



UNIVERSIDAD DE SONORA
Escuela de Ciencias Químicas



BIBLIOTECA
CCI Alimentos

Reg. 19

EFFECTO DE LOS TRATAMIENTOS TERMICOS
SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL
FRIJOL PINTO (PHASEOLUS VULGARIS)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUIMICO BIOLOGO

- ESPECIALIDAD ALIMENTOS -

PRESENTAN:

RAFAEL CANETT ROMERO
JORGE VALENZUELA CUETO

HERMOSILLO, SONORA.

SEPTIEMBRE, 1984.

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

TABLA DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
Antecedentes del Frijol	4
Estructura	8
Composición Química	10
Calidad Nutricional de la Proteína del Frijol	12
Importancia del Aminoácido Metionina	18
Factores que Afectan la Disponibilidad de Metionina en el Frijol	20
Efecto del Procesado Sobre la Calidad Nutricional de la Proteína del Frijol	20
Formas de Evaluar la Calidad Protéica	22
Métodos <u>In vivo</u>	22
Métodos <u>In vitro</u>	26
MATERIALES Y METODOS	28
Encuesta	28
Preparación de las Muestras	28
Análisis Químico	28
Cuantificación de Metionina Total por el Método Microbiológico	31
Digestibilidad de la Proteína	31
Evaluación Biológica de la Disponibilidad de Metionina	31
RESULTADOS Y DISCUSION	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFIA	49

INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1.	Producción Mundial de Algunas Leguminosas (Miles de Toneladas Métricas)	5
2.	Consumo en América Latina en Algunas Leguminosas (gr/persona/día)	6
3.	Volumen de Producción Obtenida en el Ciclo Agrícola 1981-1982 a Nivel Estatal y Nacional	7
4.	Composición Química del Frijol y de Ciertas Leguminosas	11
5.	Propiedades Fisicoquímicas de las Proteínas de Diferentes Tipos de Frijol	13
6.	Composición de Aminoácidos Esenciales en el Frijol	14
7.	Efecto de la Adición de 0.3% de Metionina en Varias Especies y Variedades de Leguminosas	15
8.	Propiedades Fisicoquímicas de los Inhibidores de Proteasa	17
9.	Propiedades Fisicoquímicas de las Lectinas	19
10.	Efecto del Procesado en la Calidad Nutricional del Frijol	23
11.	Análisis Proximal de las Harinas de Frijol (g/100 muestra)	34
12.	Relación de Eficiencia Protéica (PER) de Ratas Alimentadas con Dietas Experimentales	39

INDICE DE TABLAS (Continuación)

Tabla	Página
13. Cantidad de Metionina Presente en el Frijol y Efectos de los Tratamientos Térmicos Sobre la Disponibilidad de Este Aminoácido, Digestibilidad de Proteína, Actividad de Inhibidor de Tripsina y Disponibilidad de Metionina en Frijol Pinto	40
14. Análisis de Varianza (PER)	46



BIBLIOTECA
C. C. I. Alimentos

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Estructura Externa e Interna del Frijol Pinto (<u>Phaseolus vulgaris</u>)	9
2.	Formas Oxidadas de Metionina (Sulfona y Sulfoxido)	21
3.	Encuesta Para Determinar los Parámetros o Condiciones a las Cuales se Somete el Frijol Pinto Para su Consumo en el Hogar	29
4.	Mapa de la Ciudad de Hermosillo, Sonora ...	51
5.	Preparación de las Muestras.	30
6.	Curvas de Respuesta de Harina de Frijol Crudo con Adiciones de Metionina	35
7.	Curvas de Respuesta de Harina de Frijol Cocido con Adiciones de Metionina	36
8.	Curvas de Respuesta de Harina de Frijol Frito con Adiciones de Metionina	37
9.	Efecto de Adición de Metionina Sobre el Aumento en Peso a los 14 Días	41
10.	Curvas de Respuesta de Caseína y de Frijol Sin Adición de Metionina	42
11.	Curvas de Respuesta de Caseína con Adición de 0.10% de Metionina y Harinas de Frijol con Adición de 0.20% de Metionina	43
12.	Curvas de Respuesta de Caseína con Adición de 0.05% de Metionina y Harinas de Frijol con Adición de 0.15% de Metionina	44

RESUMEN

Se realizó una encuesta en la Ciudad de Hermosillo, para obtener los parámetros térmicos a los cuales era sometido el frijol durante el cocinado en el hogar, siendo la materia prima a utilizar, frijol pinto (Phaseolus vulgaris) abastecido por la distribuidora CONASUPO y los parámetros de tiempo de 2-2.5 horas y temperaturas de ebullición para el frijol cocido, mientras que para obtener el frijol frito se utilizó aceite vegetal a temperatura de 150-160°C por un tiempo de 15 minutos.

Tanto al frijol cocido y frito como al frijol crudo calentado en autoclave se les realizó un análisis proximal, evaluándoseles además los niveles de metionina total y disponible.

Se utilizó un método microbiológico para cuantificar metionina después de una hidrólisis ácida, obteniéndose un valor de 1g de metionina en 16g de nitrógeno en las 3 formas en que se utilizó el frijol (crudo, cocido y frito), respectivamente. Se determinó digestibilidad, utilizando un método enzimático, obteniéndose los valores de 72.4% para frijol crudo, 75.6% para frijol cocido y 74.3% para frijol frito.

La disponibilidad de metionina por el método de bioensayo utilizado fue de 23%, 85% y 65% en las tres formas en que se preparó el frijol.

INTRODUCCION

El consumo de leguminosas por el ser humano como fuente de proteína data desde hace varios siglos, complementando su alimentación junto con algunos cereales (maíz y trigo).

En países donde el frijol constituye una parte de la dieta diaria, el consumo en la niñez tiene un papel importante. En México dentro de las costumbres alimenticias de los diferentes grupos poblacionales que existen, el consumo de frijol apenas es superado por el maíz como una de las principales fuentes de proteína.

La calidad de la proteína del frijol ha sido estudiada por algunos investigadores: Bressani (1972), quien a encontrado que existen factores que influyen en la calidad nutricional de la proteína del frijol, entre las cuales se tiene, su digestibilidad, patrón de aminoácidos y presencia de inhibidores.

Una de las características del perfil de aminoácidos de la proteína del frijol es la baja cantidad de aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), características que los hacen limitantes.

Chang y Satterlee (1981), han encontrado formas oxidadas de estos aminoácidos, tanto en su forma natural como en productos procesados, sin precisar el grado de utilización de los mismos, lo cual hace aún más limitantes a estos aminoácidos.

Debido a que los tratamientos térmicos mejoran la calidad nutricional de las proteínas del frijol, varios autores han señalado que es de suma importancia conocer los cambios que sufren éstas, después de cada uno de los tratamientos de cocinado (Chang y Satterlee, 1981).

Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo la evaluación biológica de la disponibilidad de metionina en el frijol pinto (Phaseolus vulgaris) crudo, cocido y frito.

Evaluándose además los cambios que sufre la calidad protéica del frijol cuando éste se somete a los tratamientos térmicos (cocido y freído) en el hogar, por medio de la determinación de los valores de PER y de digestibilidad.



BIBLIOTECA
CCI Alimentos

REVISION DE LITERATURA

La familia Leguminoceae comprende plantas herbáceas, arbustillos o arbóreas y se desarrollan en todos los climas, preferentemente en los tropicales y templados.

Las plantas pertenecientes a esta familia tienen una característica muy particular, sus raíces son fijadoras de nitrógeno, debido a las nudosidades que presentan, las que encierran bacterias del género *Rhizobium* con las cuales vive en simbiosis (Rost et al., 1979).

Sus hojas son compuestas, generalmente alternas y presentan flores hermafroditas, su inflorescencia la mayoría de las veces es en forma racimosa. El fruto es una vaina dehiscente o indehiscente, dentro de la cual se encuentra la semilla. Estas son de tamaño y forma muy variada, su estructura básica es muy similar, cada una tiene una cubierta exterior protectora de la semilla, la cual es relativamente indigerible y de poco valor nutritivo. Esta cubierta encierra dos grandes lóbulos (cotiledones) que envuelven al diminuto embrión vegetal.

Las leguminosas incluyen alrededor de 600 géneros, con aproximadamente 13,000 especies, todas ellas distribuidas en tres subfamilias (Rost et al., 1979).

- a) Papilionadas. A esta subfamilia pertenecen el frijol, chícharo, habas, lentejas, garbanzo, frijol soya, cacahuate y alfalfa entre otras.
- b) Cesalpinoideas. A ésta pertenecen el tamarindo, ciertas acacias como el Astragalus gumifer y Astragalus senegal.
- c) Mimosoideas. Aquí se encuentran encuadrados arbustillos como el huizache y arbóreas como el guamuchil y el mezquite.

Antecedentes del Frijol

Los diferentes tipos comestibles de leguminosas se distribuyen por todo el mundo, así tenemos por ejemplo que el frijol soya es originario del Suroeste de Asia, el chícharo del Medio Oriente y de América el frijol. Este tuvo su desarrollo en las diferentes zonas climatológicas y agronómicas de este continente.

El frijol pertenece al género Phaseolus y específicamente a la tribu Phaseolae, subtribu Phaseolinae. Contándose entre los 10 ó 12 grupos de especies, dentro de las leguminosas, que tienen importancia económica (Aykroyd y Daughy, 1946).

La producción mundial de algunas leguminosas se muestra en la Tabla 1 y el consumo de algunas de éstas de importancia económica, se presentan en la Tabla 2.

El cultivo y consumo de frijol por los antiguos pobladores de América, data desde antes de la conquista, lo cual marca el consumo tradicional de esta leguminosa, tanto en el pueblo mexicano, como en los países latinoamericanos.

En México se conocen alrededor de 50 especies diferentes de Phaseolus, entre las cuales figuran las 4 especies que el hombre a domesticado: Phaseolus vulgaris, Phaseolus coccineus, Phaseolus lunatus y Phaseolus acutiformis gray. Estas especies, junto con el maíz (Zea mais), son fundamentales en la alimentación de los pueblos de América Latina y son una de las principales fuentes de proteína a nivel mundial (Engleman, 1979).

El cultivo del frijol en México se realiza en gran escala, tanto en la forma temporalera como con sistemas de riego. En el ciclo 1981-1982 se cultivaron a nivel nacional 1'711,978 Has de las que se obtuvo un volumen total de 1'093,079 Ton de frijol (SARH, 1982).

La producción de frijol en la temporada 1981-1982 en Sonora fue de 15,553 (Tabla 3), de la cual el 56.1% fue consumida en el estado, ya que CONASUPO (Principal abastecedor

Tabla 1. Producción Mundial de Algunas Leguminosas
(Miles de Toneladas Métricas) .

Frijol (<u>Phaseolus</u> <u>vulgaris</u>)	Habas (<u>Vicia</u> <u>faba</u>)	Garbanzo (<u>Cicer</u> <u>arietinum</u>)	Chícharo (<u>Cajanus</u> <u>cajar</u>)	Soya (<u>Glicine</u> <u>max</u>)	Cacahua (<u>Arachi</u> <u>hipogae</u>)
11,534	5,121	7,067	1,986	46,474	17,623
10,851	5,143	6,640	1,975	48,410	18,466
11,010	5,286	7,415	1,648	52,712	16,532

Wiley (1975).

