

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA  
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

DESARROLLO Y APLICACION DE UN METODO PARA  
LA EVALUACION PROTEINICA DE ALIMENTOS:  
INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO

Tesis elaborada por

JOSE ANTOLIN DEL BUSTO LEDESMA

Previo a optar al grado de

MAESTRO

(Magister Scientifcae)

Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos  
(CESNA)

Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y  
Nutrición Animal

Guatemala, noviembre de 1973

T-164

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

## COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA

Director del CESNA - Dr. Carlos Tejada V.

Decano de la Facultad de Ciencias Médicas - Dr. César Vargas

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia - Lic.

Rubén Mayorga Peralta

Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnia -

Dr. Víctor Manuel Aguilar

Director del Departamento de Historia de la Facultad de

Humanidades - Lic. Daniel Contreras

Director de la Escuela de Nutrición - Dra. Susana J. Icaza

Director del Curso de Postgrado en Salud Pública con Enfoque

en Nutrición Maternoinfantil - Dr. Luis Octavio Angel

Director del Curso de Postgrado en Bioquímica y Nutrición

Humana - Dr. Oscar Pineda

Director del Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y

Nutrición Animal - Dr. J. Edgar Braham

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
Y FARMACIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Lic. Rubén Mayorga Peralta
Vocal 1o.	Lic. Mario Dary
Vocal 2o.	Dr. Juan de Dios Calle S.
Vocal 3o.	Lic. J. Fernando Mazariegos
Vocal 4o.	Br. Herman Wyss
Vocal 5o.	Br. Thelma Alvarado
Secretario	Lic. Rodrigo Herrera S.

COMITE ASESOR DE TESIS

Dr. Luiz G. Elías

Dr. Roberto Gómez Brenes

Dr. J. Edgar Braham

Dr. Ricardo Bressani

DEDICO ESTA TESIS

AL INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA (INCAP)

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

A MIS PADRES

INOCENCIO DEL BUSTO R. (Q.E.P.D.)

CARMEN L. vda. DE DEL BUSTO

A MIS ABUELOS

JOSE DEL BUSTO (Q.E.P.D.)

ISIDRA DE DEL BUSTO (Q.E.P.D.)

ANTOLIN LEDESMA

TRINIDAD R. DE LEDESMA

A MI HERMANA

MARIA DEL CARMEN vda. DE VALDES

A MI SOBRINA

ARACELY VALDES DEL BUSTO

## RECONOCIMIENTOS

Al Dr. Luiz Gonzaga Elías, por su constante estímulo, asesoría y amistad.

Mi agradecimiento sincero a la Research Corporation, New York, U. S. A. y al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), por brindarme la oportunidad de estudiar.

A los Doctores Miguel A. Guzmán, por su asesoría en los análisis estadísticos, Dr. Ricardo Bressani, Dr. J. Edgar Braham y Dr. Roberto Gómez Brenes, por su estímulo y colaboración.

A don Carlos Urrutia y don Lauro Rivera, y a todo el personal de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, por su colaboración en la realización de este estudio, y en especial a María Antonieta Rottmann.

## INDICE

- II. INTRODUCCION
- III. ANTECEDENTES Y REVISION BIBLIOGRAFICA
  - 1. Métodos usados para determinar el valor biológico de las proteínas.
    - a. Métodos directos
    - b. Métodos indirectos
- IV. PROPOSITO Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACION
- V. MATERIAL Y METODOS
  - 1. Materiales
  - 2. Métodos
    - A. Químicos
    - B. Biológicos
    - C. Estadísticos
- VI. RESULTADOS Y DISCUSION
  - A. Resultados
    - 1. Composición química
    - 2. Contenido de aminoácidos
    - 3. Tiempo de experimentación
    - 4. Niveles de proteína

5. Número de animales
6. Comparación entre el Índice de Nitrógeno a Crecimiento e Índice de Eficiencia Proteínica
7. Evaluación de la calidad proteínica de cereales
8. Sensibilidad del método

B. Discusión

- |       |              |
|-------|--------------|
| VII.  | SUMARIO      |
| VIII. | BIBLIOGRAFIA |
| IX.   | APENDICES    |

## LISTA DE CUADROS

- CUADRO No. 1 VALORES DE HUMEDAD, GRASA, FIBRA CRUDA, CENIZA Y PROTEINA DE LAS MUESTRAS DE CEREALES.
- CUADRO No. 2 COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LAS MUESTRAS DE MAIZ USADAS.
- CUADRO No. 3 COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE MUESTRAS DE SORGO, TRIGO Y TRITICALE.
- CUADRO No. 4 VALORES DE LA CALIDAD PROTEINICA CALCULADOS POR MEDIO DE LA PENDIENTE  $b$  EN LA ECUACION DE LA LINEA RECTA PARA LA 1a, 2a, 3a, Y 4a SEMANA DE LOS VALORES ACUMULATIVOS (A LOS 7, 14, 21 Y 28 DIAS).
- CUADRO No. 5 ALGUNOS EJEMPLOS DE LOS RESULTADOS DEL VALOR NUTRITIVO  $b$  Y EL COEFICIENTE DE DETERMINACION ( $r^2$ ) PARA LAS PROTEINAS DE REFERENCIA, GLUTEN, HUEVO, CASEINA Y LECHE DESCREMADA EMPLEANDO TODOS LOS NIVELES, 0, 3 Y 5 Y 0 Y 5% DE PROTEINA EN LA DIETA A LOS 14 DIAS.

