo una duración de 29 días, se mantuvieron con alimento y agua *ad libitum*, en condiciones de 12 horas de iluminación por 12 horas de oscuridad con la temperatura de 23 a 24°C y una humedad relativa entre 30 a 35%.

MATERIAL ESPECIAL:

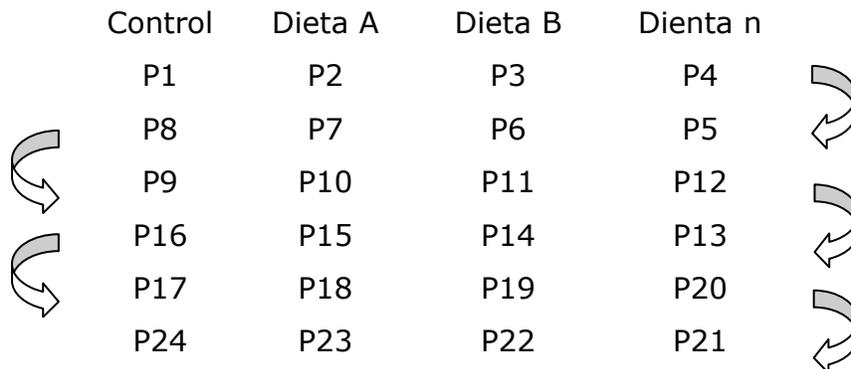
- Balanza granataria para pesar animales de laboratorio
- Balanza analítica para pesar el alimento (dietas)
- Cernidor (de 2 ± 0.5 mm de abertura)
- Comederos y bebederos
- Jaulas individuales de acero inoxidable
- Papel manila (un pliego)

PROCEDIMIENTO:

El número de ratas para cada lote de la dieta de estudio (Frijol Peruano, HMN y la mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína) y la de control (caseína al 7% y 10% de proteína) fue de 6 ratas por lote.

Todos los animales se pesaron y se ordenaron los pesos de forma ascendente: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 Pn

Se colocaron los animales en las jaulas individuales del rack siguiendo la distribución de "culebra japonesa" como se indica a continuación.



Como las ratas al alimentarse tienden a desperdiciar alimento, se colocó una charola hecha de papel manila debajo de cada jaula, para recuperar este alimento separándolo de las heces con la ayuda de un cernidor y considerar el alimento real ingerido. Los animales se pesaron cada tercer día (lunes, miércoles y viernes) y se registró el peso de cada rata y el alimento ingerido considerando el alimento recolectado de la charola de papel manila. Esto se realizó durante los 29 días que dura el ensayo.

4.6.3 Determinación de la Relación de la Eficiencia de la Proteína (REP)

CÁLCULOS:

$$REP = \frac{\Delta P}{\Sigma Ax F}$$

Dónde:

ΔP : (peso final del animal – peso inicial del animal)

ΣA : alimento acumulado

F: %P (de la dieta correspondiente) / 100

De igual manera se expresó el valor de la REP en términos de la Relación de la Eficiencia de Proteína ajustado o corregido (REPa); utilizando el REP de la dieta de referencia tanto experimental como estándar la cual reporta un valor teórico promedio de 2.5

$$REPa = \frac{REP (prueba) \times REP (caseína)_{std}}{REP (caseína)_{exp}}$$

Dónde:

REPa = REP ajustado

REP (prueba) = REP experimental de la proteína a evaluar

REP (caseína)std = REP de caseína estándar = 2.5

REP (caseína)exp = REP de caseína experimental

4.6.4 Determinación de la Relación Neta de la Proteína (RNP)

CÁLCULOS:

A partir de los resultados al término de los diez primeros días de experimentación. Se calculó la RPN de cada una de los animales, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\Delta P = -0.140 (\times \text{peso inicial}) - 0.928$$

Después se calculó el valor de RNP con la siguiente ecuación:

$$RNP = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial}) - \Delta P(DLN)}{g(\text{proteína ingerida en 10 días})}$$

De igual manera se expresó el valor de la RNP en términos de la Relación Neta de la Proteína ajustado o corregido (RNPa); utilizando el RNP de la dieta de referencia tanto experimental como estándar la cual reporta un valor teórico promedio de 4.1

$$RNP_a = \frac{RNP (prueba) \times RNP (caseína)_{std}}{RNP (caseína)_{exp}}$$

Dónde:

RNP_a = RNP ajustado

RNP (prueba) = RNP experimental de la proteína a evaluar

RNP (caseína)_{std} = RNP de caseína estándar = 4.1

RNP (caseína)_{exp} = RNP de caseína experimental

4.6.5 Determinación de la digestibilidad de una proteína mediante un método *in vivo*

MATERIALES:

- Cernidor de malla 8
- Frascos de vidrio de boca ancha 200 mL
- Mortero con pistilo

EQUIPOS:

- Balanza analítica
- Equipo micro Kjeldahl BUCHI SWITZERLAND

PROCEDIMIENTO:

Se recolectaron las heces los dos últimos días del bioensayo de cada una de las ratas y se colocaron las heces de la rata 1 y 2, 3 y 4 y 5 y 6 en un frasco diferente para cada par. Para eliminar posibles residuos de alimento, las heces se pasaron para una malla y se pesaron. Se secaron las heces a temperatura ambiente durante 8 días, posteriormente se trituraron en un mortero lo más finamente posible. Finalmente, se les

determinaron el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldhal. (AOAC, 2005)

CÁLCULOS:

Una vez que se obtuvieron los contenidos de nitrógeno tanto en la dieta como en las heces de cada rata se calculó el contenido de nitrógeno ingerido (NI) y el nitrógeno fecal (NF) para cada par de ratas de cada lote, de acuerdo a las siguientes formulas:

$$NI = \frac{\%N(dieta) \times Dieta\ Ingerida(g)}{100}$$

$$NF = \frac{\%N(heces) \times Total\ de\ heces(g)}{100}$$

Para calcular la digestibilidad aparente (Da) *in vivo* para cada par de ratas de cada lote, se usó la siguiente fórmula.

$$Da = \frac{N(absorbido)}{N(ingerido)} \times 100$$

$$Da = \frac{NI - NF}{NI} \times 100$$

Dónde:

Da = Digestibilidad aparente (%)

NI = Nitrógeno ingerido por el animal (g)

NF = Nitrógeno fecal (g)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO:

En la tabla 4 se presentan los resultados para el análisis químico proximal del frijol peruano comparado con el análisis del frijol bayo gordo.⁽³⁷⁾

Con base a los resultados obtenidos se observa que los valores de proteína, grasa cruda e hidratos de carbono son muy similares a los reportados en la literatura, a excepción del valor de fibra cruda que difiere al teórico.

Esto puede deberse al acondicionamiento que tuvo el grano, especialmente al poco tiempo de cocción y de que no se dio un remojo previo.

La diferencia en el contenido de calcio puede deberse al tipo de suelo en el cual se cultivó el frijol, ya que la cantidad de minerales presentes en el suelo varían en cada región. Es importante mencionar que la cantidad de estos nutrimentos inorgánicos (hierro y calcio) puede variar, por las condiciones de cultivo y acondicionamiento del grano.

Tabla 4. Análisis bromatológico del Frijol Peruano distribuido por “Verde Valle” (Base seca g/100g)₁

Determinación	Valor Experimental Base seca (%)	Valor teórico Base seca (%)₍₃₇₎
Humedad	10.44 ± 0.14	10.10
Proteína	25.09 ± 0.12	25.25
Grasa cruda	1.28 ± 0.04	2.00
Cenizas	3.72 ± 0.005	----
Fibra cruda	3.10 ± 0.14	4.45
Hidratos de carbono digeribles	66.80 ± 0.13	65.07
Hierro (mg/100 g muestra)	4.00 ± 0.14	6.34
Calcio (mg/100g muestra)	36.57 ± 7.31	222.47

₁ Valor promedio ± DE C.V.<10%

Al analizar los resultados obtenidos en la Tabla 5, se puede decir que son cercanos a los valores teóricos reportados en la literatura. Algunos resultados salieron por debajo de los valores teóricos en base seca, como cenizas, fibra cruda y calcio.

En fibra cruda la diferencia con el valor teórico puede deberse a que se realiza un descascarillado previo a la elaboración de la harina de maíz nixtamalizado y disminuye el contenido de fibra.

Tabla 5. Análisis bromatológico de Harina de Maíz Nixtamalizado (HMN) (Base seca g/100g)₁

Determinación	Valor Experimental Base Seca (%)	Valor teórico Base seca (%) (37)
Humedad	9.57±0.14	7.10
Proteína	8.06±0.07	7.64
Grasa cruda	5.06±0.01	4.84
Cenizas	1.38±0.03	1.61
Fibra cruda	0.36±0.44	10.23
Hidratos de carbono digeribles	85.14±0.01	83.31
Hierro (mg/100 g muestra)	4.64±0.06	4.20
Calcio (mg/100 g muestra)	19.57±0.34	150.70

₁ Valor promedio ± DE C.V.<10%

5.2 MÉTODOS BIOLÓGICOS

5.2.1 Preparación De Dietas

Con los datos del ensayo bromatológico se realizaron cálculos para poder elaborar las dietas (**Tabla 3**), de Frijol Peruano, con un contenido de 10% de proteína y tomando la dieta de Caseína 10% como patrón de referencia y un valor calórico de 1797.4 kJ/100 g. Es importante mencionar que las dietas de HMN se calcularon a un 7% de proteína y se hizo una dieta de Caseína 7% como patrón de referencia. Se elaboró la dieta de Frijol Peruano:HMN 50:50al 10% de proteína, para evaluar su calidad proteínica.

En la tabla 6 se observa que el contenido de proteína es similar para todas las dietas de caseína al 10% y al 7%, así como de Frijol Peruano y HMN. Las dietas ensayadas se encuentran en un intervalo de 10.43% - 11.25% de proteína en el caso de las dietas de Frijol Peruano y de 6.75% - 8.12% de proteína en el caso de HMN.

Tabla 6.Contenido de proteína para cada una de las dietas. (g/100 g)

Dieta	%Proteína
Caseína 10%	10.43±0.03
Caseína + CCa 10%	10.62±0.06
Caseína + FFe 10%	11.25±0.01
Frijol Peruano	11.00±0.45
Frijol Peruano + CCa	11.00±0.04
Frijol Peruano + FFe	10.69±0.01
Mezcla Frijol Peruano-HMN 50:50 de proteína	11.40±1.28
Caseína 7%	8.06±0.62
Caseína + CCa 7%	8.12±0.06
Caseína + FFe 7%	7.06±0.19
HMN	7.25±0.26
HMN + Cca	6.75±0.05
HMN + FFe	7.06±0.04

El citrato de calcio tiene ventaja sobre las sales orgánicas como el lactato y el gluconato de calcio debido a la cantidad de nutrimentos que aportan, ya que el citrato de calcio contiene un 21% de calcio mientras que las otras aportan 13% y 9% respectivamente. En cuanto a las sales inorgánicas como el carbonato de calcio, ésta contiene mayor cantidad de calcio (40%), pero tiene la desventaja de ser menos soluble (0.014 g/L) que el citrato de calcio (0.9 g/L).⁽³⁵⁾

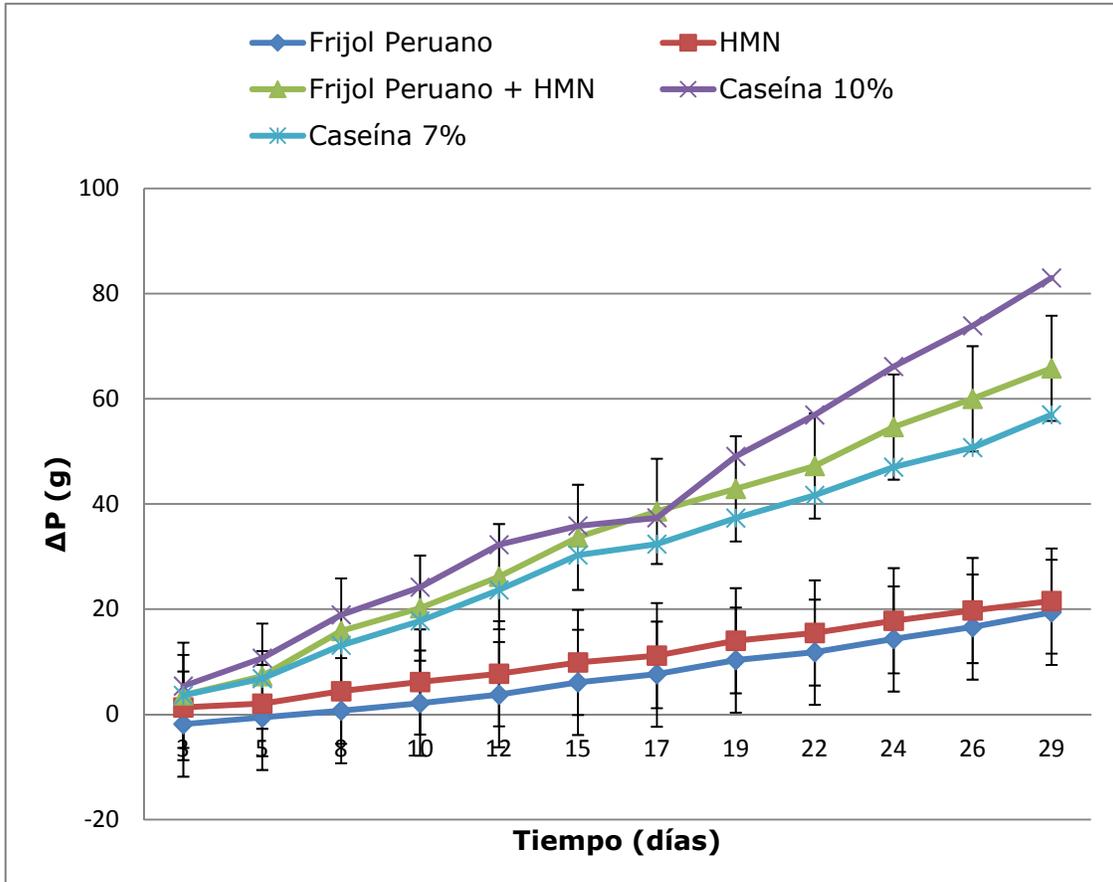
El fumarato ferroso contiene 30% de hierro, el sulfato ferroso 20% y las sales orgánicas como el gluconato y el lactato ferroso contienen 12% y 19% respectivamente. La solubilidad del fumarato ferroso es mayor que la del sulfato ferroso, aunque se ha encontrado que la biodisponibilidad de estas dos sales es similar. ⁽³⁶⁾

5.2.2 Curvas de Crecimiento

De acuerdo a la Gráfica 2, la mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína muestra un mayor incremento de peso durante el tiempo de experimentación que las dietas de Frijol Peruano y HMN, corroborando la complementación que se da al combinar una leguminosa con un cereal, ya que las proteínas del maíz son deficientes en lisina y triptófano, pero tienen cantidades considerables de aminoácidos que contienen azufre (metionina y cistina). Las proteínas del frijol, en cambio, son una fuente relativamente abundante de lisina y triptófano, pero tienen un contenido bajo de aminoácidos azufrados, ocurriendo así la complementación que nos lleva a tener una proteína de buena calidad. ⁽³⁸⁾

En cuanto a las dietas de referencia, Caseínas, se observó que la que mayor incremento en peso tuvo fue la de 10%, mientras que la Caseína al 7% presentó un menor incremento en peso que la dieta de la mezcla por el menor contenido de proteína.