Tabla 2. Consumo en América Latina de Algunas Leguminosas
(gr/persona/día)

País	Frijol	Habas	Garbanzo	Frijol Soya	Cacahuete
Argentina	2.0	-	0.6	-	-
Bolivia	0.6	4.4	-	-	5.7
Brasil	1.7	-	-	3.2	12.8
Chile	13.2	-	0.9	-	-
Colombia	5.3	-	-	-	0.2
Costa Rica	29.6	-	-	-	-
Cuba	7.9	-	-	-	5.7
República Dominicana	26.5	-	-	-	-
Ecuador	13.1	9.9	-	-	1.6
El Salvador	28.1	-	-	-	0.3
Guatemala	28.6	-	-	-	0.3
Guyana	-	-	-	-	-
Haití	24.3	-	-	-	1.7
Honduras	35.4	-	-	-	-
Jamaica	-	-	-	-	-
México	48.9	2.2	6.8	0.8	2.8
Nicaragua	59.3	-	-	-	-
Panamá	16.5	-	-	-	0.2
Paraguay	25.6	4.0	-	-	8.1
Perú	10.8	6.1	0.6	-	0.8
Puerto Rico	-	-	-	-	-
Trinidad y Tobago	-	-	-	-	3.2
Uruguay	3.7	1.0	-	-	-
Venezuela	17.3	-	0.6	-	0.7

Fuente: Wiley (1975).

Tabla 3. Volumen de Producción Obtenida en el Ciclo Agrícola 1981-1982 a Nivel Estatal y Nacional

Cultivo	Producción (Ton)	
	Estatal	Nacional
Trigo	1'687,398	4'467,647
Cártamo	43,480	274,261
Garbanzo	29,872	-
Sorgo	73,664	4'956,302
Soya	199,986	672,364
Ajonjolí	14,177	45,586
Maíz	155,963	12'215,330
Frijol	15,553	1'093,079

Fuente: SARH (1982).

de alimentos básicos para la población) reconoce haber vendido en 1981 4,632 Ton y en 1982 4,092 Ton, dando un total de 8,724 Ton, destinándose el resto de la producción al consumo en otros estados de la república (SARH, 1982).

Dependiendo de las características climatológicas y las costumbres alimenticias de cada región, se cultivan diferentes variedades de frijol; por ejemplo, en la Zona del Golfo las mejores variedades son Agrarista, Jampa y Delicias, en la Zona Centro Bayo Gordo, en el Norte Azufrado, Pinto, Tépari y otros (Engleman, 1979).

Estructura

A pesar de que las semillas de leguminosas son de tamaño y forma variadas, su estructura básica es similar y a menudo se toma el frijol para ejemplificar su composición (Rost, 1979).

En la Figura 1, se puede observar las partes tanto externas como internas que componen el frijol.

Externamente el frijol presenta: Hilum o Hilo, Micropilo y el Rafé o torillo, la descripción y función de cada una de ellas son:

1. Hilum es una protuberancia larga y ovalada que se encuentra cerca de la mitad del perfil del frijol, siendo su función la de unir a éste dentro de la vaina a la planta.
2. Micropilo es una pequeña abertura en la cáscara del frijol, siendo su función la de permitir el paso del oxígeno al interior de la semilla.
3. Rafé o torillo, prominencia localizada a un lado del Hilum en posición opuesta al micropilo, representando la base de los funículos (pequeñas hojas del embrión y su punto de unión con los cotiledones).

Un corte longitudinal del grano muestra las partes externas e internas del mismo: testa y cáscara, los cotiledones y el embrión (compuesto de una radícula y una plántula).

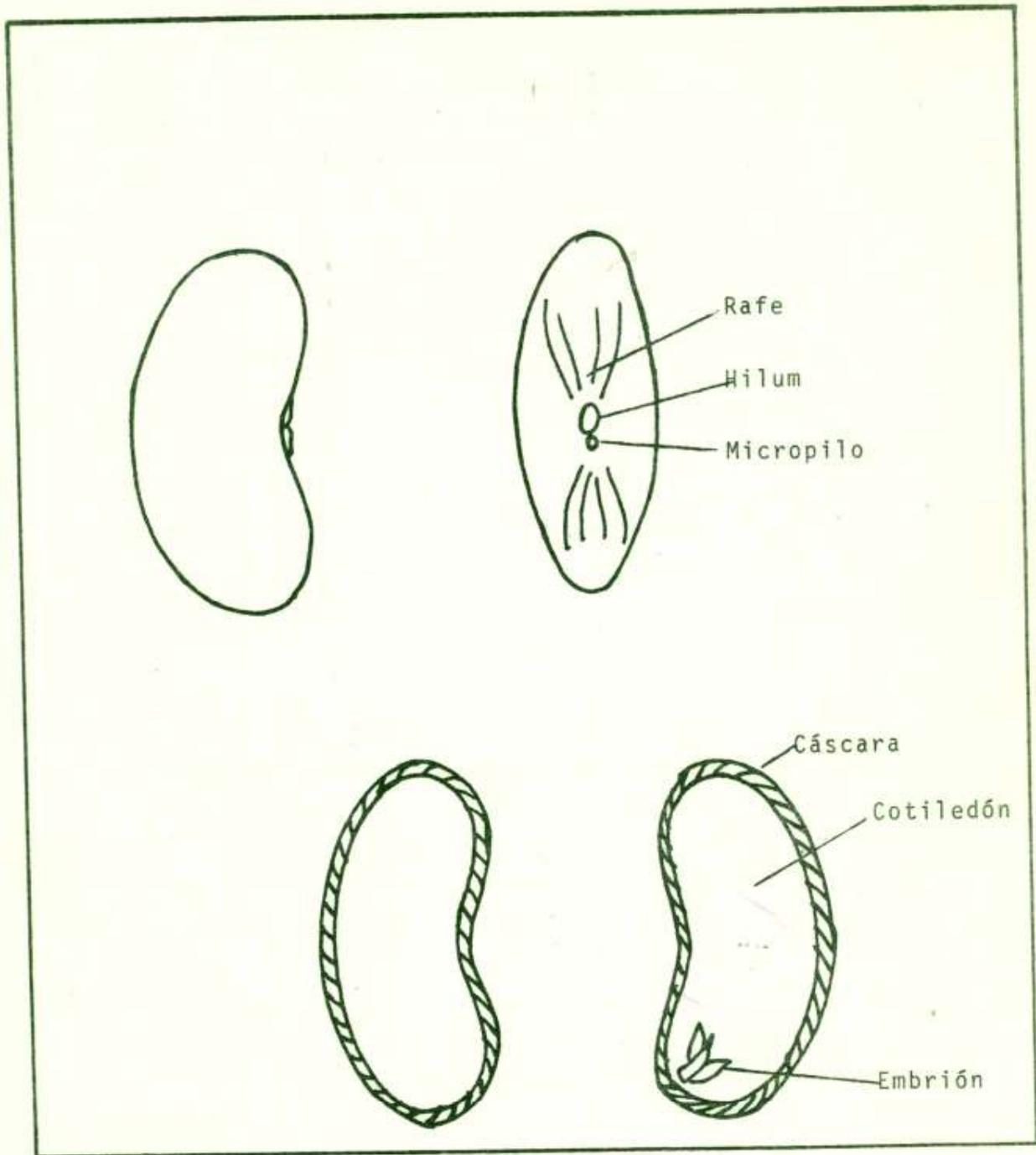


Figura 1. Estructura Externa e Interna del Frijol Pinto (*Phaseolus vulgaris*).

Fuente: Rost (1979).

La cáscara, cubierta que envuelve a la semilla, sirve como caparazón protector, dándole a ésta la capacidad de soportar cambios desfavorables en el ambiente.

Los cotiledones son dos lóbulos que ocupan la mayor parte de la semilla y son el almacén de nutrimentos, que le sirven al grano durante las primeras etapas de su crecimiento.

El embrión o gérmen es la parte del grano (plántula y radícula) que contiene las características necesarias para que, cuando se den las condiciones adecuadas, se lleve a cabo la germinación de la semilla y la formación de la nueva planta.

Composición Química

Generalmente el contenido protéico del frijol fluctúa entre 18-30%, su contenido de grasa es muy bajo, de 0.8 a 2.2%; fibra cruda de 5 a 7%; cenizas de 4 a 6.5% y carbohidratos de 47.4 a 71%. La Tabla 4 muestra la composición química del frijol comparado con otras leguminosas. Además de su contenido relativamente alto de proteína, el frijol es fuente de Hierro, Calcio, Magnesio, Fósforo y se conoce como una fuente de Vitaminas del Complejo B (Chang y Satterlee, 1981).

La proteína se encuentra localizada en los cotiledones, en el embrión y en pequeñas cantidades en la cáscara. Los cotiledones contienen alrededor del 47% de la proteína, mientras que el embrión y la cáscara contienen 48 y 5%, respectivamente (Romero y Ryan, 1978; Chang y Satterlee, 1980).

Del contenido total de proteína le corresponden de 55 al 80% a Globulinas y del 10 al 20% a Albúminas y una menor cantidad son Glutelinas y Prolaminas. Algunos investigadores han reportado que las globulinas presentes en las proteínas del frijol, por procedimientos electroforéticos, muestran una separación de 4 fracciones (Chang y Satterlee, 1981).

La fracción Alfa es una glicoproteína con un peso molecular de 170,000 Dalton, la cual contiene: 14.55% de nitrógeno, 4.95% de carbohidratos (como D-manosa) y 1.19% de

Tabla 4. Composición Química del Frijol y de Ciertas Leguminosas .

Leguminosas	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra Cruda	Carbohidrato
	20.6	5.4	2.8	10.2	61
	29.5	3.1	2.1	3.2	62
	27.9	3.4	2.8	5.9	60
	31.8	0.9	3.5	3.6	55
	27.8	1.6	3.7	1.7	65
Soya	43.9	21.0	4.9	-	30
Arvejas	30.0	50.0	3.1	3.0	14

Wiley (1975).



hexosaminas (como Glucosamina), ésta fracción es la de mayor movilidad electroforética y es la que contiene más cantidad de proteína. Este tipo de proteínas son solubles en soluciones salinas y resistentes a la hidrólisis enzimática. La Tabla 5 muestra las propiedades fisicoquímicas de las principales proteínas presentes en algunas variedades de frijol. (Chang y Satterlee, 1980).

Calidad Nutricional de la Proteína del Frijol

La calidad de la proteína de frijol está influenciada por: Perfil de Aminoácidos, Digestibilidad y La presencia de Inhibidores de Proteasa, Lectinas y de otras sustancias que poseen actividad biológica.

El Perfil de Aminoácidos de la proteína del frijol se caracteriza por su bajo contenido de triptófano y alto contenido de lisina, lo que es importante si se considera que el frijol se utiliza como complemento de los cereales. Otro factor de importancia considerable en el perfil de aminoácidos, es el bajo contenido de Metionina (Tabla 6), aminoácido que parece ser el causante de la pobre calidad de la proteína de este grano.

Se ha visto que la adición de metionina en dietas donde la fuente de proteína es frijol, aumenta la razón de eficiencia protéica (PER). La Tabla 7 muestra la adición de metionina en algunas variedades de frijol, comparado con otras leguminosas en las que se puede observar que aunque el PER en todos los casos no fue en la misma proporción, esto podría considerarse como una base de que metionina no es el único aminoácido limitante en las leguminosas (Bressani y Elías, 1972).

La Digestibilidad es otro factor que afecta la calidad nutricional de la proteína del frijol, ya que la proteína de esta leguminosa en su estado nativo es muy compacta, lo que la hace difícil para el ataque enzimático. De tal manera

Tabla 5. Propiedades Fisicoquímicas de las Proteínas de Diferentes Tipos de Frijol.