- CUADRO No. 6 ANALISIS ESTADISTICO ENTRE PROCEDIMIENTOS (0 + 5 % Y 0 + 3 + 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA), VARIEDAD DE PROTEINAS Y DIFERENTE NUMERO DE ANIMALES EN EL CALCULO DEL VALOR BIOLOGICO (b).
- CUADRO No. 7 VALORES PROMEDIOS DE VALOR BIOLOGICO Y ESTOS MISMOS DIVIDIDOS EN DOS VALORES, QUE REPRESENTAN EL PROMEDIO DE LAS PROTEINAS DE ALTO Y BAJO VALOR BIOLOGICO RELATIVAMENTE, AL EMPLEAR LOS NIVELES DE 0 + 5 % Y 0 + 3 + 5 % DE PROTEIN EN LA DIETA Y 10, 8, 6 Y 4 ANIMALES POR GRUPO.
- CUADRO No. 8 VALORES DE INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO (INCr) E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) PARA GLUTEN, HUEVO DESENGRASADO, CASEINA Y LECHE DESCREMADA.
- CUADRO No. 9 LISINA, INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO (INCr) EMPLEANDO LOS NIVELES DE 0 + 5 % Y 0 + 3 + 5% DE PROTEINA EN LA DIETA Y EL INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP).

CUADRO No. 10      SENSIBILIDAD DEL METODO.

TABLA    A	EFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_{\bar{x}}$ ) CON LOS NIVELES DE 0, 3 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA.
TABLA    B	EFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_{\bar{x}}$ ), CON LOS NIVELES DE 0 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA.
TABLA    C	EFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_{\bar{x}}$ ), CON LOS NIVELES DE 0, 3 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA.
TABLA    D	EFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_{\bar{x}}$ ), CON LOS NIVELES DE 0 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA.

## LISTA DE ILUSTRACIONES

- GRAFICA No. 1      CORRELACION ENTRE INDICE DE NITROGENO A  
                          CRECIMIENTO Y EL CONTENIDO DE LISINA DE  
                          LAS DIFERENTES MUESTRAS DE CEREALES .
- GRAFICA No. 2      CORRELACION ENTRE INDICE DE NITROGENO A  
                          CRECIMIENTO E INDICE DE EFICIENCIA PROTE-  
                          INICA (IEP) .

## II. INTRODUCCION

La evaluación biológica de los alimentos, es uno de los problemas que más interés ha despertado en el campo de la nutrición experimental, ya que se requiere conocer la respuesta de un organismo vivo a los alimentos para así poder planificar la mejor utilización de los mismos en la alimentación humana y animal.

En la evaluación de los alimentos se han empleado diferentes especies de animales (1, 6, 18, 22, 32, 38, 46, 51, 52, 69), y los métodos que se han desarrollado para medir la respuesta de un animal experimental ante una fuente de nutrientes, pueden dividirse en directos e indirectos.

Los primeros, son los que miden directamente el nitrógeno depositado en el carcás del animal. Uno de los inconvenientes de estos métodos es su aspecto económico, ya que los análisis requeridos, necesitan de equipo y personal especializado. Los resultados obtenidos pueden además ser influenciados por los errores introducidos en los métodos de análisis.

Los métodos indirectos, como su nombre lo indica, miden el nitrógeno depositado en el carcás en forma indirecta. Al-

gunos de estos métodos son preferidos por su simplicidad, aunque como en los directos, hay otros que requieren de aparatos y personal especializado.

En algunos casos, los métodos indirectos adolecen del inconveniente de medir un cambio en peso, que puede ser debido no sólo a síntesis de proteína, sino a deposición de grasa, agua y otros nutrientes en los tejidos del animal.

Se han realizado estudios en los que se correlacionan los resultados obtenidos por los métodos directos y por los que se han obtenido por los métodos indirectos, y en algunos casos se han informado altas correlaciones (19, 23).

Debido a que la verdadera interpretación de la eficiencia de utilización de un alimento depende en gran parte de la metodología usada, el presente trabajo tiene como propósito desarrollar hasta donde sea posible una tecnología que permita determinar con más exactitud y sencillez el valor biológico de una proteína.

### III. ANTECEDENTES Y REVISION BIBLIOGRAFICA

Podemos definir como una proteína de buena calidad, a aquella que suministra la cantidad de aminoácidos requeridos para la síntesis de proteína de los tejidos de un animal y cuya utilización sea lo más eficiente posible, lo cual es el resultado del balance y disponibilidad de sus aminoácidos.

Entendemos por balance de aminoácidos de una proteína, a la relación que existe entre ellos. Cuanto más se asemeje esta relación a la existente en la proteína de los tejidos del animal que la consume, mayor será la magnitud de la respuesta biológica observada.

Los métodos usados para la valoración nutricional de las proteínas están directa o indirectamente relacionadas con la evaluación relativa de las mismas, es decir que su eficiencia de utilización debe compararse a una proteína de buena calidad o proteína de referencia.

El método empleado debe limitar la magnitud de la respuesta única y exclusivamente al valor biológico de la proteína,

hecho que debe controlarse a través de las condiciones experimentales de cualquiera de los métodos que se empleen.

Es importante señalar que no debe confundirse el valor biológico de una proteína con el valor nutritivo de dicha proteína en la dieta. El primero evalúa única y exclusivamente la cantidad de aminoácidos esenciales disponibles al animal para satisfacer sus respectivos requerimientos durante la situación fisiológica en que se encuentra. En cambio el segundo concepto, se refiere a la aplicación de los resultados del primero, y su propósito es evaluar la capacidad de la proteína, juntamente con otros nutrientes, en inducir estados nutricionales adecuados.