Gráfica 2. Incremento de Peso con respecto al tiempo de las dietas evaluadas, Frijol Peruano, HMN, Caseína 7%, Caseína 10% y la de Mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína.



5.2.3 PER, RNP y % Digestibilidad Aparente

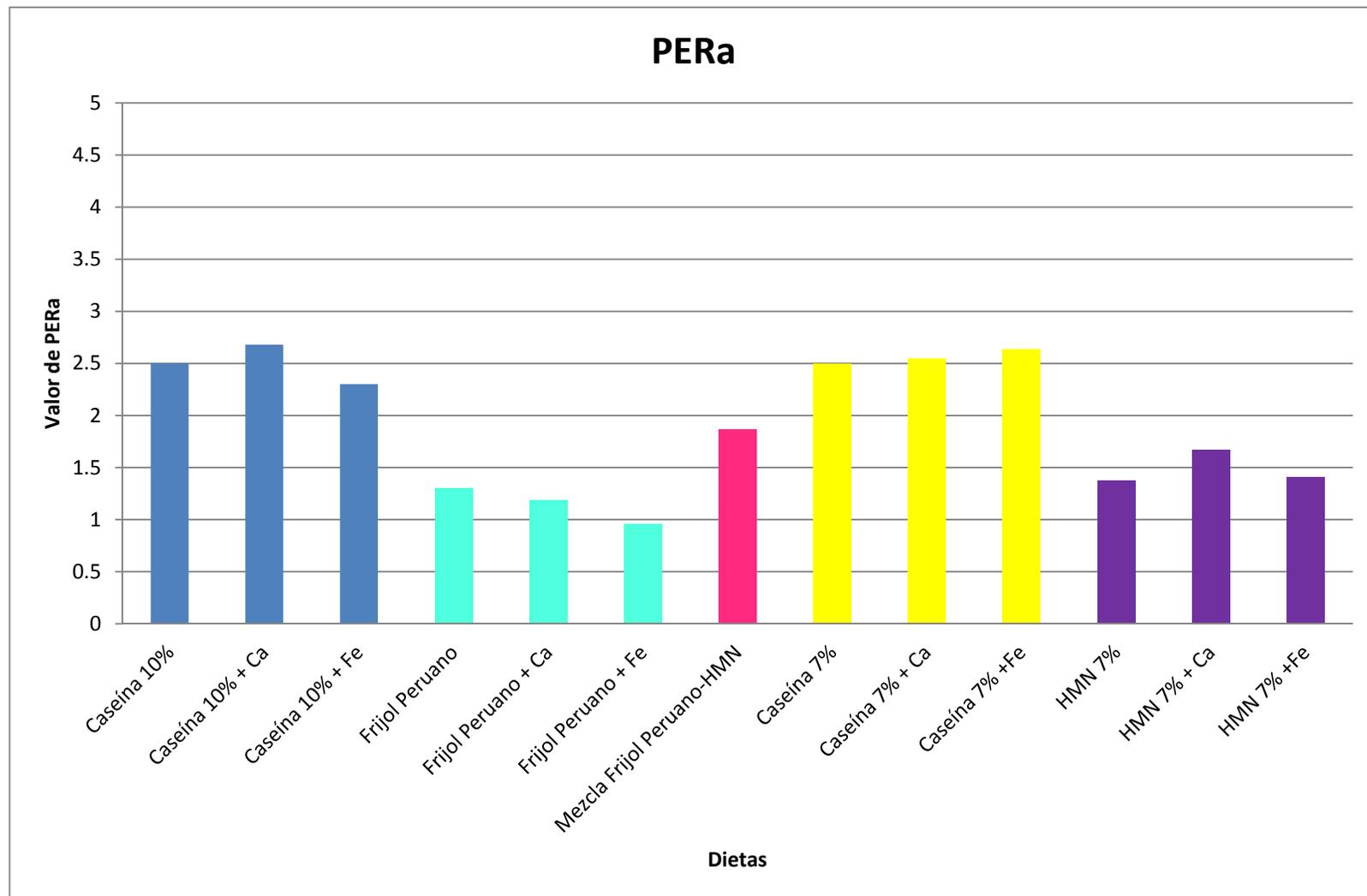
Tabla 7. REP, RNP y % de Digestibilidad Aparente de las dietas ensayadas al 10% de proteína.

Dieta	REP	RNP	%Da
Caseína 10%	2.59±0.12 _{c,d}	3.13±0.24 _c	85.47±0.79 _d
Caseína 10% + CCa	2.82±0.18 _d	3.26±0.17 _c	79.98±0.15 _c
Caseína 10% + FFe	2.42±0.21 _c	2.65±0.26 _b	90.23±0.47 _e
Frijol Peruano cocido	1.10±0.12 _a	1.38±0.02 _a	37±6.69 _a
Frijol Peruano + CCa	1.20±0.12 _a	1.59±0.24 _a	47.65±6.07 _a
Frijol Peruano + FFe	1.01±0.12 _a	1.44±0.15 _a	46.15±5.29 _a
Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína	1.96±0.18 _b	2.36±0.15 _b	62.24±4.48 _b

Tabla 8. REP, RNP y % de Digestibilidad de las dietas ensayadas al 7% de proteína.

Dieta	REP	RNP	%Da
Caseína 7%	2.48±0.29 _b	3.00±0.08 _c	87.82±1.40 _b
Caseína 7% + CCa	2.53±0.16 _b	2.96±0.11 _c	88.78±0.58 _b
Caseína 7% + FFe	2.73±0.21 _b	3.37±0.05 _d	90.34±4.82 _b
HMN	1.37±0.16 _a	1.95±0.15 _a	76.98±2.97 _a
HMN + CCa	1.56±0.13 _a	2.24±0.13 _b	72.16±5.30 _a
HMN + FFe	1.40±0.13 _a	1.96±0.23 _a	78.30±2.68 _a

Gráfica 3. PERa de las dietas analizadas



En los resultados de las tablas 7 y 8, se observó que hay una diferencia en los resultados de REP, RNP y digestibilidad entre las tres dietas de Frijol Peruano y las tres dietas de Caseína 10%, al igual que entre las tres dietas de HMN y las tres dietas de Caseína 7%.

Las dietas de Caseína tienen una proteína de mejor calidad que las dietas de Frijol Peruano y HMN, lo cual se vio reflejado en la Gráfica 2, ya que el incremento en peso de las ratas alimentadas con las dietas de referencia es mayor que el de las ratas alimentadas con las dietas de Frijol Peruano y HMN. En cuanto a la mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína se observó una mejor calidad de la proteína y por lo tanto, incremento en peso, siendo directamente proporcionales.

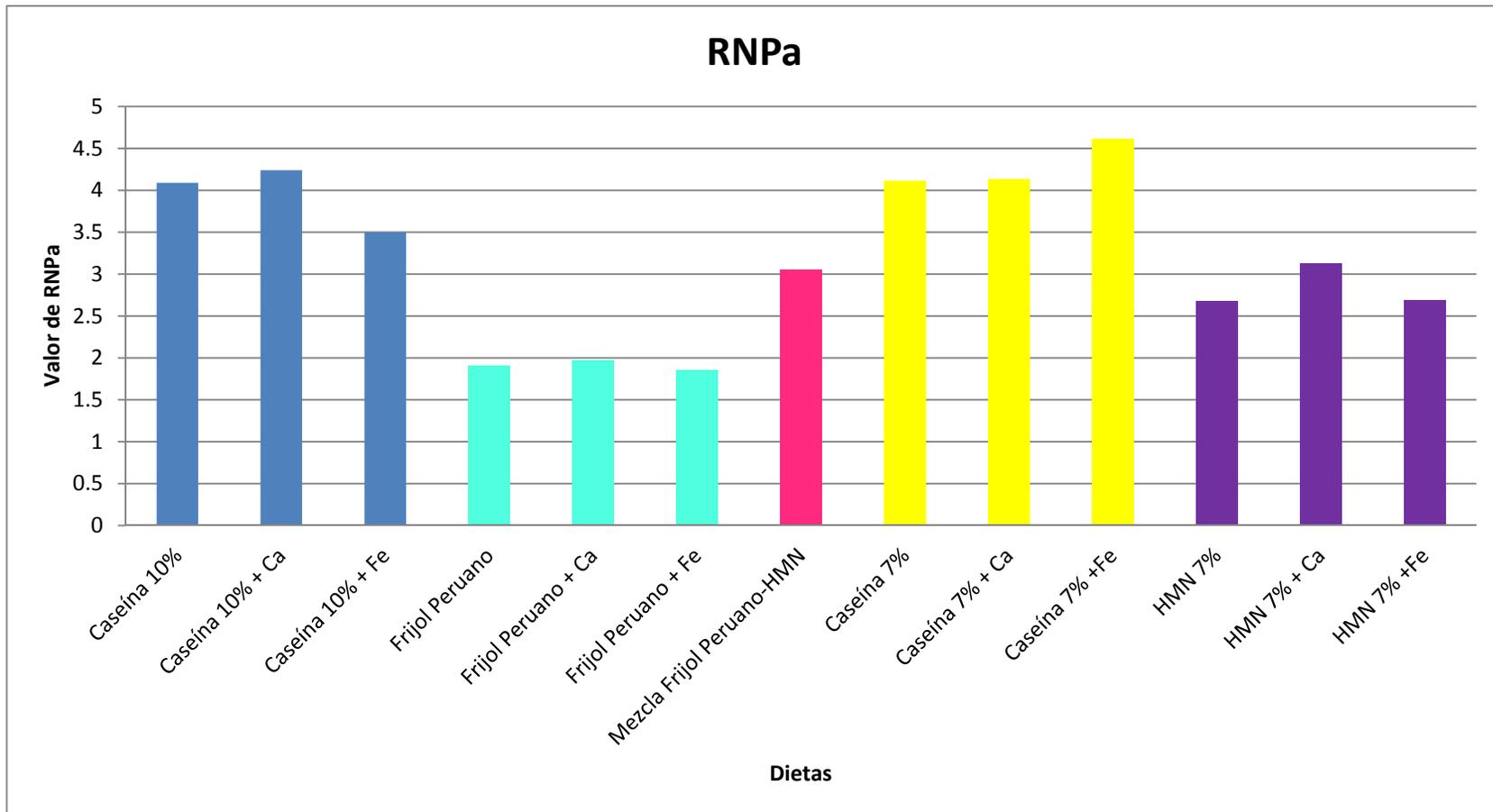
Los valores de REP, RNP y Digestibilidad mostraron que la calidad de la proteína contenida en la Mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína fue mejor a las obtenidas en Frijol peruano y HMN por separado, aunque no superó la calidad de proteína que contiene la dieta de Caseína al 10%.

Se observaron tendencias similares entre los resultados de **REP** y **RNP** obtenidos. De acuerdo al análisis estadístico (**Ver Anexo D**) realizado hay pares en los que existe una diferencia significativa a un nivel de diferencia entre la adicionada con hierro y la adicionada con calcio. También se identificaron grupos homogéneos: en el caso de Frijol Peruano no hay diferencia entre la dieta con y sin adición de hierro y calcio, para caseína 10% y caseína 10% adicionada con hierro y finalmente el de caseína 10% y caseína 10% adicionado con calcio; y para HMN también hay grupos homogéneos: en las dietas de HMN 7% no hay diferencia entre la dieta con y sin adición de hierro y calcio, lo mismo ocurre con las dietas de caseína 7%.

El análisis estadístico para la mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína se hizo comparándola con las dietas de caseína 10%, frijol peruano y HMN 7%; resultando que hay una diferencia significativa entre todas ellas.

Para que haya una mejor comprensión de lo analizado anteriormente se puede ver la **Gráfica 3 y 4** en las que se muestran el PERa (ajustado) y el RNPa (ajustado) para cada una de las dietas, en donde se observó que las que presentaron un valor más alto son las dietas de caseína, tanto al 10% como al 7% y los valores más bajos los de las dietas de frijol peruano. Por lo que comparado con la tabla de PER y RNP resulta tener la misma tendencia.

Gráfica 4. RNPa de todas las dietas analizadas.



En cuanto a la **digestibilidad** de la proteína en las dietas de Caseína 10% con adición de sales se observó un incremento en la dieta adicionada con hierro, posiblemente por la formación de complejos solubles de fácil absorción con los aminoácidos.

En las dietas de HMN la digestibilidad se vio favorecida por la adición de fumarato ferroso, a diferencia de la dieta de HMN adicionada con citrato de calcio que afectó los resultados debido a que forma complejos insolubles con los aminoácidos lo cual disminuye la digestibilidad.