Frijol	Peso Molecular (Daltons)	Punto Isoeléctrico	Cisteína ^a (g/100g)	Metionina ^a (g/100g)	Carbohidratos (%)
"Haricot" proteína I	-	-	0.06	1.16	11.7
proteína II	140,000	-	0.28	0.69	5.5
er	147,000-197,000	-	0.42	1.03	-
green (G1)	143,000	4.4-5.6	-	-	-
Northern	186,000	5.6-6.4	0.72	1.21	6.5
Macentra (obulina)	170,000	-	0.22	0.92	5.1
n (7S)	180,000-210,000	4.9	0.22	0.22	4.9
n (11S)	330,000-350,000	5.0	1.36	1.26	0

ae: Chang y Satterlle (1981).

os de aminoácidos por 100 g de proteína.

Tabla 6. Composición de Aminoácidos Esenciales en el Frijol .

Aminoácidos	Gramos de Aminoácidos/100 gr de Frijol
Histidina	0.627
Isoleucina	1.250
Leucina	1.890
Lisina	1.633
Metionina	0.222
Fenilalanina	1.214
Treonina	0.954
Triptófano	0.204
Valina	1.334
% de Proteína	22.0

Fuente. Mottram (1979).

Tabla 7. Efecto de la Adición de 0.3% de Metionina en Varias Especies y Variedades de Leguminosas.

Leguminosas	Razón de Eficiencia Proteica (PER)	
	-Metionina	+Metionina
<u>Phaseolus vulgaris</u> (negro)	0.0-0.9	3.5-3.8
<u>Phaseolus vulgaris</u> (rojo)	0.0	1.7
<u>Phaseolus vulgaris</u> (blanco)	1.2	2.7
<u>Vigna sinensis</u> (negro)	1.0	1.6
<u>Vigna sinensis</u> (café)	1.0	1.8
<u>Pisum sativum</u> (verde)	0.3	2.7
<u>Pisum sativum</u> (amarillo)	0.0	1.2
<u>Lens esculenta</u>	0.0	0.9
<u>Cicer arietinum</u>	1.7	2.8

Fuente: Bressani (1972).

que la estructura de la proteína de este grano es básicamente determinante en el proceso digestivo.

La digestibilidad en el frijol crudo varía generalmente entre 25-60%, mientras que en el frijol cocinado aumenta hasta un 85% (Chang y Satterlee, 1981).

* La Presencia de Inhibidores de Proteasas, Lectinas y otras sustancias biológicamente activas, representan un obstáculo en el aprovechamiento y utilización de la proteína del frijol. La estructura de algunos de ellos presenta cierta resistencia a los tratamientos de cocinado, de tal manera que los tratamientos caloríficos mejoran relativamente la utilización de la proteína (Chang y Satterlee, 1981).

En la actualidad se sabe que existe poca correlación entre la actividad del inhibidor de tripsina y la digestibilidad de las proteínas del frijol, al igual que se desconoce la secuencia de aminoácidos de estos inhibidores. Sin embargo se sabe que existen uniones disulfuro intramoleculares, los cuales son importantes en la desnaturalización de la proteína al momento de someterla a tratamientos caloríficos para su consumo (Wilson, 1976).

* La mayoría de los antitripticos inhiben tanto a la tripsina como a la quimotripsina, caracterizándose por su alto contenido de ácido aspartico y serina, un contenido medio de cistina y valina y bajas cantidades de metionina, triptófano, tirosina y fenilalanina. En forma aislada estos inhibidores presentan pesos moleculares muy semejantes (Tabla 8) en un rango de 8,000 a 13,000 Daltons, con excepción del frijol blanco que es de 23,000 Daltons (Mutshler y Bliss, 1981).

Las lectinas son proteínas que poseen la capacidad de aglutinar las células rojas y/o blancas (Fitoheماغlutinas). Así como los inhibidores, las lectinas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza. Son comunes en las leguminosas y por lo tanto en el frijol, en algunas ocasiones han llegado a ocupar al 10% de la proteína total.

Tabla 8. Propiedades Fisicoquímicas de los Inhibidores de Proteasa .

Frijol	Peso Molecular (Daltons)	Punto Isoeléctrico	Cisteína (mols)	Enzima Inhibida	Número de Sitios de Reacción	Sitio Reactivo
Garden	8,100-9,000	-	14	Tripsina, Quimotripsina, Elastasa	2	Lisina, Arginina
Cintoki	13,000	4.7	17	Tripsina Quimotripsina	-	-
Blanco	23,000	-	30	Tripsina	-	-
Kidney	10,000	-	11	Tripsina, Quimotripsina, Elastasa	2	-
Black Gram	7,892	-	2	Tripsina, Quimotripsina	2	Lisina, Arginina
Soya (Kunitz)	23,000	4.5	4	Tripsina, Quimotripsina	1	Arginina, Isoleucina
Soya (Bowman-Birk)	7,861	4.2	14	Tripsina, Quimotripsina	2	Lisina, Serina

Fuente: Chang y Satterlee (1981).

Las lectinas más estudiadas en frijol, son las que han sido aisladas del frijol Kidney rojo. Se han identificado 5 Isolectinas, cada una de las cuales posee propiedades mitogénicas, son glicoproteínas tetramétricas y se encuentran en diferentes cantidades de 2 subunidades, L y R, las cuales tienen un peso aproximado de 34,000 Daltons, pero difieren en su punto isoeléctrico (Chang y Satterlee, 1981).

La Tabla 9 muestra las características fisicoquímicas de las lectinas aisladas de diferentes tipos de frijol.

Importancia del Aminoácido Metionina

De los aminoácidos que frecuentemente son deficientes en algunos de los alimentos, metionina se considera como uno de los más importantes en este aspecto y principalmente para aquellos países en donde el consumo de leguminosas (frijol principalmente) está muy generalizado. En base a esto y a que metionina es un aminoácido esencial, se considera que es uno de los principales aminoácidos limitantes en las dietas humanas. El frijol es un alimento que presenta las características anteriores; aunque su segundo aminoácido deficiente es triptófano, los requerimientos de éste en la dieta humana son más pequeños comparados con los de metionina, considerándose que pueden cubrirse más fácilmente sus requerimientos que los de metionina dentro de la dieta total.

Dentro de las funciones que desempeña la metionina en el funcionamiento corporal, se encuentran las siguientes (Ershoff, 1978):

- a) Es indispensable para la síntesis de proteína.
- b) Forma parte de la tiamina, la insulina y la hormona del crecimiento.
- c) Impide que se formen depósitos anormales de grasa en el hígado.
- d) Ayuda a mantener sanas las uñas.
- e) Neutralizar la acción tóxica de algunas sustancias.
- f) Puede transformarse en cistina y colina.

Tabla 9. Propiedades Fisicoquímicas de las Lectinas .

	Peso Molecular (Daltons)	Peso Isoeléctrico	Metionina (g/100g)	Cisteína (g/100g)	Carbohidratos (%)
soja	114,000	-	0	0	8.1
soja	100,250	5.1	0	0.22	10.5
soja blanco	125,000	4.5-6.9	0.3-0.5	0.4-0.5	10-26
soja	104,000	5.2	0	0	8.1
soja rojo	113,000	5.25	0	0	4.1
soja bean	71,000	5.5	0.88	0	0
soja Soya	89,000	5.85-6.20	0.79	0	10-13

fuente: Chang y Satterlle (1981).



BIBLIOTECA
CCI Alimentos

Factores que Afectan la Disponibilidad de Metionina en el Frijol

Además de la deficiencia de metionina en el frijol, este aminoácido se encuentra afectado por algunos factores que lo hacen indisponible, lo cual baja su aprovechamiento y utilización, haciéndolo de esta manera más limitante.

Entre los factores que contribuyen a la baja disponibilidad de metionina en el frijol, están: la estructura de la proteína, principalmente terciaria y cuaternaria, ya que al parecer presentan cierta resistencia a la acción de hidrólisis, debido aparentemente a las uniones intramoleculares de la proteína.

Otra de las características que afectan la disponibilidad de metionina es la presencia de sus formas oxidadas sulfonas y sulfoxidos, formas que se presentan en la proteína, tanto en su estado nativo como en productos procesados.

Las condiciones y tiempo de almacenamiento del frijol una vez cosechado, al igual que la variedad, localización y práctica de cultivo, son características que se relacionan con la disponibilidad de metionina. Por otra parte, la presencia de inhibidores de proteásas afectan también la disponibilidad de metionina (y de todos los aminoácidos). En la Figura 2 se esquematizan las formas oxidadas de la metionina (Harper, 1976).

Efecto del Procesado Sobre la Calidad Nutricional de la Proteína del Frijol

Se ha visto que las formas de consumo de frijol dependen de las tradiciones y costumbres de cada pueblo, como por ejemplo: hay algunos países en donde se les dan tratamientos de germinación o de fermentación para incorporarlo a la dieta. Sin embargo los tratamientos de remojo y ebullición en agua, son probablemente los más utilizados.

El valor nutritivo del frijol crudo tiene un PER muy bajo. El propósito del tratamiento calorífico, en agua hirviendo que se le da al frijol, es para que adquiera las

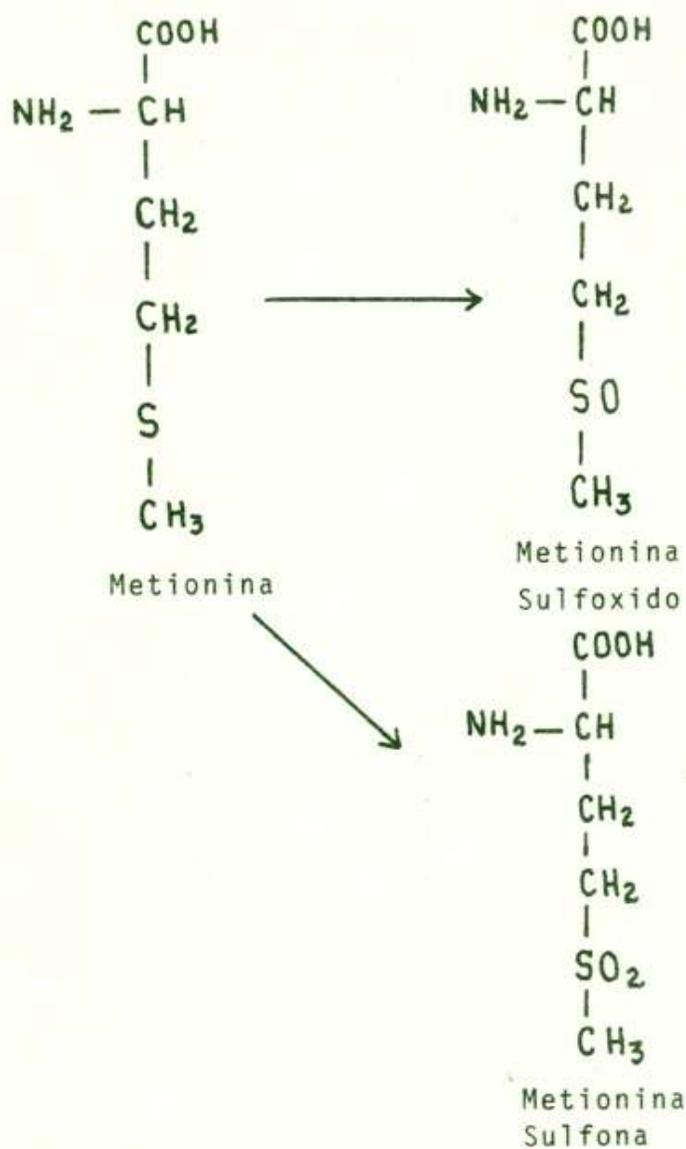


Figura 2. Formas Oxidadas de Metionina (Sulfona y Sulfoxido).

Fuente: Harper (1976).

características organolépticas necesarias para su consumo. De la misma manera es importante la aplicación de los tratamientos caloríficos, ya que mejoran la calidad nutricional de la proteína, manifestándose en un aumento en los valores del PER (Tabla 10), al igual que su digestibilidad.