1. Métodos usados para determinar el valor biológico de las proteínas

a. Métodos directos

a.1 Utilización proteínica neta (UPN)

Este método fue propuesto por Bender y Miller en 1953 (13, 14), y posteriormente fue ligeramente modificado por Bender y

Doell en 1957 (12, 13).

El procedimiento consiste en medir el nitrógeno que se ha depositado en el carcás del animal, por el consumo de la dieta en estudio, con 10% de proteína, por 10 días y es necesario corregir por el nitrógeno endógeno, que se mide en otro grupo que consume una dieta libre de nitrógeno. Este nitrógeno puede ser medido directamente en el carcás del animal, o por la relación nitrógeno-agua (12, 13, 14).

A pesar de que el método originalmente fue propuesto para emplearlo en ratas, otros autores lo han aplicado en pollos (18, 32, 58).

#### a.1.1 Factores que afectan al método

Con respecto a la determinación de nitrógeno en el carcás Braham y col. (17) demostraron que se obtienen resultados menos variables, si se seca el carcás, y se determina en él el nitrógeno.

El tiempo de experimentación influye en los resultados (16), así como el contenido de vitaminas y minerales en la

dieta (61). Las calorías deben estar presentes en cantidades suficientes para que el organismo no utilice la proteína como fuente calórica (16). También se observó que cuando se aumentaba el contenido de proteína en la dieta, al igual que en otros métodos, el UPN disminuye (16, 70).

#### a.1.2 Críticas al método

Este método no es recomendable para efectuar análisis de rutina, ya que la determinación de nitrógeno en el carcás toma demasiado tiempo; no tiene ventajas sobre otros métodos. A pesar de las desventajas mencionadas, puede ser usado en laboratorios en donde no se cuenta con facilidades para realizar balances de nitrógeno, y donde sea necesario llevar a cabo determinaciones de la calidad proteínica en términos de UPN con un número limitado de muestras y con poca frecuencia.

#### b. Métodos indirectos

##### b.1 Índice de eficiencia proteínica (IEP)

El método fue propuesto por Osborne, Mendel y Ferry en

1919 (65) y definido como un método que expresa numéricamente el crecimiento estimulado por la proteína ingerida. Determina la ganancia en peso por gramo de proteína consumida. Numéricamente puede expresarse:

$$\text{PER o EP} = \frac{\text{Ganancia en peso (gr)}}{\text{Proteína consumida (N x 6.25)}}$$

Hasta donde sea posible la dieta debe contener 10% de proteína, y se administra ad libitum a ratas recién destetadas (16, 28).

#### b.1.1 Factores que afectan el método

Se ha encontrado que la edad inicial del animal experimental (29), influencia los resultados finales, el nivel de proteína de la dieta (16, 60), al igual que en otros métodos influencia los resultados; a mayor nivel, el valor de EP es menor.

El tiempo de experimentación, es otro de los factores que influyen, ya que a mayor tiempo, el valor de IEP disminuye (16, 29).

La raza de las ratas empleadas, también influye en los

resultados (49).

#### b.1.2 Críticas al método

El método (29) asume que no hay proteínas para mantenimiento, además a medida que se consumen mayores cantidades de proteína, hay mayor cantidad disponible para crecimiento y por consiguiente, resulta una mayor eficiencia proteínica, así también asume que el incremento de peso corporal es proporcional a la proteína consumida. Esto no siempre es cierto, ya que se ha reportado que la composición del incremento de peso, varía con el tipo de dieta (1). Las proteínas que no promueven crecimiento, no pueden ser evaluadas por este método.

El método ha sido extensamente analizado (28, 50, 60) y debido a su simplicidad y reproducibilidad en condiciones controladas, y buenas predicciones de calidad proteínica, se ha convertido en uno de los métodos más comúnmente empleados para la evaluación de proteína.

## b.2 Balance de nitrógeno (BN)

Está basado en el método de balance de materiales. Se puede definir como la cantidad de nitrógeno que es retenido por el cuerpo del nitrógeno total que es ingerido, y matemáticamente se expresa (2):

$$BN = N_i - (N_f + N_u)$$

BN = Balance de nitrógeno

$N_i$  = Nitrógeno ingerido

$N_f$  = Nitrógeno fecal

$N_u$  = Nitrógeno urinario

Si el nitrógeno excretado por las heces y la orina es menor que el nitrógeno ingerido, se dice que el BN es positivo; si es igual, el BN es cero o está en equilibrio, y si es mayor, el BN es negativo.

Recientemente se ha demostrado que el nitrógeno se pierde por otras vías además de la fecal y urinaria (59, 67). Se ha establecido que en humanos hay pérdidas de nitrógeno por sudor (14, 31). En estudios de larga duración, las pérdidas

por el cabello y por la piel pueden ser significativas. Se ha demostrado que existen pérdidas de nitrógeno por la respiración en perros (30).

Por los datos anteriores, el balance de nitrógeno debe ser corregido tomando en cuenta estas pérdidas, que podrían llamarse pérdidas de nitrógeno insensible ( $N_s$ ), por lo que la fórmula se modificaría de la siguiente manera (19):

$$BN = N_i - (N_f + N_u + N_s)$$

Esta modificación, sólo es necesaria para estimar los requerimientos de nitrógeno y en los cálculos de balance nitrogenado. No es necesario si se establecen medidas comparativas de balance nitrogenado entre distintos tratamientos proteínicos de corta duración y bajo condiciones experimentales controladas, en cuyo caso se obtiene un balance de nitrógeno aparente.