Los valores bajos de digestibilidad en Frijol Peruano se deben al acondicionamiento que se le dio al grano, ya que no se realizó un remojo previo a la cocción y se sabe que "el caldo de cocción proveniente del agua de remojo, tendrá un efecto adverso sobre el valor nutritivo de los frijoles, expresado tal vez en la presencia de algunas sustancias que impidan que la proteína del frijol sea digerible en el tracto gastrointestinal. Esta reducción de la digestibilidad de la proteína posiblemente se deba al hecho de que parte de los taninos se transfieren al caldo y por lo tanto, ocurriría una mayor interacción proteína-tanino."⁽³⁶⁾

Teóricamente la dieta de la mezcla de Frijol Peruano-HMN debería haber presentado una mayor digestibilidad. El porcentaje obtenido de la mezcla se puede deber a que el Frijol Peruano presentó un porcentaje bajo de digestibilidad, ya que no se le dio un remojo previo a la leguminosa y se sabe que el caldo de cocción proveniente del agua de remojo, genera un efecto adverso sobre el valor nutritivo de los frijoles, de igual forma afecta la digestibilidad de la Mezcla de Frijol Peruano-HMN.

5.3 BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO

De manera general, se observa en la Tabla 9 que en las dietas de Caseína, tanto la de 7% como la de 10%, las que presentan mayor biodisponibilidad de hierro son las adicionadas con FFe. Las dietas de Caseína que presentaron una menor absorción de hierro son las dietas adicionadas con CCa. Esto puede deberse a que cuando hay una gran cantidad de calcio presente al mismo tiempo que el hierro, ocurre un antagonismo por el sitio de absorción y se afecta la absorción de hierro.⁽⁵²⁾ En las dietas de Frijol Peruano y de HMN, las que presentaron una menor absorción fueron, la de Frijol Peruano sin adición de minerales y la de HMN adicionada con CCa.

Por otro lado; para la dieta de Frijol Peruano la que presenta mayor absorción es la adicionada con FFe y para HMN, la dieta sin adición de nutrimentos inorgánicos; esto se debe a que en harinas de este tipo como MASECA, el Gobierno Federal exige que vayan adicionadas con hierro.

Se observa que la adición de nutrimentos inorgánicos favorece la biodisponibilidad de hierro, posiblemente porque el exceso disminuya el efecto de factores antinutrimientales presentes en el frijol.

Finalmente la mezcla de Frijol Peruano:HMN 50:50 de proteína tuvo una mayor biodisponibilidad de hierro en comparación con las dietas de Frijol Peruano, Frijol Peruano + CCa, Caseína 10%, Caseína 10 + CCa, Caseína 7% y Caseína 7% + CCa. Lo anterior nos indica que solamente las dietas adicionadas con FFe son las que logran una mayor absorción de este nutrimento inorgánico, por lo que se puede observar que la complementación que se da entre el Frijol Peruano y la HMN favorece la absorción de este nutrimento inorgánico.

Tabla 9. Balance y Biodisponibilidad de Hierro

	mg de FFe ingerido	mg de FFe en heces	Balance	Biodisponibilidad de FFe
Caseína 10%	17.55	3.74	13.81	78.48±1.06
Caseína 10%+FFe	9.9	0.6	9.3	94.12±0.73
Caseína 10%+CCa	15.50	3.86	11.64	76.47±0.91
Frijol Peruano	1.9	0.5	1.4	74.69±3.69
Frijol Peruano+FFe	5.3	0.6	4.7	89.13±2.35
Frijol peruano+CCa	3	0.4	2.6	85.92±2.58
Frijol Peruano+HMN	7.4	0.9	6.5	87.96±1.81
Caseína 7%	2.98	0.79	2.19	73.20±2.96
Caseína 7%+FFe	8.38	0.55	7.83	93.32±2.89
Caseína 7%+CCa	2.18	0.75	1.43	65.35±3.23
HMN 7%	4.03	0.10	3.93	99.90±1.47
HMN 7%+FFe	5.82	0.19	5.63	96.91±1.61
HMN 7%+CCa	3.52	0.23	3.29	93.16±1.40

5.4 BIODISPONIBILIDAD DE CALCIO

La Tabla 10 presenta el Balance de calcio para cada una de las dietas y para la mezcla de Frijol Peruano: HMN 50:50 de proteína, mostrando las dietas que absorben mayormente el calcio, son las dietas que no se encuentran adicionadas con ningún nutrimento inorgánico, seguidas de las dietas adicionadas con CCa y finalmente, las que menos absorben calcio son las dietas adicionadas con el hierro. Esto puede deberse a que cuando hay gran concentración de hierro, este hace que el calcio precipite en y no se absorba.

En el caso de las dietas a base e caseína aquellas adicionadas con nutrimentos inorgánicos presentan una menor biodisponibilidad de calcio.

Posiblemente el exceso de hierro afectará el aprovechamiento del calcio.

En el caso de Frijol Peruano+FFe y HMN 7%+FFe se observa una disminución significativa de la biodisponibilidad de calcio por la presencia de hierro, pues hay un efecto antagónico al estar el calcio en menor concentración que el hierro.

En cuanto a la mezcla de Frijol Peruano: HMN 50:50 se observa que la absorción de este nutrimento inorgánico es mucho mayor que en cualquiera de las dietas realizadas y estudiadas. Por esta razón se puede decir que la complementación ayuda a que este nutrimento inorgánico de gran importancia sea absorbido en mayor cantidad, lo cual beneficia a la salud.

Finalmente se puede decir que la Caseína no es un buen vehículo para adicionar el calcio, ya que la biodisponibilidad es baja.

Tabla 10. Balance de Calcio y Biodisponibilidad

	mg de CCa ingerido	mg de CCa en heces	Balance	Biodisponibilidad de CCa
Caseína 10%	0.75	0.23	0.52	75.29±8.07
Caseína 10%+FFe	108.4	37.60	70.80	65.36±6.52
Caseína 10%+CCa	1.35	0.45	0.9	67.01±7.93
Frijol Peruano	28.60	3.20	25.40	88.64±1.78
Frijol Peruano+FFe	10.3	3.3	7	68.05±10.21
Frijol peruano+CCa	86.20	9.40	76.80	88.31±9.09
Frijol Peruano+HMN	60.3	2.8	57.5	95.34±1.16
Caseína 7%	68.98	12.17	56.81	81.90±4.77
Caseína 7%+FFe	24.35	9.76	14.59	59.71±12.37
Caseína 7%+CCa	129.82	46.78	83.04	64.41±25.64
HMN 7%	73.60	2.80	70.80	94.91±1.79
HMN 7%+FFe	22.70	7.80	14.89	66.39±20.71
HMN 7%+CCa	46.50	12.90	33.60	71.08±22.66

6. CONCLUSIONES

Se corroboró el contenido de los macronutrientes, (proteínas, hidratos de carbono, lípidos), así como de hierro y calcio de las harinas de Maíz Nixtamalizado y de Frijol Peruano cocido, en relación al contenido teórico.

Como era de esperarse la HMN reporta un bajo contenido de proteína, 8% y el Frijol Peruano un mayor contenido de proteína, de 22%. Las dos materias primas son buenas fuentes de hidratos de carbono.

En cuanto a las curvas de incremento en peso con respecto al tiempo, la Mezcla de Frijol Peruano-HMN 50:50 de proteína superó a la Caseína 7% de proteína, pero no a la Caseína 10%.

Los resultados obtenidos en los métodos biológicos corroboran la complementación leguminosa:cereal de la Mezcla de Frijol Peruano-HMN 50:50 de proteína.

Los datos obtenidos de REP, RNP, Digestibilidad y del Análisis Bromatológico servirán para elaborar una base de datos de indicadores de calidad nutricional de alimentos que servirán de consulta a los estudiantes de la Licenciatura de Química de Alimentos.

7. PERSPECTIVAS

De acuerdo a los resultados obtenidos sería conveniente normalizar los datos de concentración de los nutrimentos inorgánicos adicionados a las dietas, los cuales podrían ser de utilidad ya que no hay estudios reportados acerca de la adición en exceso de éstos nutrimentos.

8. REFERENCIAS

- 1) http://www.inia.gob.pe/boletin/bcit/boletin0004/cultivo_nac_binca_frijol.htm
- 2) Jaffe, W.G. y Vega C.L. 1968. Heat labile grow inhibiting factors in beans (ph. Vulgaris). *J. Nutr.* 94-203) y Liener, I.E. 1973. Legume toxins in relation to protein digestibility. A Review. *J. Food Sci.* 4-1070, 1081
- 3) Ramirez, L. y Col. (2008). Propriedades Funcionais Do Feijao (Phaseolus vulgaris, L.), Alimentos Funcionais, Universidade Federal de Vicosa, Minas Gerais
- 4) Puztai A., Grant G., Bardocz S., Baintner K., Gelencsér E., Ewen B. 1997. Both free and complexed trypsin inhibitors stimulate pancreatic secretion and change duodenal enzyme levels. *Am. J. Physiol.*, 272
- 5) Ayet, G., Muzquiz, M., Burbano, C., Robredo, L.M., Cuadrado, C. y Price, K. 1996. Determinación de saponinas en las principales leguminosas cultivadas en España. *Food Sci. Tech. Int.*, 2: 96-100
- 6) http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/FORO_LEGUMINOSAS_2011/05_Importancia_leguminosas.pdf
- 7) <http://www.frijol.gob.mx/index.php?portal=frijol>
- 8) <http://w4.siap.gob.mx/artus/eis/loadstage.asp>
- 9) <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- 10) <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S0c.h21>
- 11) <http://www.foroendefensadelmaiz.galeon.com/productos365415.htm>
11*) <http://eleconomista.com.mx/columnas/agronegocios/2013/02/11/produccion-maiz-mexico-mundo>
- 12) www.cnnexpansion.com/economia/2007/5/la-produccion-de-maiz-aumentara-9/view

- 13) Moreno, R.R. Nutrición y Dietética para Tecnólogos de Alimentos, (2000). Ed. Díaz de Santos S.A., Madrid, pp. 166-172, 180-185.
- 14) Mataix, J., Carazo, E., Nutrición para educadores. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, pp 109-119 (1995)
- 15) Muir A., Hoffer U. (1985). Regional Specificity of Iron Uptake by small intestinal brush-border membranes from normal and iron deficient mice., *Gastroint. Liver Pat.*, pp 11,6376-6383
- 16) Raja, K.B., Simpson R.J., Peters T.J.;(1987). Comparison of $^{59}\text{Fe}^{3+}$ uptake in vitro and in vivo by mouse duodenum., *Bio Biophys Acta* 901, pp 52-60
- 17) Gavin M.W., McCarthy D.M., Garry P.J. (1994). Evidence that iron stores regulated iron absorption a setpoint theory, *Am, J, Clin. Nutr.* 59, pp 1376-1380
- 18) Lorenzo, P. Moreno A., Lizasoain I., Leza J.C., Moro M.A. Portolés A.,(2004), *Farmacología Básica y Clínica* 18ª edición, Panamericana, Buenos Aires, pp 746-748.
- 19) Weaver C.M., Heaney. R.P., Shils M, Olson, J.A., Shike, M., Ross, A.C.,(1999). *Modern Nutrition in Health and Disease*. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; pp. 141-155.
- 20) Campbell, J.A. Methodology of protein evaluation. A critical appraisal of methods for evaluation of protein in foods originally issued as nutrition. In: *The PAG Compendium. Document R101 add.* (WHO/FAO/UNICEF). Vol. D6, 49-94. N.Y. (1961)
- 21) Nordin BEC. *Calcium In Human Biology*. Springer Verlag ,Berlin 1988.
- 22) Bushinsky DA. Calcium, magnesium and phosphorous: renal handling and urinary excretion on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism. Ed. Favus MJ. 4ª ed. American Society for Bone and Mineral Research., 1999, pp 67-74.

- 23) García Alcántara A, de la Torre Prados MV, Pouillet Brea A. Trastornos del metabolismo del calcio, fósforo y magnesio. <http://www.uninet.edu/tratado/c0504i.html>
- 24) Lemann J, Favus MJ. The intestinal absorption of calcium, magnesium and phosphate on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism. Ed. Favus MJ, 4^o ed, American Society for Bone and Mineral Research. 1999, pp 63-67.
- 25) H. MITCHELL. METHOD OF DETERMINING THE BIOLOGICAL VALUE OF PROTEIN. Department of Animal Husbandry, University of Illinois, November 19, 1923. www.jbc.org
- 26) Helrich, K. (Editor). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th Edition, Published by A.O.A.C. Inc. Vol. I & II, 17-18, 40-62, 69-83, 1012, 1095-1098. Arlington (1990).
- 27) Altschul, A. M. Processed plant protein foodstuffs. Academic press, 1-39, 83-122, 153-185, 399-415, 535-555, 717-723. New York (1958).
- 28) Soriana C.M. (2006), Nutrición Básica Humana, 1^a edición, Guada Impresores, España, pp 220-224, 280-283.
- 29) Yust M., Justo P., Millán L., Alcaide J., Millán F. (2010). Improvement of functional properties of chickpea proteins by hydrolysis with immobilized alcalase, Food Chem. 122: 1212-1217
- 30) Carias D., Cioccia A., Heina P., (1995), Grado de Concordancia entre la digestibilidad de Proteína animal y vegetal medidas *in vivo* e *in vitro* y su efecto sobre el cómputo químico, Arch. Latinoam. Nutr, 45(2):111-6.
- 31) Matthews R.H. 1989. "Legumes: Chemistry, Technology and human nutrition". Marcel Dekker Inc.)
- 32) AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Vol II pp. 72 (32.2.02) (1995).