Formas de Evaluar la Calidad Protéica

Todos los métodos que se utilizan para analizar a un alimento de una u otra forma son importantes, pero la evaluación biológica ocupa uno de los primeros planos en la caracterización de los alimentos.

Se han escrito numerosos métodos para evaluar la calidad protéica de los alimentos y todos con mayor o menor precisión pueden aplicarse al frijol. Por la forma de realizarse, estos métodos se dividen en dos grupos: los que utilizan animales de experimentación o métodos In vivo y aquellos que no los utilizan o métodos In vitro (Sheftner, 1967).

Métodos In vivo

Razón de Eficiencia Protéica (PER). De todos los métodos biológicos éste es el más comúnmente utilizado para la evaluación protéica y se define como la razón de ganancia en peso que adquiere el animal de experimentación debido a la ingestión de proteína, durante los 28 días que dura el experimento.

Este método fue desarrollado por Osborne et al. en 1919 por primera vez:

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganancia en Peso}}{\text{Cantidad de Proteína Consumida}}$$

Se le han encontrado algunos inconvenientes a este método:



Tabla 10. Efecto del Procesado en la Calidad Nutricional del Frijol .

Producto Procesado	Promedio de Ganancia de Peso (gr)	PER	Lisina Disponible (gr/16grN)	Proteína (%)	Grasa (%)
Frijol Crudo	0	-	5.83	24.6	1.9
Frijol Cocido	34	1.24	6.30	24.9	0.7
Frijol Frito	10	0.87	5.17	17.8	13.3
Caseína	130	2.73	-	-	-

Fuente: Engleman (1979).

- a. No toma en cuenta la cantidad de proteína requerida para mantenimiento.
- b. La ganancia en peso que adquiere el animal no representa exactamente al nitrógeno corporal retenido.
- c. El nivel de proteína dietada que utiliza el método, fue arbitrariamente tomada al 10%, nivel que está por debajo de la cantidad óptima de algunas proteínas y por encima para otras.

Razón Neta de Proteína (NPR). Este método fue desarrollado por Bender y Doell (1957). Las características de este método son las mismas que el PER, variando únicamente el tiempo de duración (10 días) y en la inclusión de un grupo con dieta libre de proteína.

$$NPR = \frac{\text{Ganancia en Peso Grupo con Proteína} - \text{Pérdida en Peso Grupo sin Proteína}}{\text{Proteína Consumida}}$$

Utilización Neta de Proteína (NPU). El NPU como el NPR tiene una duración de 10 días y el método se fundamenta en la estimación de nitrógeno corporal con la proteína prueba, el cual se compara con otro grupo donde la dieta esta libre de nitrógeno. Este método fue desarrollado por Bender y Miller (1953).

$$NPU = 100 \times \frac{\text{Nitrógeno Corporal del Grupo con Proteína Prueba} - \text{Nitrógeno Corporal Grupo sin Proteína}}{\text{Nitrógeno Ingerido por el Grupo Prueba}}$$

Valor Biológico (BV). El método de valor biológico fue desarrollado por Thomas (1909), utilizando humanos adultos. Sus inconvenientes son: primeramente, los sujetos de experimentación y en segundo lugar por la precisión que se requiere en la colección de orina y heces fecales, así como

$$BV = \frac{\text{Nitrógeno Ingerido}}{\text{Nitrógeno Absorbido}}$$

Mitchell adaptó el método para ratas y lo expresó de la siguiente manera:

$$BV = \frac{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ metabólico}) - (N \text{ urinario} - N \text{ endógeno})}{N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ metabólico})}$$

Este método tiene problemas a causa de los errores de separación completa de heces, orina y alimento, además de ser muy laborioso.

Valor Relativo de la Proteína (RPV). Este método fue desarrollado por Samonds y Hegsted (1970). Teniendo una duración de 21 días, en este método se hace una comparación de las pendientes de las curvas de la proteína prueba y la proteína de referencia (caseína), resultante de graficar el aumento en peso del animal de experimentación contra la cantidad de proteína ingerida, utilizando el procedimiento de mínimos cuadrados. Se utilizan cuando menos tres grupos de cuatro animales para cada una de las proteínas prueba con diferente nivel de proteína dietada.

$$RPV = \frac{\text{Pendiente de la Proteína Prueba}}{\text{Pendiente de la Proteína Referencia}}$$

Los inconvenientes de este método son el ser relativamente nuevo y por otro lado la Protein Advisory Group propone que la duración del método debe ser de 14 días, mientras que Samonds y Hegsted sugieren 21 días.

En cuanto al control de referencia, que hace la fórmula, la Protein Advisory Group recomienda que sea caseína, mientras Samonds y Hegsted recomiendan que sea lactoalbúmina.

De todos los métodos los más utilizados son el PER y el NPR, debido a la precisión de los resultados y a la facilidad de manejo de los métodos.

Métodos In vitro

La evaluación de la calidad protéica ha sido uno de los parámetros más importantes medidos en los alimentos.

La calidad protéica se mide por la cantidad presente de aminoácidos esenciales, así como la cantidad de aminoácidos no esenciales. Además, es de suma importancia determinar la digestibilidad de la proteína, ya que esta da un índice de la disponibilidad de los aminoácidos presentes.

Los métodos In vitro involucran métodos tales como: microbiológico, enzimático y químico y la combinación de éstos también se utiliza para la evaluación de la calidad protéica.

Métodos Microbiológicos. Estos métodos utilizan microorganismos para medir la calidad de proteína, siendo relativamente recientes y se han comparado con métodos biológicos y químicos (Boyne et al., 1966). Los métodos microbiológicos pueden utilizarse para los siguientes propósitos:

a) Determinación de las cantidades individuales de algún aminoácido, por medio de un microorganismo después de una hidrólisis, ya sea ácida, alcalina o enzimática.

b) Medida de la calidad nutritiva, la cual determina aminoácidos con microorganismos después de una digestión enzimática In vitro.

c) Evaluación nutritiva de las proteínas, utilizando un protozooario o bacteria proteolítica (Boyne et al., 1966).

* Métodos Enzimáticos. El uso de sistemas de enzimas o enzimas individuales, se han utilizado para la determinación de calidad protéica en los alimentos. Estos métodos pueden servir como indicadores de digestibilidad de proteína, así como de cantidad y disponibilidad de algún aminoácido (Fleming et al., 1979).

Métodos Químicos. Estos métodos se han desarrollado para el análisis de aminoácidos, proporcionando una idea del perfil de aminoácidos de las proteínas en los alimentos y entre ellos se encuentran la cromatografía de intercambio iónico, la cual ha sido de mucha ayuda en la investigación de la nutrición humana.

Se han desarrollado, por otra parte, métodos en los que se utiliza algún compuesto que se específico para algún aminoácido, dadas las características de su cadena lateral, por ejemplo el DFNB (2,4-fluorodinitrobenzol) se une a los grupos aminos libres en las proteínas, dando un complejo (Badwell, 1977).

MATERIALES Y METODOS

Encuesta

Para determinar el procedimiento de preparación del frijol y su fuente de abastecimiento en la ciudad de Hermosillo, se llevó a cabo una encuesta utilizando un cuestionario (Figura 3).

En la realización de la encuesta se consideró el número total de manzanas con que cuenta la ciudad de Hermosillo, utilizando un plano actualizado de la misma (Figura 4, p. 51) y verificando el número de manzanas de las colonias de reciente formación, así como de aquellas que sin estar dentro del fundo legal actual, forman parte de la ciudad. Una vez efectuada esta verificación, se seleccionaron al azar 270 puntos de muestreo.

Preparación de las Muestras

Se utilizó frijol pinto (Phaseolus vulgaris) obtenido en un supermercado local (CONASUPO) en la ciudad de Hermosillo Sonora. A la muestra total para la obtención de las harinas se le dió el tratamiento que se muestra en la Figura 5.

Análisis Químico

El análisis químico comprendió un análisis proximal de cada una de las harinas de frijol que se utilizaron en la preparación de las dietas, así como de éstas ya elaboradas, basado en los métodos de AOAC (1980), para humedad 14:003, proteína (Nx6.25) 14:068, grasa 7:056, cenizas 14:006 y fibra cruda 7:065.

Punto # _____

Manzana # _____

Dirección # _____

1. ¿Dónde compra el frijol? _____
2. ¿Cada cuándo lo compra? _____
3. ¿En qué cantidades? _____
4. ¿Qué cantidad de frijol cocina? _____
5. ¿En qué tipo de traste lo cocina? _____
6. ¿Qué tiempo de cocimiento le dá? _____
7. ¿Le adiciona sal? Si() No()
8. ¿En que cantidades? _____
9. ¿Cuándo le adiciona la sal? _____
10. ¿Le adiciona? Aceite Si() No()
Manteca Si() No()
11. ¿Cuándo se la adiciona? _____
12. ¿En qué cantidades? _____
13. ¿Cuánto tiempo le dura el frijol que ha cocido? _____
14. ¿Cómo lo guarda? Molido() Entero()
15. ¿Dónde guarda usted el frijol que ha cocido y no ha freído?
En el refrigerador() A la intemperie()
Cubierto() Descubierto()
16. ¿Qué usa para freír el frijol? _____

17. ¿Le adiciona sal? Si() No()
18. ¿Cuánto tiempo lo fríe? _____
19. ¿Cuánto tiempo le dura el frijol freído? _____
20. ¿Al recalentar el frijol freído le agrega?:
Agua() Leche() Aceite()

Figura 3. Encuesta Para Determinar los Parámetros o Condiciones a las Cuales se Somete el Frijol Pinto Para su Consumo en el Hogar.