#### b.2.1 Factores que afectan el balance nitrogenado

Al cambiar la ingesta de nitrógeno, debe existir un período de adaptación antes de efectuar las mediciones (22).

A niveles altos de proteína, cuando se relaciona el nitrógeno absorbido con el balance de nitrógeno, se obtienen respuestas curvilíneas (37).

La ingesta de calorías influye sobre el BN (3), y cambios de la ingesta de agua también influyen, por lo que éste, debe permanecer constante.

El método de BN, puede ser muy útil para clasificar las proteínas según su contenido de aminoácidos esenciales (2) y para detectar estados de depauperación proteínica (3, 7), así como otras condiciones.

#### b.2.2 Críticas al método

En muchos casos carece de la sensibilidad deseada, dado que representa la fase final de un proceso metabólico.

También se ha demostrado que la actividad física tiene influencia sobre el crecimiento, el cual se ve disminuído por el empleo de jaulas metabólicas (52), que restringen dicha actividad.

### b.3 Valor biológico (VB)

En 1909 Thomas introdujo el término Valor Biológico (70), que es un método menos variable para determinar la calidad nutricional de una proteína. Para su determinación se emplean los datos obtenidos por medio de balance de nitrógeno, y se define como el porcentaje de nitrógeno absorbido, que es retenido por el organismo bajo estudio. Mitchell posteriormente estudió y modificó el método (55, 56, 57).

Matemáticamente el valor biológico se expresa:

$$VB = \frac{N_i - (N_f - N_{fm}) - (N_u - N_{ue})}{N_i - (N_f - N_{fm})} \times 100$$

$N_i$  = Nitrógeno ingerido

$N_f$  = Nitrógeno fecal

$N_{fm}$  = Nitrógeno fecal metabólico

$N_u$  = Nitrógeno urinario

$N_{ue}$  = Nitrógeno urinario endógeno

#### b.3.1 Factores que afectan al método

A medida que aumenta la concentración de proteína en la dieta, el VB decrece (20, 37, 51). Además, la deficiencia

cia de aminoácidos sólo puede ser detectada a niveles bajos de ingesta (46).

La ingesta de nitrógeno debe ser baja, pero suficiente para permitir el crecimiento del animal utilizado en el estudio, si éste es joven, y su equilibrio nitrogenado si se trata de un animal adulto (19).

La edad del animal, también afecta al método (46), así como la ingesta de calorías (38).

Se ha encontrado que el estado de depauperación en que se encuentra el animal, influencia los resultados obtenidos; cuanto mayor sea el estado de depauperación, mayores serán los valores obtenidos (19).

La evaluación del nitrógeno endógeno es uno de los puntos importantes de este método.

La excreción de nitrógeno con una dieta libre de proteínas, ya sea antes o después del período experimental, es un factor esencial en la determinación del valor biológico.

Algunos depósitos de proteínas son menos estables que otros, siendo en el primer caso más fácilmente depletados - entre 7 y 10 días con una dieta libre de nitrógeno - mientras que en los depósitos más estables, su descomposición es más lenta. Por consiguiente, es posible que en algunos casos no sea en realidad el verdadero nitrógeno endógeno el que se está excretando y está siendo posteriormente usado para el cálculo del valor biológico.

A este respecto, Bressani y col. (27) realizaron recientemente un estudio en perros, indicando que las condiciones de depauperación que indujeron mayores valores de nitrógeno urinario endógeno fueron: primero, cuando la dieta aprroteínica se ofreció a un nivel bajo de ingesta calórica, y segundo, cuando la misma dieta fue administrada inmediatamente después de haber consumido los animales un nivel relativamente alto de proteína. Los valores más bajos fueron observados al reducir lentamente la ingesta de proteína, antes de que los perros se alimentaran con la dieta libre de proteínas. Los autores concluyen que cuando se usa este método es necesario estandarizar en la mejor forma posible no sólo a los

sujetos, sino también las propias condiciones experimentales.

### b.3.2 Crítica al método

Las mismas críticas que se hacen al balance de nitrógeno, se pueden aplicar a este método, puesto que se basan en el mismo principio.

### b.4 Índice de balance nitrogenado (IBN)

Allison (2) demostró que es posible relacionar el nitrógeno absorbido ( $N_a$ ) con el balance de nitrógeno (BN), usando como animales de experimentación perros adultos. Los valores obtenidos al analizarse, siguen la ecuación de la línea recta.

$$BN = K (N_a) + (N_{eo})$$

BN = Balance de nitrógeno

$N_a$  = Nitrógeno absorbido

$N_{eo}$  = Suma de excreciones fecales y urinarias de nitrógeno

K = Es la tangente de la línea o tasa de cambio del balance nitrogenado con respecto al nitrógeno absorbido, relación que equi

vale a una medida de valor biológico (índice de balance nitrogenado); la ecuación quedaría entonces:

$$BN = (VB) (N_a) - (N_{eo})$$

Se han realizado estudios, donde se ha aplicado la ecuación anterior, tanto en humanos (20, 47) como en perros (5).

#### b.4.1 Factores que afectan al método

Puesto que este método se basa en la técnica de balance nitrogenado, los mismos factores que influyen al balance nitrogenado, afectan los resultados obtenidos (3).