- 33) AOAC, Official methods of analysis of AOAC International, 16th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Vol II pp. 12 (32.1.09), (1995).
- 34) JAMES C.S., Analytical Chemistry of Foods. Second Edition, ASPEN Publishers. New York 1999.
- 35) Heaney, Robert P. (2001) Factores que influyen en la medición de la biodisponibilidad, el consumo de calcio como un modelo. J. of Nutri. 131:1344 5-13485
- 36) Hurrell, R.F., Bothwell, T. Cook, J.D., Dary, O, Davidsson, L., Fairweather-Tait, S. Hallberg, L., Lynch, S. Rosado, J., Walter, T., Whittaker, P. (2002) The Usefulness of elemental iron for cereal flour fortification: a sustain Task Force Report. NutritionReviews, 60. 391-406
- 37) Cordero Hernández Sonia Lizet, Chaparro Flores Alejandra Guadalupe, Tablas de valor nutritivo de los alimentos, editorial Pax México, segunda reimpresión, 1996.
- 38) Bressani, R., Murillo, B. y Elías, L.G. 1974. Whole soybeans as a means of increasing protein and calories in maize-based diets. J. Food Sci. 39: 577-580.
- 39) Cunniff P. Methods of Analysis of AOAC International 16th Edition Published by AOAC International Suite 400, 2200 Wilson Boulevard Arlington, Virginia (22201) USA (1995).
- 40) Codex Alimentarius, Food Chemicals Codex. Committee on Food Chemical Codex, 4th Edition, Ed. National Academy Press, Washington, pp. 779-780 (1996).
- 41) Badui, D.S., Química de Alimentos, 4a Edición, Ed. Pearson Educación, México, pp. 144-147 (2006).

- 42) Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists published by AOAC, Inc. Herlich, K. (Editor). 15th edition, vol I & II. Arlington 1990. Pp 17-18, 40-62, 69-83, 1012.
- 43) Hart, F.L., Análisis Moderno de los Alimentos, Ed. Acribia, Zaragoza, España, pp. 13-14, 247-250 (1971)
- 44) Ramos Galván, G.R., Alimentación normal en niños y adolescentes. Editorial Manual Moderno, México, pp. 190-199 (1995)
- 45) NIELSEN S. (ed); Food Analysis Laboratory Manual; Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York, 2003.
- 46) KIRK R. S., Sawyer R; Egan, H. Composición y análisis de alimentos de Pearson, segunda edición; Compañía editorial continental SA de CV, México, 1996.
- 47) Lloyd E.L, McDonald, B.E., Crampton, E.W.(1999). Ed. Acribia S.A Zaragoza, pp 228-229.
- 48) http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol14_1_00/ali03100.htm
- 49) Bressani R. Evaluación de dos métodos para establecer el contenido de polifenoles en frijol crudo y cocido, y efecto que estos provocan en la digestibilidad de la proteína. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 1991; 41:568-81. Y Price ML, Butler LG. Tannins and nutrition. 1980; 2722.)
- 50) <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S0c.h21>
- 51) Fennema, O.R. (2000). Química de los Alimentos. Edit. Acribia, 2a ed. Zaragoza, España. p. 471- 480
- 52) Miret S, Simpson RJ, McKie AT. Physiology and molecular biology of dietary iron absorption. AnnuRevNutr 2003;23:283-301.

9. ANEXOS

ANEXO A. Hojas de registro del Ensayo Biológico

Frijol Peruano													
Rata: 1	Sexo: H	Peso Inic	35.2	Dieta: Fp		Fecha:25/04/2011							
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	35.2	36.4	38.3	40.2	41.7	43.3	45.4	45.5	48.3	48.9	51	51.1	56.5
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		1.2	3.1	5	6.5	8.1	10.2	10.3	13.1	13.7	15.8	15.9	21.3
Alimento inicial (I)	258.7	273.1	278.5	261.9	262.9	323.3	325.5	311.1	341.3	319.8	306.5	300.1	
Alimento final (F)	251.4	263.8	261.9	249.8	252	306.4	311.1	299.2	319.8	306.5	288.5	289.2	
Alimento ingerido (AI=I-F)	7.3	9.3	16.6	12.1	10.9	16.9	14.4	11.9	21.5	13.3	18	10.9	
Alimento acumulado (ΣAI)	7.3	16.6	33.2	45.3	56.2	73.1	87.5	99.4	120.9	134.2	152.2	163.1	
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo: H	Peso Inic	43.7	Dieta: Fp		Fecha:25/04/2011							
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.7	41.5	43.1	44.4	46.7	48.4	52	54.2	56.6	60.2	62.3	65.5	68.5
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.2	-0.6	0.7	3	4.7	8.3	10.5	12.9	16.5	18.6	21.8	24.8
Alimento inicial (I)	299.7	314.5	316.1	298.6	299.3	349.4	381	364.6	392.1	367.1	353.1	337.4	
Alimento final (F)	293.6	304.5	298.6	286.8	287.1	329.7	364.6	351	367.1	353.1	337.4	317	
Alimento ingerido (AI=I-F)	6.1	10	17.5	11.8	12.2	19.7	16.4	13.6	25	14	15.7	20.4	
Alimento acumulado (ΣAI)	6.1	16.1	33.6	45.4	57.6	77.3	93.7	107.3	132.3	146.3	162	182.4	
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo: H	Peso Inic	44.6	Dieta: Fp		Fecha:25/04/2011							
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	44.6	44.7	45.7	48	50	52.3	56.5	57.2	60.7	62.5	66.2	70.3	70.5
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		0.1	1.1	3.4	5.4	7.7	11.9	12.6	16.1	17.9	21.6	25.7	25.9
Alimento inicial (I)	260.4	268.9	276	255.2	255.2	312.5	321.3	305.4	331.2	308.4	292.5	290.1	
Alimento final (F)	249.6	256.7	255.2	240	240.5	290.6	305.4	290.8	308.4	292.5	272.5	268.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.8	12.2	20.8	15.2	14.7	21.9	15.9	14.6	22.8	15.9	20	21.2	
Alimento acumulado (ΣAI)	10.8	23	43.8	59	73.7	95.6	111.5	126.1	148.9	164.8	184.8	206	
Observaciones:													

Rata: 4	Sexo: M	Peso Inic	40.9	Dieta: Fp		Fecha:25/04/2011							
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	40.9	39.5	39.5	40.3	41.9	42.8	43.7	45.9	47.3	49.3	51.7	52.9	55.6
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-1.4	-1.4	-0.6	1	1.9	2.8	5	6.4	8.4	10.8	12	14.7
Alimento inicial (I)	259.8	271.2	280.1	268.5	268.6	317.8	320.5	310.4	343.4	313.2	297.6	291.2	
Alimento final (F)	255	264.2	268.5	257.5	259.3	302.5	310.4	300.7	313.2	297.6	284.9	278.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	4.8	7	11.6	11	9.3	15.3	10.1	9.7	30.2	15.6	12.7	12.3	
Alimento acumulado (Σ AI)	4.8	11.8	23.4	34.4	43.7	59	69.1	78.8	109	124.6	137.3	149.6	
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo: M	Peso Inic	49.6	Dieta: Fp		Fecha:25/04/2011							
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	49.6	41.5	41.9	43.2	41.9	43.7	45.2	46.5	48.4	47.1	47.4	51.5	53.9
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-8.1	-7.7	-6.4	-7.7	-5.9	-4.4	-3.1	-1.2	-2.5	-2.2	1.9	4.3
Alimento inicial (I)	298.8	310.1	315.3	302.1	302.7	353.7	357.6	343.3	371.7	351.1	326.3	330.8	
Alimento final (F)	292.8	301.2	302.1	291.9	292.9	337.8	343.3	331.6	351.1	326.3	313.6	318.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	6	8.9	13.2	10.2	9.8	15.9	14.3	11.7	20.6	24.8	12.7	11.9	
Alimento acumulado (Σ AI)	6	14.9	28.1	38.3	48.1	64	78.3	90	110.6	135.4	148.1	160	
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo: M	Peso Inic	50.9	Dieta: Fp		Fecha:25/04/2011							
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	50.9	50.2	52.9	53	55.5	56.9	58.6	61.5	65.5	67.8	71.7	73.2	76.3
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-0.7	2	2.1	4.6	6	7.7	10.6	14.6	16.9	20.8	22.3	25.4
Alimento inicial (I)	305.4	309.8	322.5	303.1	303.1	355.1	357.3	341.2	367.3	343.6	327.8	332.9	
Alimento final (F)	296.5	296.2	303.1	288.1	291.7	334.4	341.2	327	343.6	327.8	313.3	309.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	8.9	13.6	19.4	15	11.4	20.7	16.1	14.2	23.7	15.8	14.5	23.1	
Alimento acumulado (Σ AI)	8.9	22.5	41.9	56.9	68.3	89	105.1	119.3	143	158.8	173.3	196.4	
Observaciones:													

Frijol peruano + Ca

Rata: 1	Sexo:	Peso Inic	38.7	Dieta: Fp+Ca	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	38.7	38.8	41.4	43.8	46.8	49.7	53.5	53.9	59.9	65.7	69.4	70.5	76.7
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		0.1	2.7	5.1	8.1	11	14.8	15.2	21.2	27	30.7	31.8	38
Alimento inicial (I)	284	303.7	301.9	283	284.1	332.1	345	330.8	353.8	327	309.6	322.2	
Alimento final (F)	277	292.9	283	268.8	274.1	310.4	330.8	313.5	327	309.6	292.3	294.4	
Alimento ingerido (AI=I-F)	6.8	10.8	18.9	14.2	10	21.7	14.2	17.3	26.8	17.4	17.3	27.8	
Alimento acumulado (Σ AI) día	6.8	17.6	36.5	50.7	60.7	82.4	96.6	113.9	140.7	158.1	175.4	203.2	
Observaciones:													

Rata: 2	Sexo:	Peso Inic	43.2	Dieta: Fp+Ca	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.2	40.5	42.9	44.5	45.6	49.7	52.8	54.6	58.2	58.5	62	63.2	63.2
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.7	-0.3	1.3	2.4	6.5	9.6	11.4	15	15.3	18.8	20	20
Alimento inicial (I)	298	311.9	314.2	295.5	296.1	340.1	365.3	352	379.5	357.9	338.3	323.2	
Alimento final (F)	288	300.9	295.5	284.1	282.5	321	352	339.1	357.9	338.3	323.2	307.4	
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.1	11	18.7	11.4	13.6	19.1	13.3	12.9	21.6	19.6	15.1	15.8	
Alimento acumulado (Σ AI) día	10.1	21.1	39.8	51.2	64.8	83.9	97.2	110.1	131.7	151.3	166.4	182.2	
Observaciones:													

Rata: 3	Sexo:	Peso Inic	45.3	Dieta: Fp+Ca	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	45.3	43	45.4	48.3	49.9	51.7	56.1	58.4	61.7	63.9	66.6	64	62.5
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.3	0.1	3	4.6	6.4	10.8	13.1	16.4	18.6	21.3	18.7	17.2
Alimento inicial (I)	300	317.2	316	299.4	299.6	337.3	344.5	332	358.8	339.1	325.7	343.5	
Alimento final (F)	290	307.8	299.4	287.8	275.2	319.1	332	318.4	339.1	325.7	315.7	327	
Alimento ingerido (AI=I-F)	9.4	9.4	16.6	11.6	24.4	18.2	12.5	13.6	19.7	13.4	10	16.5	
Alimento acumulado (Σ AI) día	9.4	18.8	35.4	47	71.4	89.6	102.1	115.7	135.4	148.8	158.8	175.3	
Observaciones:													

Rata: 4	Sexo:	Peso Inic	40	Dieta: Fp+Ca	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	40	40	42.2	44.9	46.8	47.6	50.5	52.4	56.6	58	59.5	60	62.3
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		0	2.2	4.9	6.8	7.6	10.5	12.4	16.6	18	19.5	20	22.3
Alimento inicial (I)	300	311.2	315.4	308.6	309.3	355.3	352	340.8	368.9	346.4	335.4	339.6	
Alimento final (F)	290	302.9	300.9	298.8	299.9	339.8	340.8	328.7	346.4	335.4	323.1	323.1	
Alimento ingerido (AI=I-F)	9.3	8.3	14.5	9.8	9.4	15.5	11.2	12.1	22.5	11	12.3	16.5	
Alimento acumulado (Σ AI) día	9.3	17.6	32.1	41.9	51.3	66.8	78	90.1	112.6	123.6	135.9	152.4	
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo:	Peso Inic	41.9	Dieta: Fp+Ca	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.9	39	40.9	43.3	45.7	48.3	51.2	53.6	56.1	58.1	61.6	61.1	67.1
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.9	-1	1.4	3.8	6.4	9.3	11.7	14.2	16.2	19.7	19.2	25.2
Alimento inicial (I)	257	264.9	275.9	258.6	258.4	296	304.2	291.5	321.8	303.6	290.8	295.5	
Alimento final (F)	248	255	258.6	247.4	233.6	277.8	291.5	279.9	303.6	290.8	278	275.4	
Alimento ingerido (AI=I-F)	8.9	9.9	17.3	11.2	24.8	18.2	12.7	11.6	18.2	12.8	12.8	20.1	
Alimento acumulado (Σ AI) día	8.9	18.8	36.1	47.3	72.1	90.3	103	114.6	132.8	145.6	158.4	178.5	
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo:	Peso Inic	48.4	Dieta: Fp+Ca	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	48.4	49	49.9	51.3	53	55.1	60	61.4	66.8	67.8	69.2	67.2	72.3
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		0.6	1.5	2.9	4.6	6.7	11.6	13	18.4	19.4	20.8	18.8	23.9
Alimento inicial (I)	310	320.5	328.4	310.4	310.9	348.3	343	328.3	358.5	340	325.5	335.7	
Alimento final (F)	300	309.6	310.4	297.6	298.3	329.2	328.3	312.5	340	325.5	313.6	313.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.5	10.9	18	12.8	12.6	19.1	14.7	15.8	18.5	14.5	11.9	21.8	
Alimento acumulado (Σ AI) día	10.5	21.4	39.4	52.2	64.8	83.9	98.6	114.4	132.9	147.4	159.3	181.1	
Observaciones:													