BIBLIOTECA
C C I Alimentos

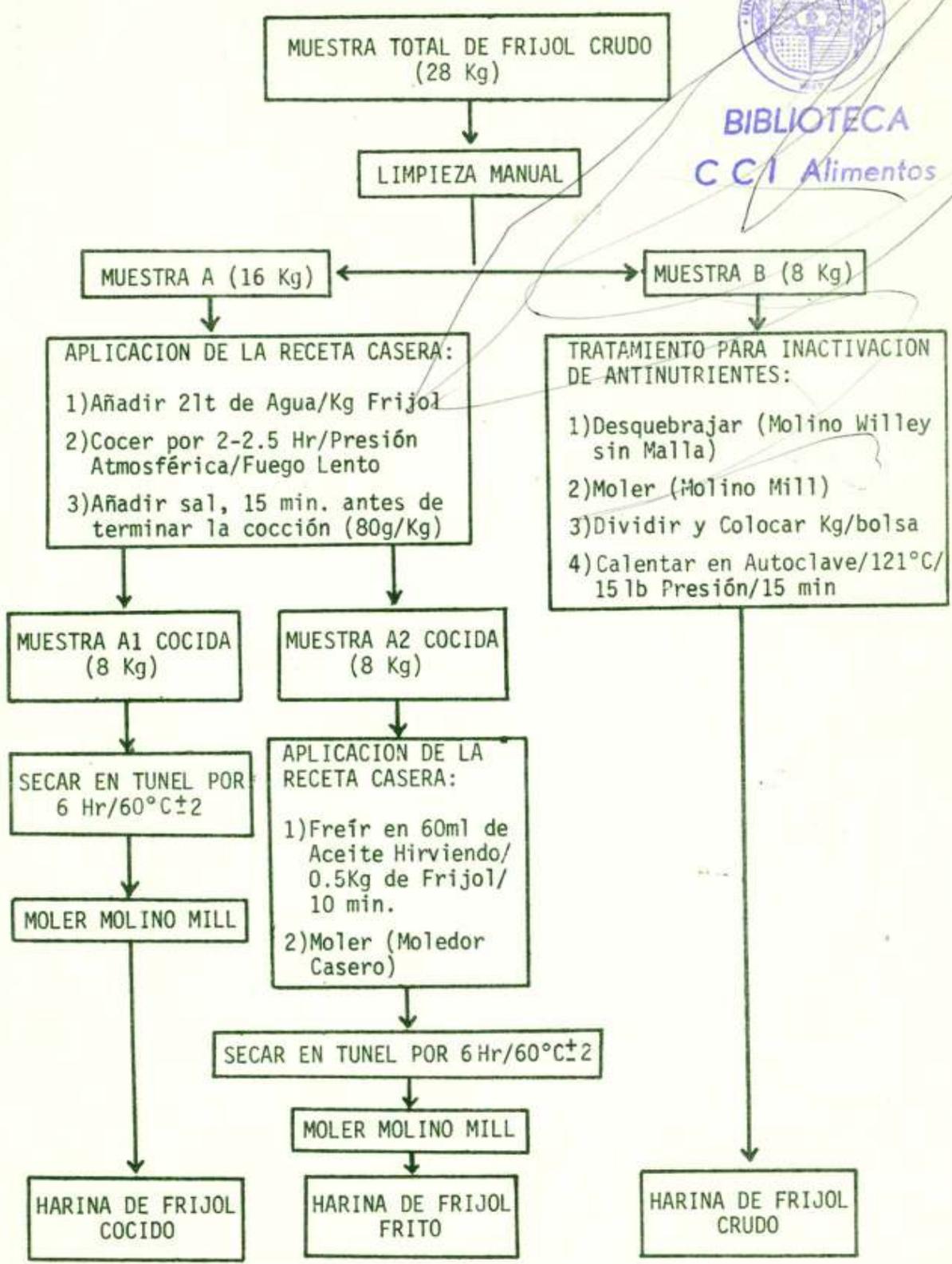


Figura 5. Preparación de las Muestras.

Cuantificación de Metionina Total por el Método Microbiológico

La cuantificación de metionina total se determinó por el método microbiológico después de hidrolizar la muestra con ácido clorídrico 6N por 8 horas, utilizando *Leuconostoc Mesenteroides* P-60 y medios obtenidos en Difco Laboratories (Steele et al., 1949), titulando la cantidad de ácido producido después de 72 horas de incubación a 37°C, utilizando azul de bromotimol como indicador.

Digestibilidad de la Proteína

La digestibilidad de la proteína fue determinada In vitro utilizando el sistema multienzimático desarrollado por Hsu et al. (1977), la enzimas utilizadas se obtuvieron de Sigma Chemical Co.

Evaluación Biológica de la Disponibilidad de Metionina

Se utilizó una combinación de técnicas para la determinación de la disponibilidad de metionina en ratas, reportadas en la literatura por Evans y Bauer (1974, 1978) y además se usó una curva estándar de utilización de metionina, de acuerdo con la técnica de Pieniaseck (1975).

Se usaron ratas tipo Sprague Dawley de ambos sexos, de 21 días de edad, divididas en grupos de 6 ratas y se mantuvieron en jaulas individuales de acero inoxidable, de tal manera que el peso promedio de cada grupo era comparable con los otros y sus diferencias no excedían de ± 2 g.

Se formaron 12 grupos, de los cuales le correspondieron 3 a caseína para el desarrollo de la curva estándar de utilización de metionina y 3 a cada tratamiento de frijol. Cada grupo se alimentó por 14 días a nivel de 10% de proteína (caseína o frijol) con suplementación de DL-metionina (0.05%, 0.1% para caseína y 0.15%, 0.2% para frijol). Las suplementaciones de metionina se hicieron con el fin de obtener niveles

comparables de este aminoácido en el frijol con respecto a la caseína y además para cumplir con los requerimientos del animal de experimentación (0.25% de metionina en la dieta), (NRC, 1978).

Las dietas fueron elaboradas de la siguiente manera: 10% de proteína, siendo la fuente caseína para las dietas utilizadas en la preparación del estándar y frijol para la determinación de la disponibilidad de metionina, sacarosa 30%, aceite de maíz 6%, mezcla de minerales 4%, mezcla de vitaminas 2% y almidón necesario para completar el 100% de la dieta.

Las ratas fueron alimentadas ad libitum, proporcionándoles agua en la misma forma y sometidas a un ciclo luz-obscuridad de 12 horas cada período, con una humedad relativa de 60% en el ambiente (NRC, 1978).

Se registró el peso y el alimento consumido por cada rata 2 veces por semana. Además de los 14 días de recolección de datos, el experimento se alargó por 14 días más, con el fin de determinar la razón de eficiencia protéica (PER).

El análisis estadístico de los resultados obtenidos consistió, en la aplicación del método de paralelismo de 2 rectas por comparación de pendientes ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) con un límite de confianza de 0.975 que corresponde a una probabilidad de error de 0.05%. Además se realizó un análisis de varianza por un criterio de clasificación para observar la diferencia de los tratamientos, utilizando la prueba de Duncan (Mills, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

La receta modelo de mayor frecuencia obtenida en la encuesta realizada en la ciudad de Hermosillo, muestra que la fuente de abastecimiento del frijol pinto (Phaseolus vulgaris) es la distribuidora CONASUPO, siendo éste sometido a un tratamiento térmico de agua en ebullición por un tiempo de 2-2.5 horas para obtener el frijol cocido, agregandole 58 g de sal por cada Kg de frijol 15 min antes de terminar el tiempo de cocción. Para la obtención del frijol frito, el frijol cocido fue sometido a un tratamiento térmico adicional de aceite vegetal hirviendo (150-160°C) por un tiempo de 15 min.

El análisis proximal que se llevó a cabo en las harinas de frijol, se muestra en la Tabla 11, donde se puede observar que el frijol frito contenía una mayor cantidad de grasa y por consiguiente menor cantidad de proteína por cada 100 g de muestra analizada.

La metionina total cuantificada en el frijol fue de 1% en proteína cruda en base seca, resultados similares de 0.93% han sido reportados por Evans (1974). De acuerdo a los resultados obtenidos, la adición de metionina (0.15 y 0.20%) a las harinas de frijol (crudo, cocido y frito) y los tratamientos de cocinado utilizados, incrementan los valores de PER, siendo con 0.20% de agregación donde se observa una mejor respuesta experimental de aumento en peso (Figuras 6, 7, 8).

Por otra parte, es el frijol cocido, que corresponde a una ebullición en agua a 100°C, el que proporciona mayores valores de PER, seguido del frijol frito en el que la temperatura se eleva entre 150-160°C al calentar el aceite y por último los valores más bajos de PER son para el frijol crudo

Tabla 11. Análisis Proximal de las Harinas de Frijol (g/100 muestra).

Componente	Harina de Frijol		
	Crudo	Cocido	Frito
Humedad	8.4	6.5	5.9
Cenizas	3.6	6.2	6.8
Proteína (Nx6.25)	20.3	20.1	17.9
Grasa Cruda	1.5	1.4	11.2
Fibra Cruda	3.1	3.7	3.1
Carbohidratos ^a	63.1	62.1	55.1

^aEste valor fue obtenido por diferencia.

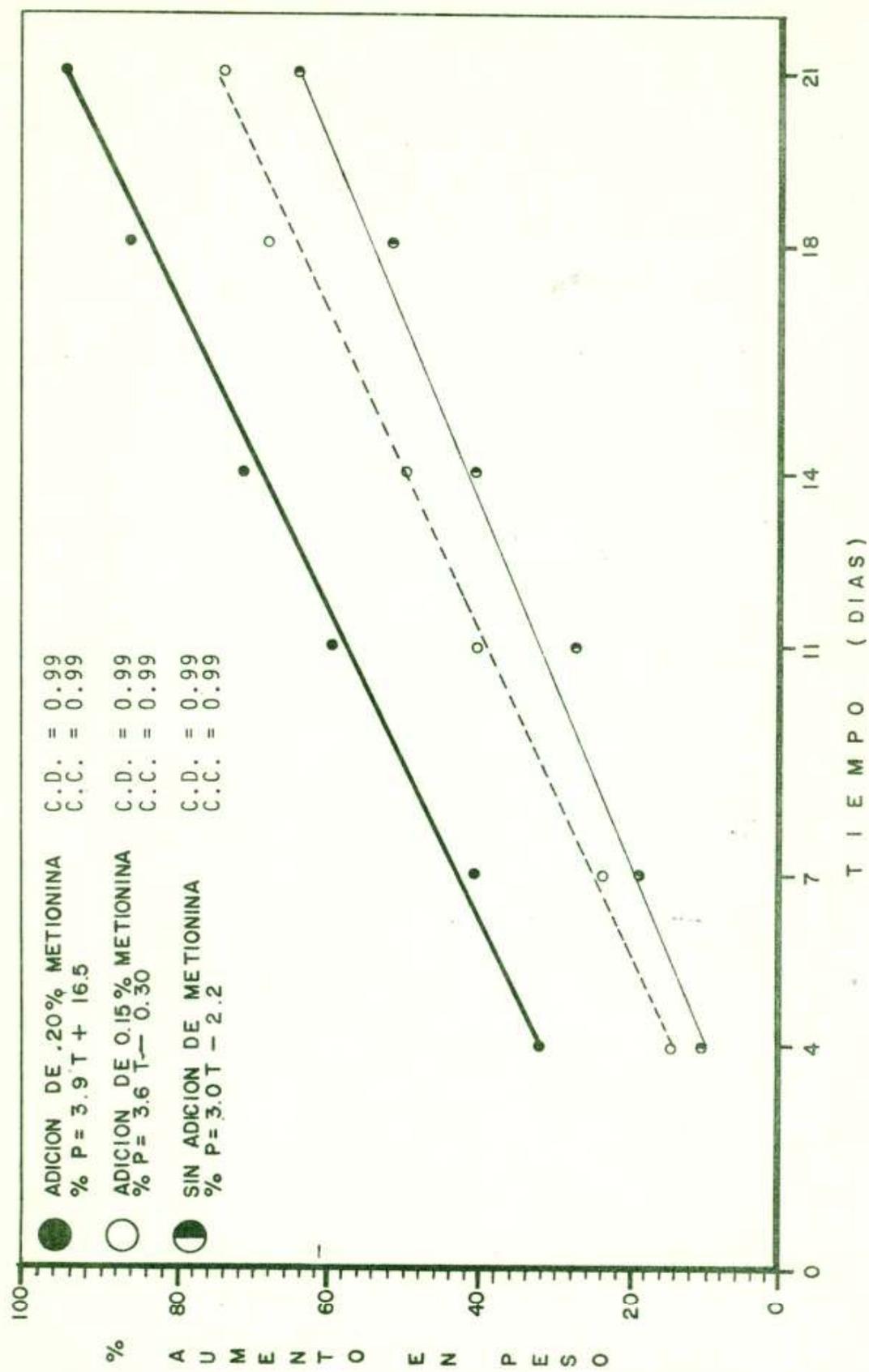


Figura 6. Curvas de Respuesta de Harina de Frijol Crudo con Adiciones de Metionina.