#### b.4.2 Críticas al método

El problema más serio que enfrenta este método es que para estimar el nitrógeno endógeno, es necesario suministrar dietas libres de nitrógeno tanto a adultos como a niños, que pueden ser dañinas al individuo en estudios repetitivos. Sin embargo, esto puede obviarse suministrando dietas para obtener valores por debajo y ligeramente por encima de equilibrio

nitrogenado, para calcular el índice de balance nitrogenado.

#### b.5 Índice de nitrógeno a crecimiento (INC)

Allison (1958, 1959) estudiando la correlación entre índice de eficiencia proteínica y nitrógeno ingerido, introdujo el término, al relacionar el nitrógeno ingerido con el peso ganado, y colocando los valores en una escala semilogarítmica, se obtienen curvas esencialmente lineares (3, 4). La inclinación de la curva corresponde al Índice de Nitrógeno a Crecimiento (INC), que es un índice de la calidad de la proteína. El INC se define igual que el IEP, siendo la única diferencia que en el IEP se mide a un nivel fijo la calidad proteínica, y en INC a distintos niveles.

El NGI tiene dos ventajas: no es afectado por el alimento ingerido, y a altos niveles indica cualquier efecto tóxico del producto (4, 5).

Bressani, Bressani y col y Elías y col (19, 24, 34), introdujeron modificaciones al método, para poder evaluar la calidad de la proteína en alimentos que contienen menos del

10% de proteína, y se informó que es posible diferenciar la calidad proteínica entre distintas variedades de arroz y maíz.

b.5.1 Factores que afectan al método

Estos factores serán objeto del presente estudio.

b.5.2 Críticas al método

Este método tiene la desventaja del tiempo en que se lleva a cabo (4 semanas), ya que para cada proteína es necesario preparar distintos niveles en la dieta; por lo que no se recomienda para evaluaciones rutinarias.

#### IV. PROPOSITO Y RELEVANCIA DE LA INVESTIGACION

Este trabajo tuvo los propósitos siguientes:

1. Estudiar diversas condiciones experimentales que permitan desarrollar una metodología rápida, económica y confiable, para evaluar el valor biológico de proteínas.
2. Correlacionar los resultados obtenidos con los métodos ya establecidos.

#### Importancia del estudio

Se espera que los resultados obtenidos a través de la investigación que se propone permitirá:

1. Ayudar a diferenciar con más exactitud y sencillez la calidad biológica de las proteínas, en los programas destinados a mejorar la calidad proteínica de los alimentos en general.
2. Aplicar las metodologías antes mencionadas en la evaluación de alimentos con menos de 10% de proteínas, que son

los que se consumen por la mayor parte de la población del mundo. Al usar los métodos ya existentes para estos alimentos, el verdadero valor de la proteína está subestimado, ya que los valores a menor o mayor concentración son menores que el obtenido al nivel de 10%.

## V. MATERIAL Y METODOS

1. Materiales

Las proteínas de referencia estudiadas fueron: gluten, huevo, caseína y leche descremada y se incorporaron a diferentes niveles, como se explica más adelante, en una ración básica compuesta en %: mezcla mineral (42), 4.0; aceite de soya, 5.0; aceite de bacalao (como fuente de vitaminas A y D), 1.0; la proteína en estudio al nivel deseado; y almidón de maíz para completar a 100.0%. A esta dieta se le adicionó 5.0% en volumen de una solución de vitaminas (53).

Se estudiaron además otras proteínas provenientes de muestras de maíz común y de opaco, trigo, triticale y sorgo, las cuales<sup>1/</sup> se identifican en los Cuadros No. 1, 2 y 3, en los que se muestra además la composición química proximal y el contenido de aminoácidos. Se estudió además el maíz azotea cultivado en la Finca Experimental del INCAP "San Antonio Panchalí", localizada a 1800 m sobre el nivel del mar.

Todas las muestras fueron almacenadas en el cuarto frío a una temperatura de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta el momento de los análisis

---

<sup>1/</sup> Proporcionados por el Dr. E.T. Mertz de la Universidad de Purdue, Lafayette, Indiana, E.U.A.

químicos y biológicos. Previo a los análisis las muestras fueron molidas en un molino Willey, para que pasaran un grueso de 40 mallas.

Para comprobar la sensibilidad del método, el maíz azotea se suplementó con lisina y triptofano a diferentes porcentajes con la relación constante de 2.5:1, respectivamente y se prepararon raciones con 5 y 8% de proteína; la de 5% se preparó en la misma forma que se describe anteriormente; la de 8% se preparó empleando 90% de maíz y el 10% restante lo constituyen los aditivos usados en la preparación de las dietas con 5% de proteína.

## 2. Métodos

### A. Químicos

Se determinó en las muestras de cereales, humedad (11), grasa (9), cenizas (11), fibra cruda (10) y nitrógeno (8, 71).

### B. Biológicos

Se empleó el método de índice de eficiencia proteínica (15,16) para evaluar las proteínas de referencia, y se utilizó, al

igual que para las muestras de cereales estudiadas, los resultados obtenidos por el método de índice de eficiencia proteínica<sup>1/</sup>, para compararlos con los obtenidos por el método aquí propuesto o sea el índice de nitrógeno a crecimiento.