Frijol Peruano + Fe

Rata: 1	Sexo: H	Peso Inic	40.5	Dieta: Fp+Fe	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	40.5	40	42.6	43.5	46.3	47	50	52.8	55.1	58.8	62.1	64	66.4
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-0.5	2.1	3	5.8	6.5	9.5	12.3	14.6	18.3	21.6	23.5	25.9
Alimento inicial (I)	208	212.8	223.1	206.1	206	234.1	233.2	222.7	241.2	228.2	211.2	255.3	
Alimento final (F)	199.7	202.3	206.1	191.2	194.3	211.1	217.2	207.1	216.2	211.2	196	230.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	8.3	10.5	17	14.9	11.7	23	16	15.6	25	17	15.2	25	
Alimento acumulado (Σ AI) día	8.3	18.8	35.8	50.7	62.4	85.4	101.4	117	142	159	174.2	199.2	
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo: H	Peso Inic	42.3	Dieta: Fp+Fe	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	42.3	42.8	42.9	45	46.3	47.9	50.7	52.1	55.3	56	59.5	61.9	60.7
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		0.5	0.6	2.7	4	5.6	8.4	9.8	13	13.7	17.2	19.6	18.4
Alimento inicial (I)	241	245.6	256.3	239.8	238	265.4	273.1	259.2	284	260.8	245.4	262.1	
Alimento final (F)	233.1	236.8	239.8	227.6	226.6	245.2	259.2	245.6	260.8	245.4	231.8	241.1	
Alimento ingerido (AI=I-F)	7.9	8.8	16.5	12.2	11.4	20.2	13.9	13.6	23.2	15.4	13.6	21	
Alimento acumulado (Σ AI) día	7.9	16.7	33.2	45.4	56.8	77	90.9	104.5	127.7	143.1	156.7	177.7	
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo: H	Peso Inic	46.2	Dieta: Fp+Fe	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.2	44	44.7	47.3	48.9	51.4	53.7	54.6	58	60.2	62	63.8	64.5
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.2	-1.5	1.1	2.7	5.2	7.5	8.4	11.8	14	15.8	17.6	18.3
Alimento inicial (I)	250.5	254.6	265.5	248.1	249.2	274.9	278.2	264.7	293.3	269.2	253.6	270.6	
Alimento final (F)	241.6	241	245.1	233.7	237.1	253.9	264.7	250.1	269.2	253.6	239.6	249	
Alimento ingerido (AI=I-F)	8.9	13.6	20.4	14.4	12.1	21	13.5	14.6	24.1	15.6	14	21.6	
Alimento acumulado (Σ AI) día	8.9	22.5	42.9	57.3	69.4	90.4	103.9	118.5	142.6	158.2	172.2	193.8	
Observaciones:													

Rata: 4	Sexo: M	Peso Inic	39	Dieta: Fp+Fe	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	39	36.3	37.4	38.6	40.3	40.5	43.1	44.6	47.7	48.3	48.8	52.3	52
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.7	-1.6	-0.4	1.3	1.5	4.1	5.6	8.7	9.3	9.8	13.3	13
Alimento inicial (I)	245.2	256.1	261.5	249.4	251.2	270.1	280.9	271	298.8	283.2	273.6	273.8	
Alimento final (F)	240.7	248.6	249.4	239.7	243.6	254.5	271	259.8	283.2	273.6	263.3	260.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	4.5	7.5	12.1	9.7	7.6	15.6	9.9	11.2	15.6	9.6	10.3	13	
Alimento acumulado (Σ AI) día	4.5	12	24.1	33.8	41.4	57	66.9	78.1	93.7	103.3	113.6	126.6	
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo: M	Peso Inic	42.7	Dieta: Fp+Fe	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	42.7	40.5	41	41.8	43.9	46.4	49.1	49.8	52.2	54	55.4	57.6	58
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-2.2	-1.7	-0.9	1.2	3.7	6.4	7.1	9.5	11.3	12.7	14.9	15.3
Alimento inicial (I)	263.9	263.4	279.1	263.9	264.1	288.6	310.6	299.2	314.3	295.9	278.5	350	
Alimento final (F)	256	255.6	263.9	252.9	255.4	271.3	299.2	285.8	295.9	278.5	265.9	331.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	7.9	7.8	15.2	11	8.7	17.3	11.4	13.4	18.4	17.4	12.6	18.1	
Alimento acumulado (Σ AI) día	7.9	15.7	30.9	41.9	50.6	67.9	79.3	92.7	111.1	128.5	141.1	159.2	
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo: M	Peso Inic	47	Dieta: Fp+Fe	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	47	46.3	47.5	49.6	51.1	52.6	57.7	58.6	61.3	63.5	67.3	70.2	71.1
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		-0.7	0.5	2.6	4.1	5.6	10.7	11.6	14.3	16.5	20.3	23.2	24.1
Alimento inicial (I)	248.5	246	263.3	244.9	245.4	272.7	289.6	274.8	295.1	272.9	256.7	268.7	
Alimento final (F)	237.8	233.2	244.9	231.6	232.2	249.9	274.8	259.8	272.9	256.7	241.1	243.4	
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.7	12.8	18.4	13.3	13.2	22.8	14.8	15	22.2	16.2	15.6	25.3	
Alimento acumulado (Σ AI) día	10.7	23.5	41.9	55.2	68.4	91.2	106	121	143.2	159.4	175	200.3	
Observaciones:													

Frijol peruano + Maíz

Rata: 1	Sexo: H	Peso Inic	38.1	Dieta: Fp+M	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	38.1	40.9	43.9	52.3	57.6	64.9	74.2	81.9	84.1	88.7	96.9	104.9	110
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		2.8	5.8	14.2	19.5	26.8	36.1	43.8	46	50.6	58.8	66.8	71.9
Alimento inicial (I)	302.6	314.6	328.8	311.9	313.5	348.5	343.3	319.4	352.7	333.9	323.9	327.1	
Alimento final (F)	291.4	302.5	304	291.4	293.4	318.9	319.4	300.3	317	305.7	294.8	288.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.2	12.1	24.8	20.5	20.1	29.6	23.9	19.1	35.7	28.2	29.1	38.3	
Alimento acumulado (Σ AI) día	11.2	23.3	48.1	68.6	88.7	118.3	142.2	161.3	197	225.2	254.3	292.6	
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo: H	Peso Inic	43.6	Dieta: Fp+M	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.6	49	53.6	65.1	69	74.5	83.3	87.5	89.1	92.4	102.2	109	117
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		5.4	10	21.5	25.4	30.9	39.7	43.9	45.5	48.8	58.6	65.4	73.4
Alimento inicial (I)	273.7	272.8	289.6	269.8	271.2	307.8	307.1	285.2	312.2	291.3	283.9	292.3	
Alimento final (F)	258.4	255.4	259.5	248.4	250.2	274.5	285.2	264.6	280.5	265.2	255.1	253.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.3	17.4	30.1	21.4	21	33.3	21.9	20.6	31.7	26.1	28.8	39	
Alimento acumulado (Σ AI) día	15.3	32.7	62.8	84.2	105.2	138.5	160.4	181	212.7	238.8	267.6	306.6	
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo: H	Peso Inic	44.9	Dieta: Fp+M	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	44.9	49.5	50.6	56.6	63.2	73.7	80.1	84.2	92.2	94.4	101.2	103.6	119.8
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		4.6	5.7	11.7	18.3	28.8	35.2	39.3	47.3	49.5	56.3	58.7	74.9
Alimento inicial (I)	257.8	254.8	264.7	253.7	253.3	280	300.4	276	299.5	277.6	268.2	264.7	
Alimento final (F)	241.6	239.7	237.2	229.7	228.4	250.8	276	249.4	261.9	250.3	245.5	224.5	
Alimento ingerido (AI=I-F)	16.2	15.1	27.5	24	24.9	29.2	24.4	26.6	37.6	27.3	22.7	40.2	
Alimento acumulado (Σ AI) día	16.2	31.3	58.8	82.8	107.7	136.9	161.3	187.9	225.5	252.8	275.5	315.7	
Observaciones:													

Rata: 4	Sexo: M	Peso Inic	40.7	Dieta: Fp+M	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	40.7	43.9	49.6	59.2	61.5	67.3	76.1	80.3	80	87.6	95.3	103.4	101.4
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		3.2	8.9	18.5	20.8	26.6	35.4	39.6	39.3	46.9	54.6	62.7	60.7
Alimento inicial (I)	298.9	297.4	312.8	296.3	297.8	329.8	331.8	304.8	326.3	308.4	309.8	319.5	
Alimento final (F)	285.9	281.7	283.9	280.2	277.8	291.9	304.8	277.5	286.3	275.6	281.2	289.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	13	15.7	28.9	16.1	20	37.9	27	27.3	40	32.8	28.6	30.2	
Alimento acumulado (Σ AI) día	13	28.7	57.6	73.7	93.7	131.6	158.6	185.9	225.9	258.7	287.3	317.5	
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo: M	Peso Inic	41.7	Dieta: Fp+M	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.7	45.6	48.1	56.5	59.8	61	67.1	72	78.5	82.9	89.1	92.8	99.9
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		3.9	6.4	14.8	18.1	19.3	25.4	30.3	36.8	41.2	47.4	51.1	58.2
Alimento inicial (I)	260.6	264.8	276.1	259.1	259.2	293.5	291.7	272.5	301	281.3	271.9	283.8	
Alimento final (F)	247.6	251.6	251.7	242.5	245.6	268.4	272.5	252.8	272.5	259.1	249.9	247.2	
Alimento ingerido (AI=I-F)	13	13.2	24.4	16.6	13.6	25.1	19.2	19.7	28.5	22.2	22	36.6	
Alimento acumulado (Σ AI) día	13	26.2	50.6	67.2	80.8	105.9	125.1	144.8	173.3	195.5	217.5	254.1	
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo: M	Peso Inic	49.8	Dieta: Fp+M	Fecha:25/04/2011								
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	49.8	51.7	56.6	64.3	68.9	74.5	80	84.5	92.2	96.2	101.9	105.2	105.5
Incremento acumulado (Pdía - Pi)		1.9	6.8	14.5	19.1	24.7	30.2	34.7	42.4	46.4	52.1	55.4	55.7
Alimento inicial (I)	295.2	301.1	310	292.1	293	310	325.1	303.1	331.8	305.4	303.9	313	
Alimento final (F)	281.6	286.3	284	273.3	274.9	282.8	303.1	280.8	299.2	279.3	279	280.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	13.6	14.8	26	18.8	18.1	27.2	22	22.3	32.6	26.1	24.9	32.7	
Alimento acumulado (Σ AI) día	13.6	28.4	54.4	73.2	91.3	118.5	140.5	162.8	195.4	221.5	246.4	279.1	
Observaciones:													

Caseína 7%

25 Abril 2011

Rata: 1		Sexo:	Hembra	Peso inicial:	40,9											
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29			
Peso animal (Pdía)	40,9	42,3	45,1	50,2	57,4	65,3	74,8	76,5	80,0	80,7	85,2	88,6	95,5			
Incremento acumulado (Pdía-Pi)	1,4	4,2	9,3	16,5	24,4	33,9	35,6	39,1	39,8	44,3	47,7	54,6				
Alimento inicial (I)	249,3	247,0	259,8	245,5	260,6	263,0	251,7	266,6	257,2	257,9	267,6					
Alimento final (F)	239,2	233,4	235,9	225,3	226,2	243,4	230,1	238,0	234,4	236,2	234,9					
Alimento ingerido (AI=I-F)	10,1	13,6	23,9	20,2	34,4	19,6	21,6	28,6	22,8	21,7	32,7					
Alimento acumulado (ZAI) día	10,1	23,7	47,6	67,8	88,3	122,7	142,3	163,9	192,5	215,3	237,0	269,7	269,7			
Observaciones:																
Rata: 2		Sexo:	Hembra	Peso inicial:	41,6											
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29			
Peso animal (Pdía)	41,6	45,9	47,8	51,1	54,3	58,3	62,4	63,4	68,0	69,8	75,0	76,8	80,0			
Incremento acumulado (Pdía-Pi)	4,3	6,2	9,5	12,7	16,7	20,8	21,8	26,4	28,2	33,4	35,2	38,4				
Alimento inicial (I)	246,9	238,3	257,8	240,3	256,0	275,5	256,8	270,8	256,5	257,7	265,9					
Alimento final (F)	232,6	226,0	234,3	222,7	224,2	226,0	256,8	234,6	244,0	234,9	237,3	241,2				
Alimento ingerido (AI=I-F)	14,3	12,3	23,5	17,4	16,1	18,7	22,2	26,8	21,6	20,4	24,7					
Alimento acumulado (ZAI) día	14,3	26,6	50,1	67,5	83,6	113,6	132,3	154,5	181,3	202,9	223,3	248,0	248,0			
Observaciones:																
Rata: 3		Sexo:	Hembra	Peso inicial:	47											
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29			
Peso animal (Pdía)	47,0	51,2	55,1	61,2	63,8	69,3	72,7	75,3	79,6	84,2	90,5	102,5				
Incremento acumulado (Pdía-Pi)	4,2	8,1	14,2	16,8	22,3	25,7	28,3	32,6	37,2	43,5	43,5	55,5				
Alimento inicial (I)	258,0	255,9	260,0	246,4	260,9	270,8	249,9	264,8	258,7	258,5	268,9					
Alimento final (F)	242,1	241,5	233,0	228,0	227,5	230,7	249,9	228,0	230,7	235,0	238,7	230,3				
Alimento ingerido (AI=I-F)	15,9	14,4	27,0	18,4	19,0	30,2	20,9	21,9	34,1	23,7	19,8	38,6				
Alimento acumulado (ZAI) día	15,9	30,3	57,3	75,7	94,7	124,9	145,8	167,7	201,8	225,5	245,3	283,9	283,9			
Observaciones:																