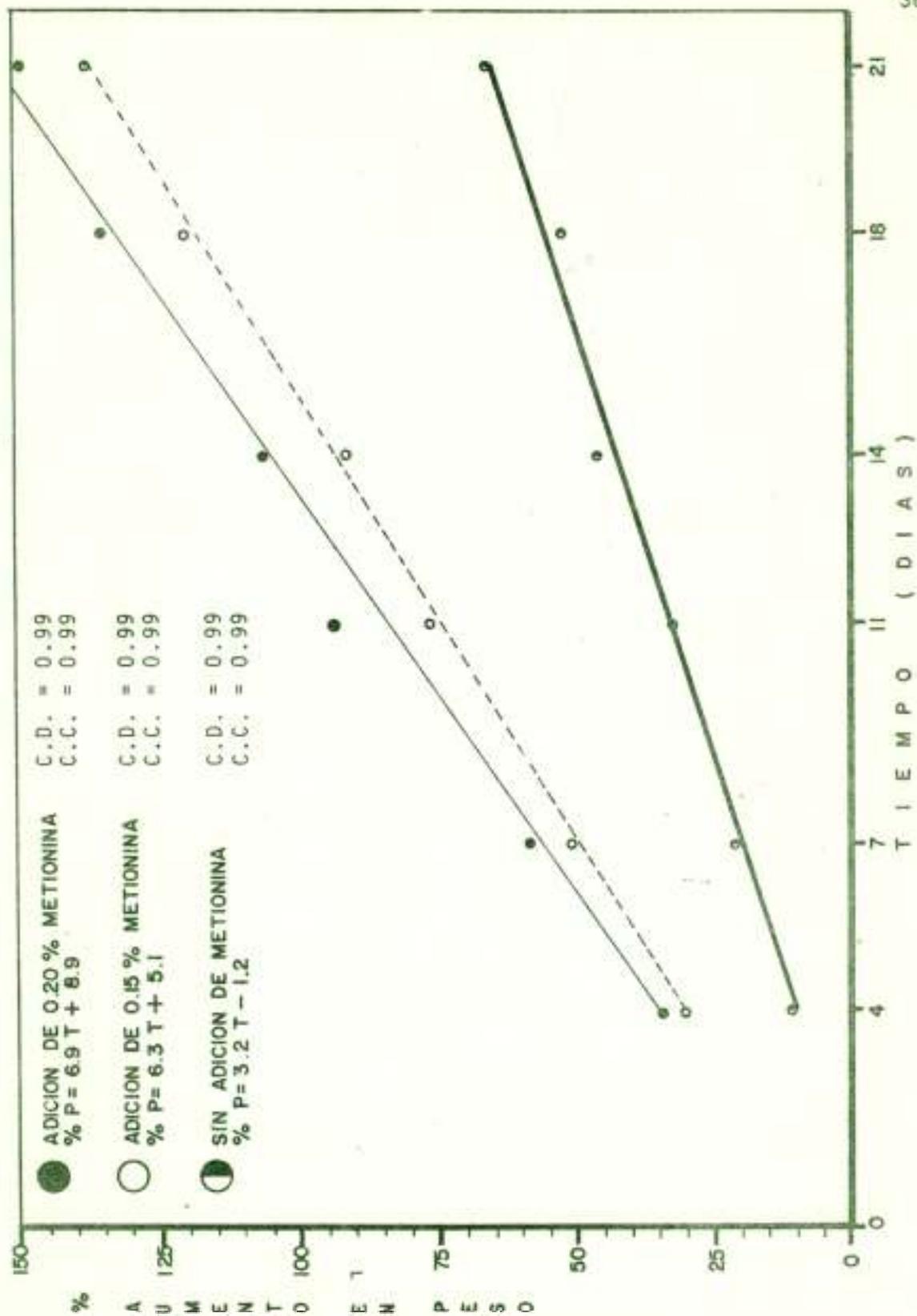


Figura 7. Curvas de Respuesta de Harina de Frijol Cocido con Adiciones de Metionina.

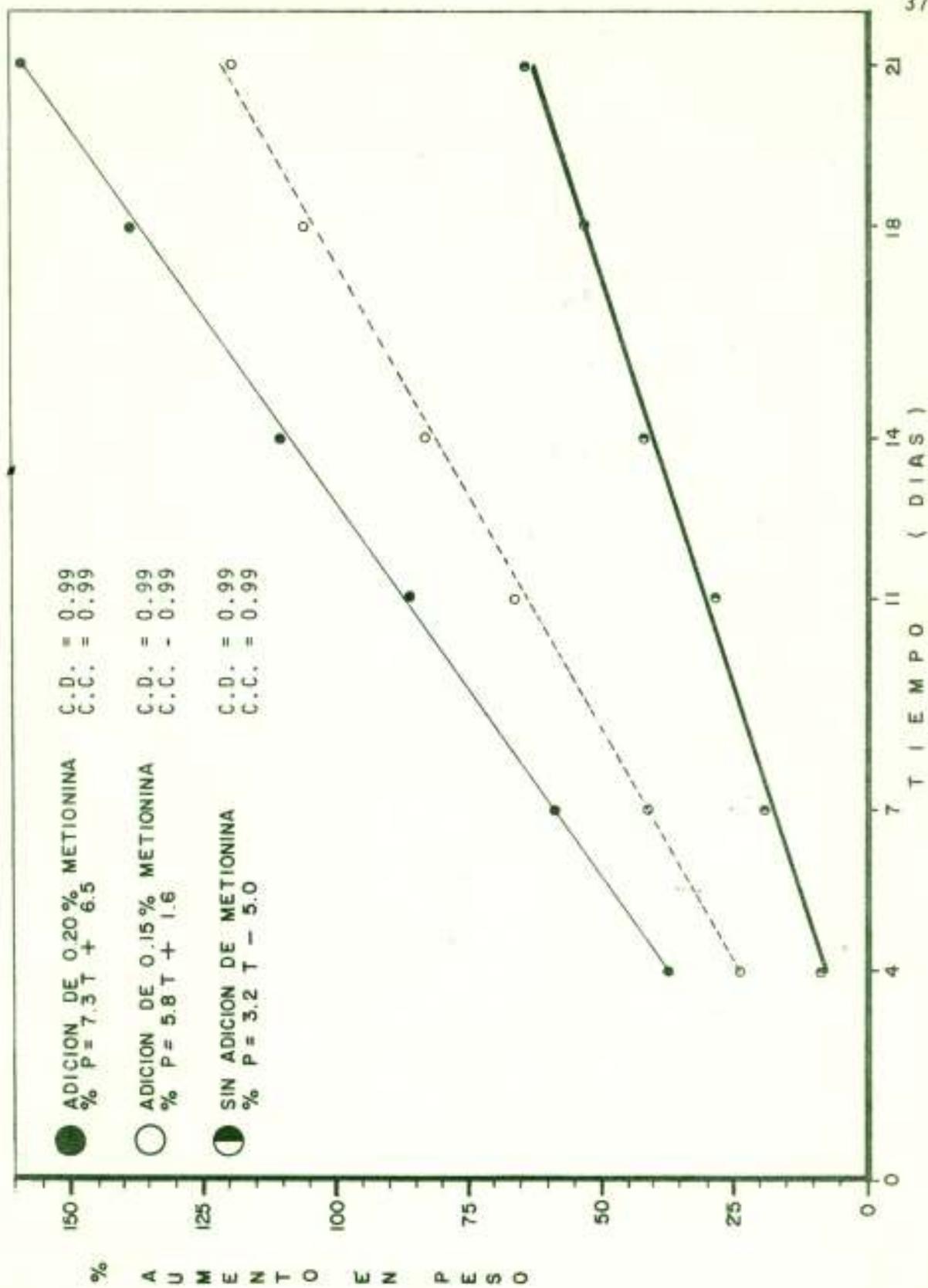


Figura 8. Curvas de Respuesta de Harina de Frijol Frito con Adiciones de Metionina.

calentado en autoclave por 15 min, en el que se considera que la temperatura alcanzada por el frijol fue de aproximadamente 95°C (Tabla 12).

De la misma forma los tratamientos térmicos mejoran la digestibilidad de la proteína (Tabla 13), observándose en estos valores que es el frijol cocido el que presenta mejor digestibilidad protéica (75.6%), seguido del frijol frito y por último el crudo.

De acuerdo con el método de Evans y Bauer (1974) para evaluar la disponibilidad de metionina, se registró el aumento en peso proporcionado por las harinas de frijol de acuerdo a las agregaciones hechas (Figura 9), donde puede apreciarse una sobreposición en los valores de aumento en peso arrojados por el frijol frito con 0.2% de agregación de metionina, sobre los obtenidos por el frijol cocido con la misma agregación. Esto probablemente se deba a que con esta agregación el contenido total de metionina en la dieta (0.30%) queda por encima del requerimiento normal del animal de experimentación (0.25%).

Las Figuras 10,11,12 se utilizaron para calcular la disponibilidad de metionina comparándose las curvas de regresión obtenidas en cada una de las harinas de frijol (crudo, cocido y frito), con las del patrón de caseína.

El análisis estadístico de los resultados mostró que no había una relación de paralelismo entre las rectas de caseína con las del frijol crudo, cocido y frito sin agregación de metionina (Figura 10) y con las de 0.2% de agregación (Figura 11), ya que la hipótesis de $H_0: \mu_1 = \mu_2$ de la prueba de t de student fue rechazada, lo que indica que esta recta y la de caseína no eran paralelas, por lo tanto no pueden relacionarse para evaluar la disponibilidad de metionina, mientras que con las dietas con agregación de 0.15% de este aminoácido (Figura 12) la hipótesis ($H_0: \mu_1 = \mu_2$) se acepta, teniéndose así que para el frijol crudo la disponibilidad de

Tabla 12. Relación de Eficiencia Protéica (PER) de Ratas Alimentadas con Dietas Experimentales.

Fuente de Proteína	% DL-Metionina Agregada	PER
Caseína	0.00	2.56
	0.05	3.54
	0.10	3.70
Harina de Frijol Crudo	0.00	1.94
	0.15	1.98
	0.20	2.33
Harina de Frijol Cocido	0.00	2.13
	0.15	3.13
	0.20	3.25
Harina de Frijol Frito	0.00	2.05
	0.15	2.90
	0.20	3.20

Tabla 13. Cantidad de Metionina Presente en el Frijol y Efectos de los Tratamientos Térmicos Sobre la Disponibilidad de Este Aminoácido, Digestibilidad de Proteína, Actividad de Inhibidor de Tripsina y Disponibilidad de Metionina en Frijol Pinto .

Tratamiento	Metionina (g/16g N)	% de Digestibilidad de Proteína	% Pérdida de la Actividad ^a de Inhibidor de Tripsina	% Disponibilidad de Metionina
Calentado en Autoclave (Crudo)	1.0	72.4	74	23
Hervido en Agua (Cocido)	1.0	75.6	78.6	85
Hervido en Agua y Freído en Aceite Vegetal (Frito)	1.0	74.3	78.6	65

^aRomero, 1984.