#### B.1 Índice de nitrógeno a crecimiento

Se elaboraron con las diferentes proteínas, raciones que contenían 1, 2, 3, 4 y 5% de proteína, ya que se ha encontrado que a dichos niveles, los valores obtenidos caen en la parte lineal de una curva mientras que con valores más altos de proteína, la tendencia se vuelve curvilínea (24). Además se preparó una ración libre de proteína por cada período de experimentación, la cual fue común para las diferentes proteínas estudiadas durante dicho período. El número de ratas por nivel fue de 10 a excepción de los experimentos para evaluar las muestras de maíz 4857, triticale 4863 y los sorgos IS-8165 y 025042-1 en los que se emplearon 8 ratas por nivel. La dis

---

<sup>1/</sup> Proporcionados por el Dr. E.T. Mertz de la Universidad de Purdue, Lafayette, Indiana, E.U.A.

tribución de las ratas fue mitad machos y mitad hembras en todos los casos. Las ratas fueron pesadas cada siete días durante 28 días para las proteínas de referencia y, debido a la poca cantidad de muestra, durante 21 días para las muestras de cereales.

Los resultados del índice de la calidad de las diferentes proteínas se obtuvieron por medio de la ecuación de la línea recta:

$$y = a + bx$$

donde x representa la proteína ingerida; y la diferencia en peso; a es el valor del intercepto de la curva con el eje de la ordenada y b representa la pendiente de la curva y el índice de calidad de la proteína.

Para el cálculo de índice de la calidad de la proteína (b) se emplearon los valores de los diferentes niveles de proteína, incluyendo el valor de la ración sin proteína. Se obtuvieron además los valores de la correlación lineal (r) y el coeficiente de determinación (r<sup>2</sup>).

Para realizar los ensayos biológicos se utilizaron ratas Wistar de 21 días de edad provenientes de la colonia animal del INCAP, las cuales fueron seleccionadas de manera que el peso de los grupos fuera similar, y se colocaron en jaulas individuales con piso de malla metálica elevado. En todos los casos se administró el agua y las raciones experimentales ad libitum. Se llevó semanalmente un control de ingesta de alimentos y aumento en peso, con la finalidad de calcular la relación ingesta de proteína y cambio en peso.

#### C. Métodos Estadísticos

Se determinó el valor de la calidad de la proteína por medio de la ecuación de la línea recta  $y = a + bx$ , teniendo en cuenta que para que una determinación biológica por este método sea válida debe cumplir los siguientes requisitos: a) debe existir un punto común de donde partan o se intercepten las líneas, y b) la distribución de los puntos en el espacio debe ser lineal (36, 39). Se estimó la variabilidad por el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), el cual si se expresa como  $100 r^2$  nos indica que es el porcentaje de la suma de cuadrados corregida que es explicada por el ajuste de regresión lineal simple, y se realizaron análisis de varianza y correlación (64, 66).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Resultados

## 1. Composición química

El Cuadro No. 1 muestra la composición química proximal de las diferentes muestras de cereales evaluadas biológicamente en el presente trabajo. Como se puede observar, en el caso de los maíces, el contenido de proteína varía de 9.5 a 10.1 g %; en el caso de las muestras de trigo varía de 11.5 a 12.3 g % y del sorgo de 9.8 a 12.3 g %, mientras que los valores más altos de proteína se encontraron en las muestras de triticales donde varió de 15.4 a 16.3 g %. Los demás nutrientes se encontraron en las cantidades que normalmente se espera en los cereales.

2. Contenido de aminoácidos

La composición de aminoácidos de las muestras de maíz usadas se muestran en el Cuadro No. 2. En lo que se refiere al contenido de aminoácidos esenciales se puede notar el mayor contenido de lisina y triptofano para los maíces opacos en comparación con los maíces comunes. Es también

interesante notar el menor contenido de leucina en los maíces opacos al comparar con los maíces corrientes.

El contenido de aminoácidos de las muestras de sorgo, trigo y triticale, se muestran en el Cuadro No. 3. Los resultados indican un mayor contenido de lisina y triptofano para las muestras de trigo y triticale en comparación con las muestras de sorgo. Con respecto al contenido de leucina se encontró una menor cantidad para las muestras de trigo y triticale, al comparar con las muestras de sorgo. En ambos Cuadros (No. 3 y 4), se muestra también el contenido de aminoácidos de la caseína como proteína de referencia.

### 3. Tiempo de experimentación

En el Cuadro No. 4 se presentan los resultados del valor nutritivo de las proteínas de referencia, gluten, leche descremada, caseína, huevo y el coeficiente de determinación ( $r^2$ ) utilizando para el cálculo todos los niveles de proteína es decir, 0, 1, 2, 3, 4 y 5% en las dietas. Como puede verse, el valor nutritivo disminuye a medida que se extiende el tiempo de experimentación; la reproducibilidad

de los valores sin embargo, aumenta progresivamente hasta la tercera semana, cuando se obtienen resultados confiables. A partir de la segunda semana se puede también observar que los índices de calidad proteínica obtenidos clasifican las diferentes proteínas en el siguiente orden: huevo, leche descremada, caseína y gluten de maíz.

#### 4. Niveles de proteína

Con respecto a los diferentes niveles de proteína utilizados, se estudiaron 57 posibles combinaciones y se compararon los valores obtenidos al encontrado empleando todos los niveles de proteína en la dieta. Como se puede observar en el Cuadro No. 5, los datos obtenidos para las proteínas de referencia, es decir, caseína, gluten, leche descremada y huevo, indican que el valor biológico, expresado por la pendiente (b) es similar, y la confiabilidad ( $r^2$ ) aumenta al disminuir el número de niveles. Asimismo, los resultados obtenidos indican un mayor valor biológico para la proteína del huevo, seguido de la leche descremada, caseína y gluten de maíz.