Rata: 4	Sexo:	Macho	Peso inicial:	38.3									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	38.3	40.3	44.1	49.3	53.0	57.1	69.4	70.9	76.6	79.4	82.7	87.4	94.9
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		2.0	5.8	11.0	14.7	18.8	31.1	32.6	38.3	41.1	44.4	49.1	56.6
Alimento inicial (I)	252.7	251.5	261.9	245.5	247.4	253.3	278.3	255.8	267.1	262.3	262.9	273.8	
Alimento final (F)	241.3	238.3	231.5	228.2	230.4	218.8	255.8	231.2	233.3	239.3	241.3	234.4	
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.4	13.2	30.4	17.3	17.0	34.5	22.5	24.6	33.8	23.0	21.6	39.4	0.0
Alimento acumulado (Σ AI) día	11.4	24.6	55.0	72.3	89.3	123.8	146.3	170.9	204.7	227.7	249.3	288.7	288.7
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo:	Macho	Peso inicial:	43.5									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.5	48.2	53.3	60.3	65.7	71.3	75.2	79.5	84.7	90.5	97.9	103.4	107.8
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		4.7	9.8	16.8	22.2	27.8	31.7	36.0	41.2	47.0	54.4	59.9	64.3
Alimento inicial (I)	251.2	245.3	261.0	245.1	245.2	261.2	273.4	251.8	267.6	260.8	261.1	271.9	
Alimento final (F)	235.4	228.4	233.6	223.4	224.3	230.1	251.8	228.3	234.4	234.5	238.4	242.0	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.8	16.9	27.4	21.7	20.9	31.1	21.6	23.5	33.2	26.3	22.7	29.9	0.0
Alimento acumulado (Σ AI) día	15.8	32.7	60.1	81.8	102.7	133.8	155.4	178.9	212.1	238.4	261.1	291.0	291.0
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo:	Macho	Peso inicial:	46.5									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.5	51.6	53.4	64.5	70.2	78.4	85.0	86.4	92.8	103.1	108.5	115.4	118.8
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		5.1	6.9	18.0	23.7	31.9	38.5	39.9	46.3	56.6	62.0	68.9	72.3
Alimento inicial (I)	248.0	242.4	258.4	241.7	241.5	258.1	266.2	247.9	261.2	256.2	257.0	267.3	
Alimento final (F)	232.8	228.1	225.8	221.8	219.3	225.0	243.0	223.1	221.8	228.9	232.1	227.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.2	14.3	32.6	19.9	22.2	33.1	23.2	24.8	39.4	27.3	24.9	40.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI) día	15.2	29.5	62.1	82.0	104.2	137.3	160.5	185.3	224.7	252.0	276.9	316.9	316.9
Observaciones:													

HMN

					25	Abril	2011						
Rata: 1	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	40.9									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	40.9	41.0	43.5	46.6	47.7	50.6	52.0	53.1	55.4	57.5	59.2	61.9	62.9
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		0.1	2.6	5.7	6.8	9.7	11.1	12.2	14.5	16.6	18.3	21.0	22.0
Alimento inicial (I)	259.7	252.2	269.4	255.2	257.4	271.0	275.1	259.8	272.5	260.7	271.5	282.4	
Alimento final (F)	246.2	239.1	242.6	238.9	242.9	247.6	259.8	243.1	248.3	242.2	253.4	265.2	
Alimento ingerido (AI=I-F)	13.5	13.1	26.8	16.3	14.5	23.4	15.3	16.7	24.2	18.5	18.1	17.2	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	13.5	26.6	53.4	69.7	84.2	107.6	122.9	139.6	163.8	182.3	200.4	217.6	217.6
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	41.6									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.6	41.8	43.9	46.8	48.6	50.7	53.3	54.9	59.2	60.6	62.3	64.7	67.7
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		0.2	2.3	5.2	7.0	9.1	11.7	13.3	17.6	19.0	20.7	23.1	26.1
Alimento inicial (I)	298.4	296.2	307.7	295.0	297.7	308.7	311.7	295.1	302.0	307.1	309.0	319.3	
Alimento final (F)	284.7	282.8	285.5	279.3	283.5	283.7	295.1	271.6	276.6	289.3	293.6	292.7	
Alimento ingerido (AI=I-F)	13.7	13.4	22.2	15.7	14.2	25.0	16.6	23.5	25.4	17.8	15.4	26.6	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	13.7	27.1	49.3	65.0	79.2	104.2	120.8	144.3	169.7	187.5	202.9	229.5	229.5
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	47.5									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	47.5	46.7	48.9	51.8	52.4	53.7	57.4	58.1	62.9	63.8	68.0	70.9	73.3
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		-0.8	1.4	4.3	4.9	6.2	9.9	10.6	15.4	16.3	20.5	23.4	25.8
Alimento inicial (I)	254.0	251.4	263.9	250.7	251.1	254.8	266.1	252.0	264.9	262.3	264.4	275.8	
Alimento final (F)	238.9	237.0	239.1	236.5	236.0	230.8	252.0	232.1	239.4	243.3	247.5	249.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.1	14.4	24.8	14.2	15.1	24.0	14.1	19.9	25.5	19.0	16.9	26.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	15.1	29.5	54.3	68.5	83.6	107.6	121.7	141.6	167.1	186.1	203.0	229.0	229.0
Observaciones:													

Rata: 4	Sexo:	Macho	Peso inicial:	37.6									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	37.6	48.1	39.8	40.5	43.2	43.6	43.7	46.3	47.7	49.4	51.3	53.0	54.3
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		10.5	2.2	2.9	5.6	6.0	6.1	8.7	10.1	11.8	13.7	15.4	16.7
Alimento inicial (I)	299.2	302.3	309.8	297.8	298.5	308.7	328.4	314.6	331.3	312.0	309.3	320.1	
Alimento final (F)	290.1	290.9	292.3	284.7	288.1	291.1	314.6	299.9	312.0	295.7	294.3	309.1	
Alimento ingerido (AI=I-F)	9.1	11.4	17.5	13.1	10.4	17.6	13.8	14.7	19.3	16.3	15.0	11.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI) día	9.1	20.5	38.0	51.1	61.5	79.1	92.9	107.6	126.9	143.2	158.2	169.2	169.2
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo:	Macho	Peso inicial:	43.6									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.6	43.8	45.9	47.6	50.0	50.7	53.2	54.3	56.4	57.8	59.4	60.7	62.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		0.2	2.3	4.0	6.4	7.1	9.6	10.7	12.8	14.2	15.8	17.1	18.4
Alimento inicial (I)	296.6	303.6	309.4	295.0	299.6	309.7	315.9	301.4	313.2	307.6	318.0	320.1	
Alimento final (F)	286.5	292.2	286.7	280.4	258.4	287.7	301.4	286.0	290.0	290.2	300.7	304.5	
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.1	11.4	22.7	14.6	41.2	22.0	14.5	15.4	23.2	17.4	17.3	15.6	0.0
Alimento acumulado (Σ AI) día	10.1	21.5	44.2	58.8	100.0	122.0	136.5	151.9	175.1	192.5	209.8	225.4	225.4
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo:	Macho	Peso inicial:	46.4									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.4	45.7	47.8	50.7	52.7	54.6	57.2	57.9	60.0	61.4	64.2	64.9	66.7
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		-0.7	1.4	4.3	6.3	8.2	10.8	11.5	13.6	15.0	17.8	18.5	20.3
Alimento inicial (I)	295.7	300.5	305.2	292.2	292.7	305.6	311.9	295.0	307.0	304.1	306.6	316.1	
Alimento final (F)	278.6	286.9	279.0	274.1	277.6	280.0	295.0	278.7	282.8	284.0	290.9	298.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	17.1	13.6	26.2	18.1	15.1	25.6	16.9	16.3	24.2	20.1	15.7	17.2	0.0
Alimento acumulado (Σ AI) día	17.1	30.7	56.9	75.0	90.1	115.7	132.6	148.9	173.1	193.2	208.9	226.1	226.1
Observaciones:													

Caseína 7% + Ca

					25	Abril	2011						
Rata: 1	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	41									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.0	40.9	50.0	58.8	66.6	77.6	85.3	85.9	89.1	94.6	101.2	108.3	116.5
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		-0.1	9.0	17.8	25.6	36.6	44.3	44.9	48.1	53.6	60.2	67.3	75.5
Alimento inicial (I)	171.5	166.8	183.4	166.6	166.5	183.4	201.9	182.1	185.6	180.3	160.5	185.6	
Alimento final (F)	156.1	149.1	151.1	140.5	139.5	144.0	182.1	157.8	146.8	152.8	133.6	141.2	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.4	17.7	32.3	26.1	27.0	39.4	19.8	24.3	38.8	27.5	26.9	44.4	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	15.4	33.1	65.4	91.5	118.5	157.9	177.7	202.0	240.8	268.3	295.2	339.6	339.6
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	41.6									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.6	47.8	53.9	61.1	68.5	72.2	75.3	77.5	84.2	87.1	93.8	97.3	107.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		6.2	12.3	19.5	26.9	30.6	33.7	35.9	42.6	45.5	52.2	55.7	65.4
Alimento inicial (I)	251.4	248.4	261.5	246.2	246.9	262.4	279.9	253.1	257.6	258.9	240.2	269.5	
Alimento final (F)	236.2	230.2	229.1	222.6	233.5	228.8	253.1	226.3	221.5	229.9	211.6	228.5	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.2	18.2	32.4	23.6	13.4	33.6	26.8	26.8	36.1	29.0	28.6	41.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	15.2	33.4	65.8	89.4	102.8	136.4	163.2	190.0	226.1	255.1	283.7	324.7	324.7
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	42.7									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	42.7	48.2	54.2	61.1	64.5	71.1	78.9	80.0	88.1	94.2	101.8	109.4	113.7
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		5.5	11.5	18.4	21.8	28.4	36.2	37.3	45.4	51.5	59.1	66.7	71.0
Alimento inicial (I)	253.7	244.3	264.7	250.6	252.1	265.4	279.6	255.7	260.4	263.7	243.8	269.4	
Alimento final (F)	237.0	227.5	235.0	230.6	230.8	230.4	255.7	226.5	220.4	235.5	215.6	226.5	
Alimento ingerido (AI=I-F)	16.7	16.8	29.7	20.0	21.3	35.0	23.9	29.2	40.0	28.2	28.2	42.9	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	16.7	33.5	63.2	83.2	104.5	139.5	163.4	192.6	232.6	260.8	289.0	331.9	331.9
Observaciones:													

Rata: 4	Sexo:	Macho	Peso inicial:	36.7									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	36.7	44.3	44.1	49.6	54.1	59.7	66.7	70.0	75.3	78.8	84.6	90.7	95.1
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		7.6	7.4	12.9	17.4	23.0	30.0	33.3	38.6	42.1	47.9	54.0	58.4
Alimento inicial (I)	251.1	246.5	255.2	243.0	243.6	255.3	278.5	256.2	264.0	255.2	236.3	255.9	
Alimento final (F)	240.2	233.2	234.3	224.8	227.2	225.9	256.2	232.2	231.5	230.4	213.4	221.9	
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.9	13.3	20.9	18.2	16.4	29.4	22.3	24.0	32.5	24.8	22.9	34.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	10.9	24.2	45.1	63.3	79.7	109.1	131.4	155.4	187.9	212.7	235.6	269.6	269.6
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo:	Macho	Peso inicial:	43.9									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.9	49.4	52.9	58.2	60.5	65.7	69.8	73.7	81.1	87.7	997.0	102.6	105.4
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		5.5	9.0	14.3	16.6	21.8	25.9	29.8	37.2	43.8	953.1	58.7	61.5
Alimento inicial (I)	256.3	255.6	257.8	245.0	245.0	258.5	266.9	249.1	260.4	256.2	237.1	258.2	
Alimento final (F)	239.8	239.7	230.0	225.2	225.2	227.1	242.2	223.0	219.8	226.8	212.2	217.6	
Alimento ingerido (AI=I-F)	16.5	15.9	27.8	19.8	19.8	31.4	24.7	26.1	40.6	29.4	24.9	40.6	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	16.5	32.4	60.2	80.0	99.8	131.2	155.9	182.0	222.6	252.0	276.9	317.5	317.5
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo:	Macho	Peso inicial:	46.3									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.3	51.7	50.1	53.1	55.4	59.4	66.3	67.2	73.2	76.9	82.6	89.9	92.2
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		5.4	3.8	6.8	9.1	13.1	20.0	20.9	26.9	30.6	36.3	43.6	45.9
Alimento inicial (I)	255.0	255.3	263.8	248.4	249.5	261.9	274.6	255.2	269.1	260.3	240.5	262.0	
Alimento final (F)	240.3	243.5	248.4	233.9	234.4	234.7	255.2	233.1	238.7	236.4	216.2	232.4	
Alimento ingerido (AI=I-F)	14.7	11.8	15.4	14.5	15.1	27.2	19.4	22.1	30.4	23.9	24.3	29.6	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	14.7	26.5	41.9	56.4	71.5	98.7	118.1	140.2	170.6	194.5	218.8	248.4	248.4
Observaciones:													

Rata: 1		Rata: 2		Rata: 3	
Sexo:	Hembra	Sexo:	Hembra	Sexo:	Hembra
Tempo (dias)	1	3	5	8	10
Peso animal (Pdla)	41.1	40.7	42.5	43.6	44.5
Peso animal (Pdla)	41.1	40.7	42.5	43.6	44.5
Incremento acumulado (Pdla-Pi)	-0.4	1.5	6.5	6.5	8.4
Alimento inicial (I)	308.4	312.7	320.5	304.9	318.4
Alimento final (F)	296.5	298.2	295.9	287.1	287.3
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.9	14.5	24.6	17.8	17.3
Alimento acumulado (ΣAI)dia	11.9	26.4	51.0	68.8	86.1
Observaciones:					
Tempo (dias)	1	3	5	8	10
Peso animal (Pdla)	41.1	40.7	42.5	43.6	44.5
Peso animal (Pdla)	41.1	40.7	42.5	43.6	44.5
Incremento acumulado (Pdla-Pi)	-0.7	1.1	2.2	3.1	4.1
Alimento inicial (I)	305.3	309.0	315.9	301.7	304.1
Alimento final (F)	295.1	295.6	295.0	289.0	291.0
Alimento ingerido (AI=I-F)	10.2	13.4	20.9	12.7	13.1
Alimento acumulado (ΣAI)dia	10.2	23.6	44.5	57.2	70.3
Observaciones:					
Tempo (dias)	1	3	5	8	10
Peso animal (Pdla)	47.8	49.3	50.9	52.7	55.3
Peso animal (Pdla)	47.8	49.3	50.9	52.7	55.3
Incremento acumulado (Pdla-Pi)	1.5	3.1	4.9	7.5	2.7
Alimento inicial (I)	294.0	297.5	309.0	291.4	292.5
Alimento final (F)	279.9	286.0	286.1	271.7	278.5
Alimento ingerido (AI=I-F)	14.1	11.5	22.9	19.7	14.0
Alimento acumulado (ΣAI)dia	14.1	25.6	48.5	68.2	82.2
Observaciones:					
Tempo (dias)	1	3	5	8	10
Peso animal (Pdla)	47.8	49.3	50.9	52.7	55.3
Peso animal (Pdla)	47.8	49.3	50.9	52.7	55.3
Incremento acumulado (Pdla-Pi)	17.0	19.0	20.0	20.9	24.2
Alimento inicial (I)	287.4	304.1	296.1	296.4	313.7
Alimento final (F)	270.8	287.4	268.8	273.7	291.7
Alimento ingerido (AI=I-F)	16.6	16.7	27.3	22.7	22.0
Alimento acumulado (ΣAI)dia	16.6	33.3	60.6	83.3	105.3
Observaciones:					
Tempo (dias)	1	3	5	8	10
Peso animal (Pdla)	47.8	49.3	50.9	52.7	55.3
Peso animal (Pdla)	47.8	49.3	50.9	52.7	55.3
Incremento acumulado (Pdla-Pi)	19.0	20.0	20.9	24.2	25.7
Alimento inicial (I)	287.4	304.1	296.1	296.4	313.7
Alimento final (F)	270.8	287.4	268.8	273.7	291.7
Alimento ingerido (AI=I-F)	16.6	16.7	27.3	22.7	22.0
Alimento acumulado (ΣAI)dia	16.6	33.3	60.6	83.3	105.3
Observaciones:					