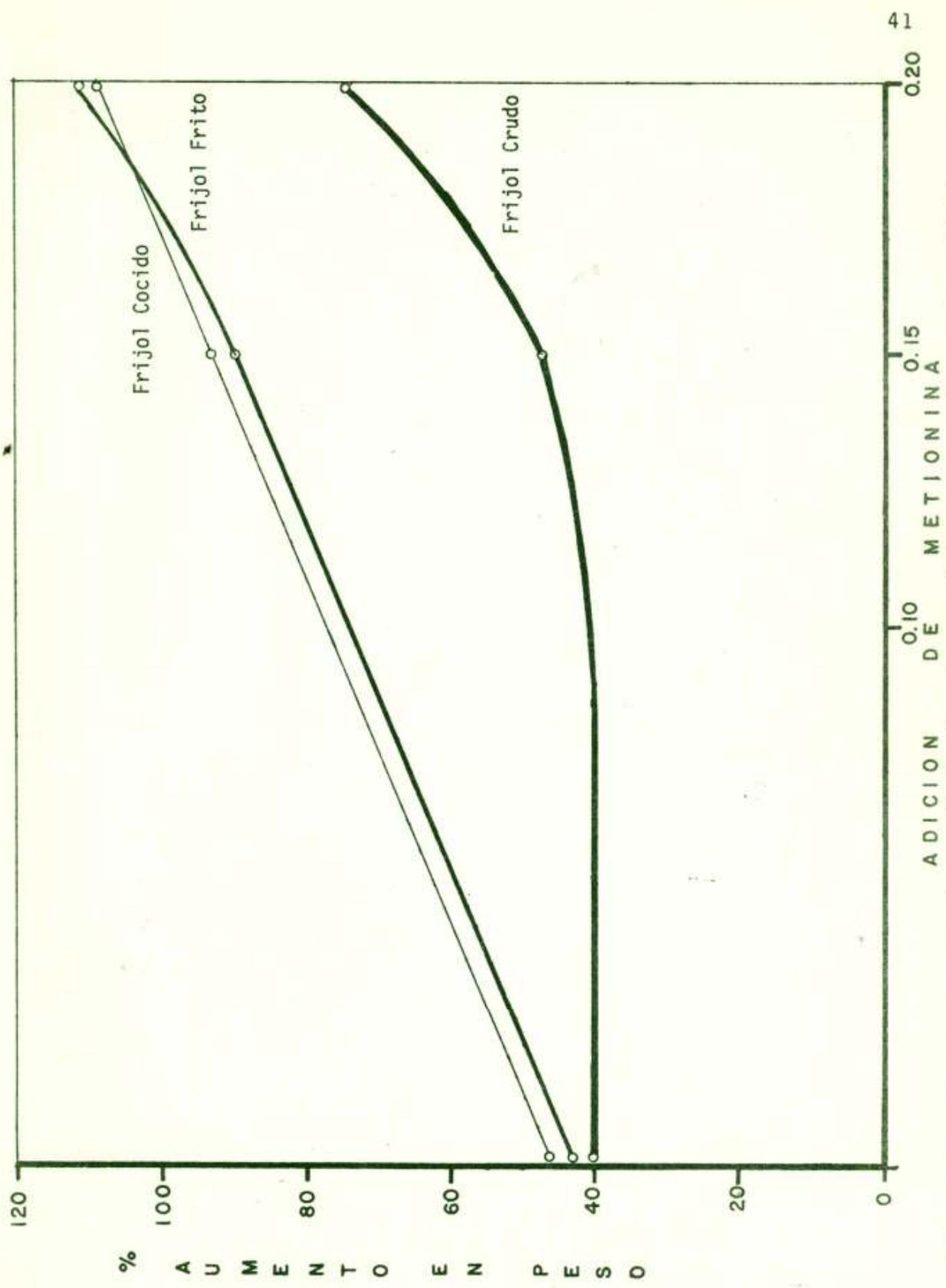


Figura 9. Efecto de Adición de Metionina Sobre el Aumento en Peso a los 14 Días.

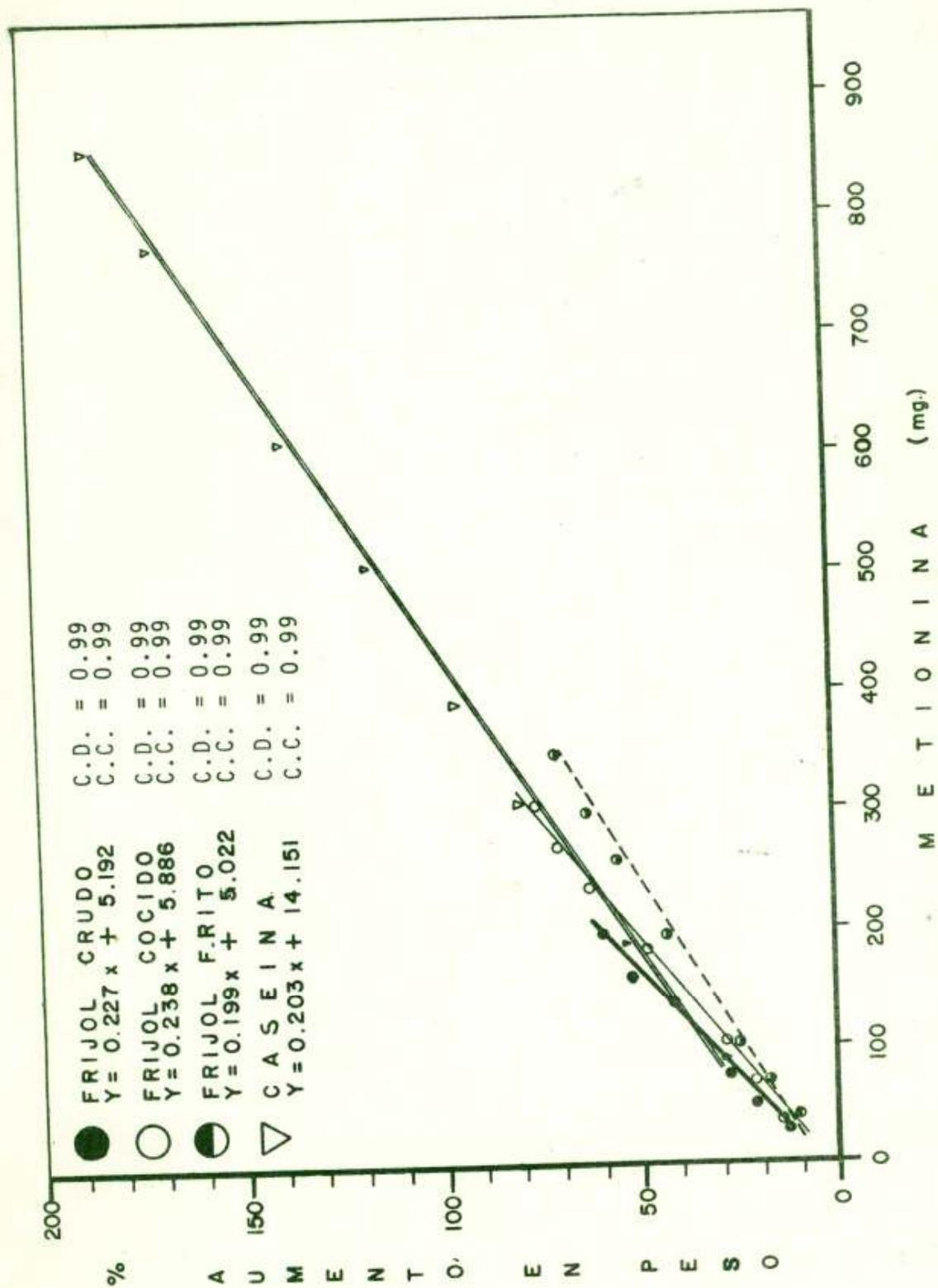


Figura 10. Curvas de Respuesta de Caseína y de Frijol sin Adición de Metionina.

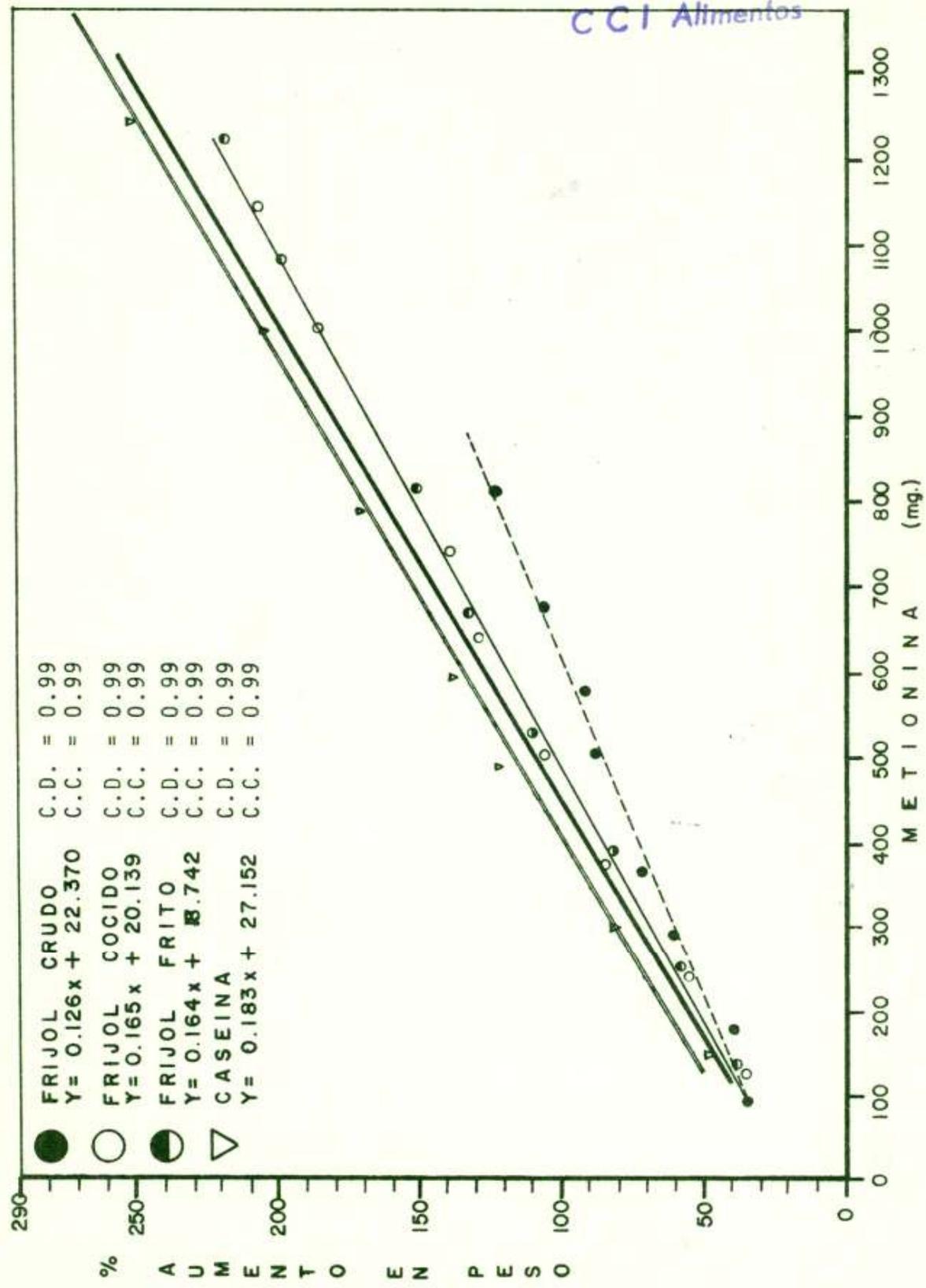


Figura 11. Curvas de Respuesta de Caseína con Adición de 0.10% de Metionina y Harinas de Frijol con Adición de 0.20% de Metionina.