## 5. Número de animales

En el Cuadro No. 6 se presenta el análisis estadístico entre procedimientos (empleando los niveles 0, 3 y 5 y 0 y 5% de proteína en la dieta), variedad de proteínas y los diferentes tratamientos usados (número de animales), para el cálculo del valor biológico (b). Se emplearon para el cálculo los valores de las Tablas A y B, con los animales iniciales (se eliminaron los animales de menor peso inicial). No se tomaron en cuenta los valores biológicos encontrados con las muestras Maíz 4857, Triticale 4863, Sorgos IS-8165 y O25042-1 y Caseína ANRC, debido a que el número de animales es diferente y para propósitos de comparación se emplearon aquellos que tenían 10 animales por grupo.

El resultado del análisis muestra que hay diferencias altamente significativas para variedades en procedimiento, variedades y la interacción variedades X procedimiento; diferencia significativa entre procedimientos; y no existe ninguna diferencia significativa para tratamientos en procedimiento, tratamientos y la interacción tratamiento X procedimiento.

En el cuadro No. 7, se muestra los valores promedios y estos mismos divididos en dos valores que representan el promedio de las proteínas de alto y bajo valor nutritivo, al emplear los niveles de 0, 3 y 5 y 0 y 5% de proteína en la dieta y 10, 8, 6 y 4 animales por grupo.

Además se presenta el análisis estadístico, en el que se concluye que existe diferencia significativa entre el valor obtenido con 4 animales por grupo para los niveles de 0 y 5% de proteína en la dieta y los obtenidos con 10 y 8 animales por grupo para los niveles de 0, 3 y 5 y 0 y 5% de proteína en la dieta, para las proteínas de buena calidad.

Para los valores promedios generales, se concluye que el valor obtenido con 4 animales para los niveles de 0 y 5% de proteína en la dieta es significativamente diferente a los encontrados con 10 y 4 animales para los niveles de 0, 3 y 5% de proteína en la dieta.

Para los valores promedios de las proteínas de baja calidad, no se encontraron diferencias significativas.

6. Comparación entre el Índice de Nitrógeno a Crecimiento e Índice de Eficiencia Proteínica

En el Cuadro No. 8 se presentan los valores de Índice de Nitrógeno a Crecimiento para los niveles de 0, 3 y 5 y 0 y 5% de proteína en la dieta, e Índice de Eficiencia Proteínica obtenidos para el gluten, la leche descremada, la caseína y el huevo. Como se puede observar, los índices de valor nutritivo obtenidos por ambos métodos clasifican las proteínas en el mismo orden con respecto a su calidad proteínica.

7. Evaluación de la calidad proteínica de cereales

El Cuadro No. 9 muestra los resultados obtenidos al evaluar la calidad proteínica de diferentes muestras de maíces, trigos, triticales y sorgos, utilizando los métodos de Índice de Nitrógeno a Crecimiento para los niveles de 0, 3 y 5 y 0 y 5% de proteína en la dieta e Índice de Eficiencia Proteínica. Se incluye también los valores de lisina de las diferentes muestras con el propósito de correlacionarlos con los índices de valor biológico obtenidos. Como se puede observar los valores obtenidos para el Índice de Nitrógeno a Crecimiento siguen, en general, la misma

tendencia observada en el caso del Índice de Eficiencia Proteínica. Es también de interés hacer notar que en algunos casos el Índice de Nitrógeno a Crecimiento resultó más sensitivo en diferenciar algunas muestras estudiadas, como en el caso de las muestras identificadas como 4854 y 4858 que son maíces comunes, así como en el caso de las muestras de sorgo identificadas como 1S-8163 y O25042-1. Los índices de valor biológico para la caseína, usada como control, resultaron similares. excepto en el caso del segundo experimento.

La Gráfica No. 1 presenta los datos obtenidos al correlacionar el contenido de lisina de las diferentes muestras y el Índice de Nitrógeno a Crecimiento. Como se puede observar, solo se encontró una correlación significativa ( $P < 0.01$ ) para las muestras de maíces. Sin embargo, cuando se usaron todas las muestras estudiadas se encontró que la correlación no era significativa. Debido al menor número de muestras de los demás cereales, no fue posible establecer ninguna correlación.

La Gráfica No. 2, demuestra que hay una correlación significativa ( $P < 0.01$ ) entre los dos métodos estudiados,

tanto para las muestras de maíces, como para todos los cereales juntos.

#### 8. Sensibilidad del método

En el Cuadro No. 10 se muestran los valores obtenidos al suplementar una muestra de maíz azotea con diferentes cantidades de lisina y triptofano en la proporción constante de 2.5:1. Para tal propósito se evaluó la calidad proteínica de las muestras suplementadas utilizando los métodos de Índice de Nitrógeno a Crecimiento y el Índice de Eficiencia Proteínica. Como se puede observar, ambos métodos fueron capaces de demostrar el efecto de la adición de lisina y triptofano sobre el mejoramiento de la calidad proteínica de la muestra de maíz, al comparar con la muestra sin suplementación. Sin embargo, en el caso del método de Índice de Nitrógeno a Crecimiento, éste pudo diferenciar los niveles de 0.025 g % de lisina y 0.010 g % de triptofano agregados al maíz, lo que no se encontró utilizando el método de Índice de Eficiencia Proteínica.