Rata: 4	Sexo:	Macho	Peso inicial:	35.1									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	35.1	47.6	50.9	56.0	58.9	61.3	64.4	66.6	69.1	70.8	74.4	77.4	75.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		12.5	15.8	20.9	23.8	26.2	29.3	31.5	34.0	35.7	39.3	42.3	39.9
Alimento inicial (I)	271.8	268.2	282.8	270.2	270.8	283.6	296.0	277.6	280.5	280.8	261.6	292.1	
Alimento final (F)	256.0	251.7	254.8	250.2	254.7	255.8	277.6	258.7	255.4	261.6	244.5	274.1	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.8	16.5	28.0	20.0	16.1	27.8	18.4	18.9	25.1	19.2	17.1	18.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	15.8	32.3	60.3	80.3	96.4	124.2	142.6	161.5	186.6	205.8	222.9	240.9	240.9
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo:	Macho	Peso inicial:	43.9									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.9	45.9	48.0	50.4	53.2	54.6	58.4	61.0	62.5	64.9	66.9	68.9	71.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		2.0	4.1	6.5	9.3	10.7	14.5	17.1	18.6	21.0	23.0	25.0	27.1
Alimento inicial (I)	307.5	306.3	321.4	303.9	302.9	320.0	335.5	316.7	326.7	318.5	301.8	328.9	
Alimento final (F)	296.1	296.1	297.2	286.6	287.5	293.2	316.7	298.4	301.7	301.8	284.7	303.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.4	10.2	24.2	17.3	15.4	26.8	18.8	18.3	25.0	16.7	17.1	25.1	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	11.4	21.6	45.8	63.1	78.5	105.3	124.1	142.4	167.4	184.1	201.2	226.3	226.3
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo:	Macho	Peso inicial:	46.2									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.2	47.6	49.2	53.4	54.7	57.4	59.1	60.6	63.7	65.9	67.9	67.7	68.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		1.4	3.0	7.2	8.5	11.2	12.9	14.4	17.5	19.7	21.7	21.5	21.8
Alimento inicial (I)	295.0	296.6	304.2	291.9	292.2	306.7	314.8	296.8	303.6	303.4	283.9	316.3	
Alimento final (F)	280.0	278.3	279.2	274.6	277.0	281.6	296.8	276.5	277.5	283.9	272.5	299.6	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.0	18.3	25.0	17.3	15.2	25.1	18.0	20.3	26.1	19.5	11.4	16.7	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	15.0	33.3	58.3	75.6	90.8	115.9	133.9	154.2	180.3	199.8	211.2	227.9	227.9
Observaciones:													

Caseína7%+Fe

				25	Abril	2011							
Rata: 1	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	41.2									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.2	42.5	45.5	52.0	59.5	65.8	72.3	75.6	77.4	81.6	86.1	91.8	99.1
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		1.3	4.3	10.8	18.3	24.6	31.1	34.4	36.2	40.4	44.9	50.6	57.9
Alimento inicial (I)	173.8	174.0	191.8	173.6	173.5	203.6	239.6	218.6	217.3	183.5	185.4	194.4	
Alimento final (F)	161.4	161.5	164.1	152.8	152.6	170.1	218.6	195.5	183.5	159.4	164.1	155.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	12.4	12.5	27.7	20.8	20.9	33.5	21.0	218.6	33.8	24.1	21.3	39.1	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	12.4	24.9	52.6	73.4	94.3	127.8	148.8	367.4	401.2	425.3	446.6	485.7	485.7
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	41.2									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	41.2	42.3	42.5	49.5	52.5	57.9	65.0	68.5	73.5	74.3	77.4	81.4	85.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		1.1	1.3	8.3	11.3	16.7	23.8	27.3	32.3	33.1	36.2	40.2	43.8
Alimento inicial (I)	253.4	254.5	264.4	250.3	249.8	282.8	297.3	276.5	281.9	263.2	263.0	273.4	
Alimento final (F)	241.9	244.4	241.1	234.7	232.9	251.7	276.5	255.7	242.3	255.1	245.6	243.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.5	10.1	23.3	15.6	16.9	31.1	20.8	20.8	39.6	8.1	17.4	29.6	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	11.5	21.6	44.9	60.5	77.4	108.5	129.3	150.1	189.7	197.8	215.2	244.8	244.8
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	48.5									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	48.5	52.3	50.9	64.4	68.3	72.9	79.8	70.9	84.5	90.8	98.1	102.5	108.4
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		3.8	2.4	15.9	19.8	24.4	31.3	22.4	36.0	42.3	49.6	54.0	59.9
Alimento inicial (I)	252.7	244.8	264.3	251.9	251.5	278.0	283.4	265.7	269.9	262.4	263.0	274.2	
Alimento final (F)	236.8	225.6	235.1	226.4	229.4	242.4	265.7	239.8	236.6	231.6	236.5	239.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	15.9	19.2	29.2	23.5	22.1	35.6	17.7	25.9	33.3	30.8	24.5	34.4	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	15.9	35.1	64.3	87.8	109.9	145.5	163.2	189.1	222.4	253.2	277.7	312.1	312.1
Observaciones:													

HMN+Fe

					25	Abril	2011						
Rata: 1	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	40.8									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	40.8	41.1	42.4	43.4	46.0	47.9	51.0	51.0	54.8	57.3	60.6	62.5	61.5
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		0.3	1.6	2.6	5.2	7.1	10.2	10.2	14.0	16.5	19.8	21.7	20.7
Alimento inicial (I)	249.0	248.1	261.1	245.3	245.8	258.5	265.8	252.6	264.9	253.2	259.1	267.0	
Alimento final (F)	238.0	234.7	239.8	228.3	230.8	231.8	244.8	230.3	233.3	218.4	246.2	250.0	
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.0	13.4	21.3	17.0	15.0	26.7	21.0	22.3	31.6	34.8	12.9	17.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	11.0	24.4	45.7	62.7	77.7	104.4	125.4	147.7	179.3	214.1	227.0	244.0	244.0
Observaciones:													
Rata: 2	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	42									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	42.0	36.4	42.1	45.2	47.1	48.1	51.4	53.6	58.3	61.5	62.1	67.1	68.4
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		-5.6	0.1	3.2	5.1	6.1	9.4	11.6	16.3	19.5	20.1	25.1	26.4
Alimento inicial (I)	239.3	232.8	249.3	232.0	232.0	250.6	251.5	252.6	257.8	247.5	247.6	258.6	
Alimento final (F)	226.4	216.4	224.3	212.7	217.4	223.1	229.7	226.4	225.6	220.2	230.5	223.6	
Alimento ingerido (AI=I-F)	12.9	16.4	25.0	19.3	14.6	27.5	21.8	26.2	32.2	27.3	17.1	35.0	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	12.9	29.3	54.3	73.6	88.2	115.7	137.5	163.7	195.9	223.2	240.3	275.3	275.3
Observaciones:													
Rata: 3	Sexo:	Hembra	Peso inicial:	46.8									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.8	45.7	46.0	46.7	48.6	42.9	52.3	55.2	58.5	61.5	64.6	65.1	67.5
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		-1.1	-0.8	-0.1	1.8	-3.9	5.5	8.4	11.7	14.7	17.8	18.3	20.7
Alimento inicial (I)	251.6	243.7	260.8	240.1	241.6	262.1	262.9	249.5	263.3	258.5	260.1	268.3	
Alimento final (F)	238.7	230.6	240.1	224.0	233.7	236.9	246.6	230.7	237.6	239.2	246.7	243.6	
Alimento ingerido (AI=I-F)	12.9	13.1	20.7	16.1	7.9	25.2	16.3	18.8	25.7	19.3	13.4	24.7	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	12.9	26.0	46.7	62.8	70.7	95.9	112.2	131.0	156.7	176.0	189.4	214.1	214.1
Observaciones:													

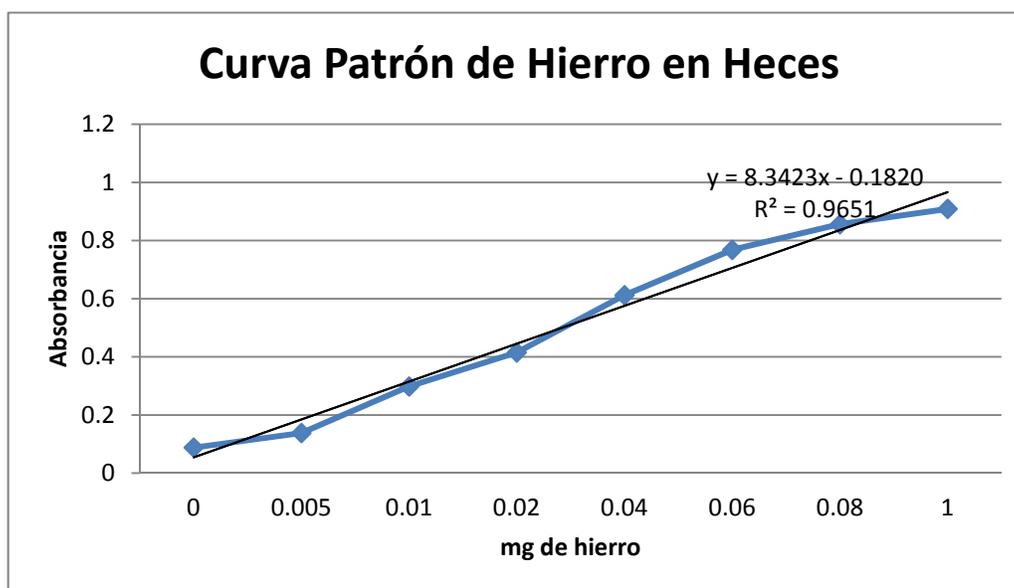
Rata: 4	Sexo:	Macho	Peso inicial:	38.6									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	38.6	40.3	41.2	43.3	45.5	45.7	49.2	52.2	53.6	56.2	57.8	62.2	61.9
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		1.7	2.6	4.7	6.9	7.1	10.6	13.6	15.0	17.6	19.2	23.6	23.3
Alimento inicial (I)	249.2	244.3	259.9	244.3	244.7	259.9	260.4	251.2	260.1	257.8	258.4	267.0	
Alimento final (F)	240.7	232.9	238.8	228.6	233.2	237.8	243.5	234.0	237.3	240.6	242.7	244.3	
Alimento ingerido (AI=I-F)	8.5	11.4	21.1	15.7	11.5	22.1	16.9	17.2	22.8	17.2	15.7	22.7	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	8.5	19.9	41.0	56.7	68.2	90.3	107.2	124.4	147.2	164.4	180.1	202.8	202.8
Observaciones:													
Rata: 5	Sexo:	Macho	Peso inicial:	43.3									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	43.3	44.1	46.3	47.3	48.9	49.3	53.0	54.4	55.3	58.5	57.8	60.1	62.0
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		0.8	3.0	4.0	5.6	6.0	9.7	11.1	12.0	15.2	14.5	16.8	18.7
Alimento inicial (I)	239.7	244.5	260.3	239.6	239.5	259.5	263.5	252.7	272.9	258.9	258.1	274.1	
Alimento final (F)	239.2	232.7	239.6	224.0	228.5	236.4	249.4	239.0	252.2	245.7	246.0	256.8	
Alimento ingerido (AI=I-F)	0.5	11.8	20.7	15.6	11.0	23.1	14.1	13.7	20.7	13.2	12.1	17.3	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	0.5	12.3	33.0	48.6	59.6	82.7	96.8	110.5	131.2	144.4	156.5	173.8	173.8
Observaciones:													
Rata: 6	Sexo:	Macho	Peso inicial:	46.6									
Tiempo (días)	1	3	5	8	10	12	15	17	19	22	24	26	29
Peso animal (Pdía)	46.6	46.6	48.1	49.7	52.0	51.7	54.6	54.4	57.7	59.3	60.7	63.0	63.8
Incremento acumulado (Pdía-Pi)		0.0	1.5	3.1	5.4	5.1	8.0	7.8	11.1	12.7	14.1	16.4	17.2
Alimento inicial (I)	245.5	239.1	253.8	233.0	233.9	255.1	272.0	258.8	277.3	257.9	256.6	267.4	
Alimento final (F)	233.8	227.0	233.0	221.0	222.8	234.3	258.8	244.4	257.9	245.2	244.3	248.5	
Alimento ingerido (AI=I-F)	11.7	12.1	20.8	12.0	11.1	20.8	13.2	14.4	19.4	12.7	12.3	18.9	0.0
Alimento acumulado (Σ AI)día	11.7	23.8	44.6	56.6	67.7	88.5	101.7	116.1	135.5	148.2	160.5	179.4	179.4
Observaciones:													

ANEXO B. CURVA DE CALIBRACIÓN DE HIERRO POR MÉTODO COLORIMÉTRICO:

Curva Patrón

Contenido de hierro (mg)	Absorbancia \ddot{e} (530nm)
0	0
0.005	0.137
0.01	0.298
0.02	0.415
0.04	0.612
0.06	0.768
0.08	0.856
0.1	0.909

GRÁFICA:



ANEXO C. PESO DE LAS HECES RECOLECTADAS EXPRESADO EN GRAMOS

Rata	1	2	3	4	5	6
Frijol Peruano	4.0931	4.7511	5.9203	4.6042	4.1115	6.4544
Frijol Peruano + FFe	5.5763	6.6355	5.6997	2.6404	3.6864	5.3528
Frijol peruano + CCa	4.4053	4.7748	4.5559	3.9831	4.9936	4.9094
HMN 7%	2.4859	2.4232	2.5807	1.3492	2.0123	2.9208
HMN 7% + FFe	3.0850	3.2096	2.9438	2.0622	1.6193	1.5171
HMN 7% + CCa	2.2199	2.1398	2.9434	2.4305	2.7680	2.3544
Caseína 10%	7.5123	7.7808	6.9257	8.0255	7.2582	8.2187
Caseína 10%+ FFe	4.8924	4.8456	5.1217	5.1700	6.2142	6.6371
Caseína 10%+ CCa	9.2547	10.2986	9.4365	9.3545	8.6514	8.6479
Caseína 7%	7.4570	6.7957	8.1827	7.1171	9.2096	7.6265
Caseína 7%+ FFe	7.0955	5.8678	5.8024	4.1228	7.2349	6.3238
Caseína 7%+ CCa	10.6520	10.7303	9.9038	8.7118	8.9334	7.3642
Frijol Peruano + HMN	8.2832	7.8576	6.7964	8.7280	6.7531	8.5844

ANEXO D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ANOVA Y DMS DE PER, NPR Y DIGESTIBILIDAD

ANOVA Table for PER by
DIETA : Frijol Peruano y
Caseína 10%

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	22.5721	5	4.51441	63.73	0.0000
Within groups	2.12523	30	0.0708411		
Total (Corr.)	24.6973	35			

Multiple Range Tests for PER by DIETA

Method: 95.0 percent LSD			
DIETA	Count	Mean	Homogeneous Groups
Frijol Peruano	6	0.94	X
Frijol Peruano + ffe	6	1.00833	X
Frijol Peruano + Cca	6	1.25333	X
Caseína 10% + ffe	6	2.42167	X
Caseína 10%	6	2.63	XX
Caseína 10% + Cca	6	2.81667	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Frijol Peruano - Caseína 10%	*-1.69	0.3138 32
Frijol Peruano - Frijol Peruano + Cca	-0.313333	0.3138 32
Frijol Peruano - Caseína 10% + Cca	*-1.87667	0.3138 32
Frijol Peruano - Frijol Peruano + ffe	-0.0683333	0.3138 32
Frijol Peruano - Caseína 10% + ffe	*-1.48167	0.3138 32
Caseína 10% - Frijol Peruano + Cca	*1.37667	0.3138 32
Caseína 10% - Caseína 10% + Cca	-0.186667	0.3138 32
Caseína 10% - Frijol Peruano + ffe	*1.62167	0.3138 32
Caseína 10% - Caseína 10% + ffe	0.208333	0.3138 32
Frijol Peruano + Cca - Caseína 10% + Cca	*-1.56333	0.3138 32
Frijol Peruano + Cca - Frijol Peruano + ffe	0.245	0.3138 32
Frijol Peruano + Cca - Caseína 10% + ffe	*-1.16833	0.3138 32
Caseína 10% + Cca - Frijol Peruano + ffe	*1.80833	0.3138 32
Caseína 10% + Cca - Caseína 10% + ffe	*0.395	0.3138 32
Frijol Peruano + ffe - Caseína 10% + ffe	*-1.41333	0.3138 32

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PER by dietas

Maíz y Caseína 7%

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	10.5248	5	2.10496	20.21	0.0000
Within groups	3.12428	30	0.104143		
Total (Corr.)	13.6491	35			

Multiple Range Tests for PER by dietas

Method: 95.0 percent LSD

dietas	Count	Mean	Homogeneous Groups
HMN	6	1.37333	X
HMN + Ffe	6	1.40167	X
HMN + Cca	6	1.66	X
Caseína 7%	6	2.47667	X
Caseína 7% + CCa	6	2.53	X
Caseína 7% + Ffe	6	2.61667	X

Contrast	Difference	+/- Limits
HMN - Caseína 7%	*-1.10333	0.380512
HMN - HMN + Cca	-0.286667	0.380512
HMN - Caseína 7% + CCa	*-1.15667	0.380512
HMN - HMN + Ffe	-0.0283333	0.380512
HMN - Caseína 7% + Ffe	*-1.24333	0.380512
Caseína 7% - HMN + Cca -	*0.816667	0.380512
Caseína 7% - Caseína 7% + CCa	-0.0533333	0.380512
Caseína 7% - HMN + Ffe	*1.075	0.380512
Caseína 7% - Caseína 7% + Ffe	-0.14	0.380512
HMN + Cca - Caseína 7% + CCa	*-0.87	0.380512
HMN + Cca - HMN + Ffe	0.258333	0.380512
HMN + Cca - Caseína 7% + Ffe	*-0.956667	0.380512
Caseína 7% + CCa - HMN + Ffe	*1.12833	0.380512
Caseína 7% + CCa - Caseína 7% + Ffe	-0.0866667	0.380512
HMN + Ffe - Caseína 7% + Ffe	*-1.215	0.380512

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PER by Dieta

Frijol Peruano, Maíz, Caseína 10% y
Mezcla Frijol Peruano:Maíz 50:50

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9.68955	3	3.22985	40.82	0.0000
Within groups	1.58262	20	0.0791308		
Total (Corr.)	11.2722	23			

Multiple Range Tests for PER by Dieta

Method	95.0 percent LSD		
Dieta	Count	Mean	Homogeneous Groups
Frijol Peruano	6	0.94	X
HMN 7%	6	1.37333	X
Mezcla Frijol	6	1.96167	X
Caseína 10%	6	2.63	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Caseína 10% - Frijol Peruano	*1.69	0.338782
Caseína 10% - HMN 7%	*1.25667	0.338782
Caseína 10% - Mezcla Frijol	*0.668333	0.338782
Frijol Peruano - HMN 7%	*-0.433333	0.338782
Frijol Peruano - Mezcla Frijol	*-1.02167	0.338782
HMN 7% - Mezcla Frijol	*-0.588333	0.338782

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for NPR by DIETA
Frijol Peruano y Caseína 10%

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	25.957	5	5.19139	30.71	0.0000
Within groups	5.07203	30			0.169068
Total (Corr.)	31.029	35			

Multiple Range Tests for NPR by DIETA

Method: 95.0 percent LSD

DIETA	Count	Mean	Homogeneous Groups
Frijol Peruano	6	1.23667	X
Frijol Peruano + ffe	6	1.44333	X
Frijol Peruano + Cca	6	1.53167	X
Caseína 10% + ffe	6	2.71	X
Caseína 10%	6	3.175	XX
Caseína 10% + Cca	6	3.28333	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Frijol Peruano - Caseína 10%	*-1.93833	0.484824
Frijol Peruano - Frijol Peruano + Cca	-0.295	0.484824
Frijol Peruano - Caseína 10% + Cca	*-2.04667	0.484824
Frijol Peruano - Frijol Peruano + ffe	-0.206667	0.484824
Frijol Peruano - Caseína 10% + ffe	*-1.47333	0.484824
Caseína 10% - Frijol Peruano + Cca	*1.64333	0.484824
Caseína 10% - Caseína 10% + Cca	-0.108333	0.484824
Caseína 10% - Frijol Peruano + ffe	*1.73167	0.484824
Caseína 10% - Caseína 10% + ffe	0.465	0.484824
Frijol Peruano + Cca - Caseína 10% + Cca	*-1.75167	0.484824
Frijol Peruano + Cca - Frijol Peruano + ffe	0.0883333	0.484824
Frijol Peruano + Cca - Caseína 10% + ffe	*-1.17833	0.484824
Caseína 10% + Cca - Frijol Peruano + ffe	*1.84	0.484824
Caseína 10% + Cca - Caseína 10% + ffe	*0.573333	0.484824
Frijol Peruano + ffe - Caseína 10% + ffe	*-1.26667	0.484824

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for NPR by DIETA

Maíz y Caseína 7%

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	13.846	5	2.76921	8.00	0.0001
Within groups	10.3881	30	0.346269		
Total (Corr.)	24.2341	35			

Multiple Range Tests for NPR by DIETA

Method: 95.0 percent LSD

DIETA	Count	Mean	Homogeneous Groups
HMN + Ffe	6	1.63667	X
HMN	6	1.95333	X
HMN + Cca	6	2.285	XX
Caseína 7% + CCa	6	2.96167	XX
Caseína 7%	6	3.00167	X
Caseína 7% + Ffe	6	3.37167	X

Contrast	Difference	+/- Limits
HMN - Caseína 7%	*-1.04833	0.693842
HMN - HMN + Cca	-0.331667	0.693842
HMN - Caseína 7% + CCa	*-1.00833	0.693842
HMN - HMN + Ffe	0.316667	0.693842
HMN - Caseína 7% + Ffe	*-1.41833	0.693842
Caseína 7% - HMN + Cca -	*0.716667	0.693842
Caseína 7% - Caseína 7% + CCa	0.04	0.693842
Caseína 7% - HMN + Ffe	*1.365	0.693842
Caseína 7% - Caseína 7% + Ffe	-0.37	0.693842
HMN + Cca - Caseína 7% + CCa	-0.676667	0.693842
HMN + Cca - HMN + Ffe	0.648333	0.693842
HMN + Cca - Caseína 7% + Ffe	*-1.08667	0.693842
Caseína 7% + CCa - HMN + Ffe	*1.325	0.693842
Caseína 7% + CCa - Caseína 7% + Ffe	-0.41	0.693842
HMN + Ffe - Caseína 7% + Ffe	*-1.735	0.693842

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PER by Dieta

Frijol Peruano, Maíz, Caseína 10% y
Mezcla Frijol Peruano:Maíz 50:50

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	11.782	3	3.92735	20.67	0.0000
Within groups	3.80062	20	0.190031		
Total (Corr.)	15.5827	23			

Multiple Range Tests for PER by Dieta

Method: 95.0 percent LSD

Dieta	Count	Mean	Homogeneous Groups
Frijol Peruano	6	1.23667	X
HMN 7%	6	1.95333	X
Mezcla Frijol	6	2.36	X
Caseína 10%	6	3.175	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Caseína 10% - Frijol Peruano	*1.93833	0.525
Caseína 10% - HMN 7%	*1.22167	0.525
Caseína 10% - Mezcla Frijol	*0.815	0.525
Frijol Peruano - HMN 7%	+ -0.716667	0.525
Frijol Peruano - Mezcla Frijol	*-1.12333	0.525
HMN 7% - Mezcla Frijol	-0.406667	0.525

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for D by dieta
Frijol Peruano y Caseína 10%

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	8043.96	5	1608.79	65.11	0.0000
Within groups	296.499	12	24.7083		
Total (Corr.)	8340.46	17			

Multiple Range Tests for D by dieta

Method: 95.0 percent LSD

dieta	Count	Mean	Homogeneous Groups
Frijol Peruano	3	37.6867	X
Frijol Peruano + ffe	3	46.15	XX
Frijol Peruano + Cca	3	47.6467	X
Caseína 10% + Cca	3	79.9767	X
Caseína 10%	3	85.4733	XX
Caseína 10% + ffe	3	90.2333	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Frijol Peruano - Caseína 10%	*-47.7867	8.84294
Frijol Peruano - Frijol Peruano + Cca	* 9.96	8.84294
Frijol Peruano - Caseína 10% + Cca	*-42.29	8.84294
Frijol Peruano - Frijol Peruano + ffe	-8.46333	8.84294
Frijol Peruano - Caseína 10% + ffe	*-52.5467	8.84294
Caseína 10% - Frijol Peruano + Cca	*37.8267	8.84294
Caseína 10% - Caseína 10% + Cca	5.49667	8.84294
Caseína 10% - Frijol Peruano + ffe	*39.3233	8.84294
Caseína 10% - Caseína 10% + ffe	-4.76	8.84294
Frijol Peruano + Cca - Caseína 10% + Cca	*-32.33	8.84294
Frijol Peruano + Cca - Frijol Peruano + ffe	1.49667	8.84294
Frijol Peruano + Cca - Caseína 10% + ffe	*-42.5867	8.84294
Caseína 10% + Cca - Frijol Peruano + ffe	*33.8267	8.84294
Caseína 10% + Cca - Caseína 10% + ffe	*-10.2567	8.84294
Frijol Peruano + ffe - Caseína 10% + ffe	*-44.0833	8.84294

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for D by dieta

Maíz y Caseína 7%

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3197.48	5	639.496	1.79	0.1896
Within groups	4289.2	12	357.433		
Total (Corr.)	7486.68	17			

ANOVA Table for D by Dieta

Frijol Peruano, Maíz, Caseína 10% y Mezcla Frijol Peruano:Maíz 50:50

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	3944.76	3	1314.92	55.94	0.0000
Within groups	188.052	8	23.5065		
Total (Corr.)	4132.81	11			

Multiple Range Tests for PER by Dieta

Method: 95.0 percent LSD

Dieta	Count	Mean	Homogeneous Groups
Frijol Peruano	3	37.6867	X
Mezcla Frijol	3	62.2367	X
HMN 7%	3	76.98	X
Caseína 10%	3	85.4733	X

Contrast	Difference	+/- Limits
Caseína 10% - Frijol Peruano	*47.7867	9.12872
Caseína 10% - HMN 7%	8.49333	9.12872
Caseína 10% - Mezcla Frijol	*23.2367	9.12872
Frijol Peruano - HMN 7%	*-39.2933	9.12872
Frijol Peruano - Mezcla Frijol	*-24.55	9.12872
HMN 7% - Mezcla Frijol	*14.7433	9.12872

* denotes a statistically significant difference.