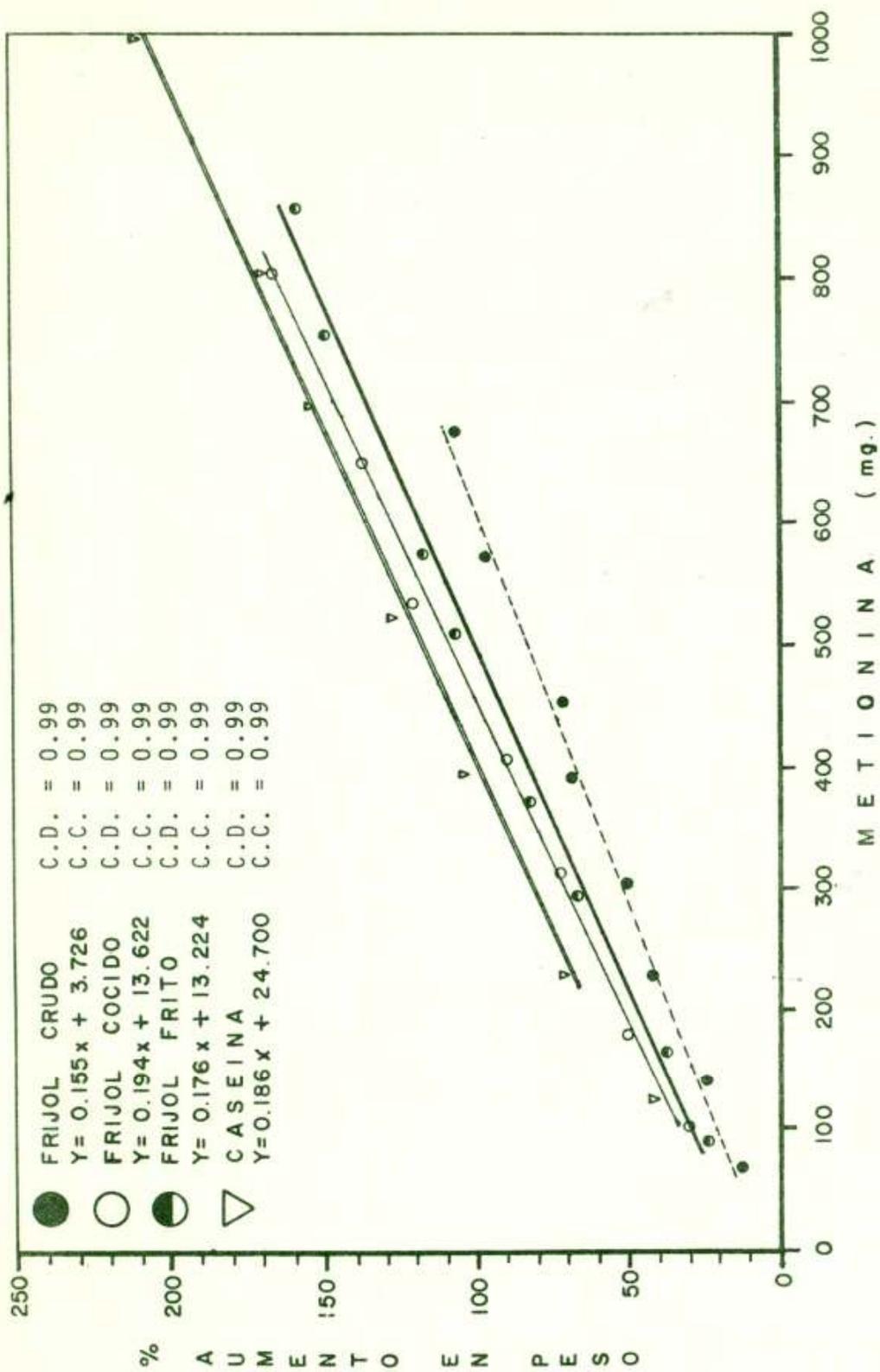


Figura 12. Curvas de Respuesta de Caseína con Adición de 0.05% de Metionina y Harinas de Frijol con Adición de 0.15% de Metionina.

metionina fue de 23%, para el frijol cocido de 85% y para el frijol frito de 65% (Tabla 13).

El análisis de varianza (Tabla 14) de los PER individuales obtenidos con las dietas de frijol (crudo, cocido y frito) con agregación de metionina de 0.15% y con la dieta de caseína con agregación de metionina de 0.05%, mostró que estadísticamente la caseína tenía mayores valores de PER que el frijol cocido y frito, pero entre estos no había diferencia significativa, sin embargo los valores de PER de caseína, frijol cocido y frito eran mayores que los del frijol crudo. Y por último, los tratamientos térmicos disminuyen la actividad de las sustancias antitripticas (Reyes, 1984), ya que el frijol crudo calentado en autoclave, tuvo una pérdida de actividad del inhibidor de tripsina de un 74% mientras que el frijol cocido y el frito era de 78.6% (Tabla 13), mejorándose por lo tanto la calidad nutricional del frijol.

Tabla 14. Análisis de Varianza (PER).

Causa de Variación	SS	GL	MS	MS	Ft ^a .05, 3, 20
Tratamiento	4.56	3	1.52	18.33	3.10
Error	1.65	20	0.082		
Total	6.21	23			

^aUtilizando Prueba de Duncan, donde: $Ca > (FrCo=FrFr) > FrCr$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La falta de linealidad en las rectas de las muestras de frijol crudo, cocido y frito sin adición de metionina, fue probablemente debido a la falta de este aminoácido en la dieta y a su baja disponibilidad, ya que los animales de experimentación mostraron signos característicos de deficiencia de metionina, observándose solamente la caída de pelo, en el grupo de animales alimentados con dieta de frijol crudo, mientras que la disminución en la ganancia en peso se observó tanto en los animales alimentados con frijol crudo como en aquellos alimentados con cocido y frito; siendo el frijol crudo el que produjo los efectos más drásticos.

Por otro lado, la falta de paralelismo entre las recetas de frijol (crudo, cocido y frito) y la del estándar de caseína en el nivel de agregación de 0.20% de metionina, probablemente se deba a un ligero exceso de este aminoácido en la dieta en base al requerimiento del animal, produciéndose por esta situación resultados falsos de aprovechamiento de proteína.

Los aumentos de los valores del PER con las dietas de frijol cocido y frito se deben, a que los tratamientos térmicos aumentan la digestibilidad de la proteína y por lo tanto, la disponibilidad de la metionina propia del frijol; sin embargo, el frijol frito tuvo valores más bajos que el frijol cocido, debido quizá a que las temperaturas alcanzadas por este tratamiento son altas (150-160°C) e implican destrucción de aminoácidos.

En base a lo anterior podemos concluir lo siguiente:

- Los tratamientos térmicos mejoran la disponibilidad de la metionina, mejorando por lo tanto la calidad nutricional del frijol.

- La forma en que el frijol presenta mejor calidad protéica es en la de cocido.

- Otros tratamientos caloríficos posteriores al de cocción, como el freído, disminuyen la calidad nutritiva de la proteína por indisponibilidad de aminoácidos esenciales como metionina.

Las recomendaciones que se pueden dar en base a los resultados obtenidos, son las siguientes:

- Utilizar el frijol para su consumo en forma de frijol cocido, ya que de esta manera es como se logra aprovechar al máximo nutricionalmente su proteína .

- Someter a los tratamientos de cocinado, únicamente la cantidad de frijol a consumirse, para evitar que éste sea recalentado.

- Utilizar el remojo como tratamiento complementario en la preparación del frijol, disminuyéndose así, el tiempo de cocción e intensidad de calor necesaria.

- Se recomienda la realización de estudios más amplios que incluyan al maíz en su forma tradicional de consumo (tortilla), para saber que grados de disponibilidad de metionina presentan, ya que junto con el frijol, es la fuente primaria de aporte de proteína.

BIBLIOGRAFIA

- AOAC (1980). Official Methods of Analysis. 30a. ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, C.D.
- Aykroyd, W.R. y Doughty, J. 1977. Legumes in Human Nutrition 5a ed. Department of Human Nutrition London School of Hygiene and Tropical Medicine.
- Bodwell, C.E. 1977. Evaluation of Proteins for Human. AVI Publishing Co, Inc. Westport. pp. 68-79, 149-159. 205-231.
- Boyne, A.W., Price, S.A., Kosen, G.D. y Stott, J.A. 1966. Protein Quality of Feeding-Stuffs. J. Nutr. 18(3): 545.
- Bressani, R. y Elías, L.G. 1972. Processed Vegetable Protein Mixtures for Human Consumption in Developing Countries. In "Vegetable Protein Foods for Developing Areas", Institute of Nutrition of Central America and Panamá (INCAP) Guatemala, Central America.
- Chang, K.C. 1980. Isolation and Characterization of the Major Protein From Great Northern Beans (Phaseolus vulgaris) Thesis. Nebraska University, Lincoln, Nebraska.
- Chang, K.C. y Satterlee, L.D. 1981. Chemistry of Dry Bean Proteins. Presented at the 41st. Annual Meeting of the Institute of Food Technology, Atlanta, GA, June 7-10.
- Danuta, P., Wieslawa, M.R. y Grabarek, Z. 1975. Estimation of Available Methionine and Cysteine in Proteins of Food Products by In vivo and in vitro Methods. Br. F. Nutr. 34:175.
- Engleman, E.M. 1979. Contribuciones al Conocimiento del Frijol (Phaseolus vulgaris) en México. 1a ed. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.
- Ershoff, B.H. 1978. Food Fortification in the Prevention and Treatment of Malnutrition in the Urban Areas of Developing Countries. J. of Applied Nutr. 30(3 y 4):114.

- Evans, R.J. y Bauer, D.H. 1974. The Availability for the Rat of Methionine and Cystine Contained in Dry Bean Seed (Phaseolus vulgaris). J. Agr. Food Chem. 22(1):131.
- Evans, R.J. y Bauer, D.H. 1978. Studies of the Poor Utilization by the Rat of Methionine and Cystine in Heated Dry Beans Seed (Phaseolus vulgaris). J. Agr. Food Chem. 26(4):779.
- ✓ Fleming, S.E. y Vose, J.RV 1979. Digestibility of Raw and Cooked Starches From Legume Seeds Using the Laboratory Rat. J. Nutr. 109-2067.
- Ford, J.E. 1962. A Microbiological Methods From Assessing the Nutritional Value of Protein. Brit. J. Nutr. 14(1): 485.
- Harper, H. 1976. Manual de Química Fisiológica, 5a ed., Ed. El Manual Moderno S.A. México, D.F.
- Hsu, H.W., Vavak, D.L. y Satterlee, L.D. 1977. A Multienzyme Technique for Estimating Protein Digestibility. J. Food Sci. 42(5):1269.
- Mills, R.L. 1980. Estadística. Ed. McGraw Hill, 2a ed. p. 137-270, Bogotá Colombia.
- Mottram, R.F. 1979. Human Nutrition, 3a ed., Food and Nutrition Press, Inc.
- Mutschler, M.A. y Bliss, F.A. 1981. Inheritance of Bean Seed Globulin Content and Its Relationship to Protein Content and Quality. Crop. Science. 21:289.
- ✓ NRC: National Research Council. (1978). Nutrient Requirements of Domestic Animals, No. 10. Nutrient Requirements of Laboratory Animals, 3a ed. (Revised). National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Pieniasek, K.D. 1975. Estimation of Available Methionine and Cysteine in Proteins of Food Products by In vivo and In vitro Methods. J. Nutr. 34:175.
- Reyes, J.A. 1984. Efecto del Almacenamiento y los Tratamientos de Calor Sobre los Niveles de Actividad Antitriptica en Frijol Pinto (Phaseolus vulgaris). Tesis. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora.
- Romero, J. y Ryan, D.S. 1978. Susceptibility of the Major Storage Protein of the Bean, Phaseolus vulgaris L. to In vitro Enzymatic Hidrolisis. J. Agric. Food Chem. 26(4):748.

- ✓ Rost, L.D. 1979. A Brief Introduction to Plant Biology. In: Botany. Avi Publishing Co. 1a ed. p. 125, Westport, CT.
- Ryan, D.S. 1977. Determinants of the Functional Properties of Proteins and Protein Derivates in Foods. In: Foods Proteins. Gould, R.F. (Ed.). 2a ed. American Chemical Society, Washington, D.C. pp. 67-94.
- SARH: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1982. Producción Obtenida en el Ciclo Agrícola 1981-1982. Departamento de Comunicaciones y Publicaciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, Hermosillo, Sonora.
- Sheffner, A.L. 1967. In vitro Protein Evaluation. In Newer Methods of Nutritional Biochemistry. Albanese, A.A. (Ed.). Vol. III. Academic Press.
- Wiley, J. y Sons. 1975. Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding. Library of Congress Cataloging in Publication Data. pp. 15-57, 313-335.
- ✓ Wilson, D. 1976. Principles of Nutrition, 4a ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.