En las tablas A y B se muestran los valores de la pendiente y el error estandar de las muestras evaluadas,

por diferentes niveles y empleando para el cálculo, distinto número de animales. Con respecto al número de animales se eliminaran las ratas de menor peso inicial en un caso de mayor peso inicial, en el otro para no alterar el promedio del peso inicial dentro de los niveles de una misma proteína.

Empleando los niveles de 0, 3 y 5 y 0 y 5% de proteína en la dieta, se calcularon las pendientes de diferentes proteínas que fueron evaluadas con anterioridad al presente trabajo de tesis; además se calcularon las pendientes reduciendo el número de animales, del mismo modo que para las proteínas estudiadas en el presente trabajo. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas C y D.

## B. DISCUSION

Con respecto a la composición química proximal de las diferentes muestras de cereales usados para la evaluación de la calidad proteínica se puede decir que los valores encontrados son similares a los anteriormente informados en la literatura (25,26). Sin embargo, llama la atención el contenido mayor de proteína en el caso de las muestras de triticale al compararlas con la de los demás cereales.

En lo que se refiere al contenido de los aminoácidos de las muestras de maíz usadas, los valores encontrados también confirman los datos informados por otros autores (25,26) que indican que las proteínas de este cereal son deficientes en lisina y triptofano, y que el mejoramiento de la calidad proteínica del maíz opaco-2 se debe en gran parte a un aumento en el contenido de estos dos aminoácidos. El menor contenido de leucina en las muestras de maíz opaco-2 puede tener un significado nutricional, ya que en el caso del maíz común el alto contenido de leucina puede interferir con la utilización de la isoleucina y de la valina, como se ha demostrado con otras proteínas (62).

En el caso de las muestras de trigo y triticale los resultados indican que la lisina es el aminoácido esencial limitante en primer lugar, mientras que en el caso de las muestras de sorgo, además de la lisina, se puede observar la deficiencia en triptofano. Como se mencionara en los propósitos de este trabajo, las principales variables a estudiar fueron el tiempo de experimentación, la selección de los niveles apropiados de proteína en la dieta, y el número de animales por cada grupo experimental. Para que la metodología empleada tenga validez académica y práctica,

debe llenar primordialmente los siguientes requisitos:

1) que la respuesta biológica que se obtiene al ofrecer los diferentes niveles de la proteína bajo estudio resulte en valores comparables. Este criterio se satisface cuando las líneas de regresión para el grupo usado como control, y la muestra a evaluar son lineares, y tienen un punto común de intercepto, y 2) el número de niveles de ingesta proteínica seleccionados deben ser los suficientemente confiables para obtener la linealidad deseada (41,42,43,44, 45,48,63,67).

Con respecto a los resultados de los estudios llevados a cabo con el propósito de estudiar el efecto del tiempo de experimentación se puede decir que el método usado clasifica a las proteínas en el mismo orden de valor nutritivo que los demás métodos comúnmente usados. La disminución en el índice de valor biológico (b) a medida que aumenta el tiempo de experimentación también es un fenómeno observado con otros métodos de evaluación proteínica (21).

Con respecto al índice de determinación ( $r^2$ ) es de interés hacer notar que para las proteínas de huevo y de leche descremada, y la caseína, la confiabilidad a la segunda semana es suficiente y no se encontró diferencias significativas

con los valores de determinación a los 14, 21 y a los 28 días. Este hallazgo es importante ya que indica que no amerita llevar a cabo la experimentación por un período mayor de 14 días. Igualmente en el caso de la proteína de gluten de maíz, a pesar de que la confiabilidad aumenta con el transcurso del tiempo de experimentación, es suficiente un tiempo de 14 días para obtener valores confiables para su evaluación de calidad proteínica.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que no se encontró diferencias significativas para los índices de valor biológico de las diferentes proteínas cuando se calculó la pendiente con 6 niveles (0, 1, 2, 3, 4 y 5%) de proteína, con 3 niveles (0, 3 y 5%) y con 2 niveles (0 y 5%) de proteína en la dieta, y el intercepto con la ordenada no cambia significativamente indicando que las líneas son casi paralelas y que pueden estar por encima o por debajo de la línea obtenida con todos los niveles, sin que por esto deje de indicar el valor biológico ya que éste lo representa el valor de la pendiente. Asimismo, es de interés indicar que a pesar de que los coeficientes de determinación son menores al emplear en el cálculo de la pendiente todos los niveles, en este caso es suficientemente confiable

debido al número de animales empleados para cada nivel de proteína, siendo que en todos los casos se obtiene una alta significancia ( $P < 0.01$ ).

Por otro lado, una justificación adicional de emplear los valores de 0 y 5% de proteína en la dieta para los cálculos, es que la relación ingesta de proteína-cambio en peso sigue una respuesta lineal, y por lo tanto, se pueden omitir algunos de los valores intermedios. Esta linealidad ha sido también demostrada en estudios anteriores en los cuales se evaluó la calidad proteínica de diferentes muestras de arroz (24). Algunos investigadores (54) han objetado el uso de menos de 3 niveles de proteína en esta metodología indicando que el intercepto con la ordenada (determinado por la dieta libre de proteína), es el que ha mostrado más variabilidad. Sin embargo, este problema puede ser obviado, usando para cada período de experimentación un grupo de animales alimentados con la mencionada dieta. Debe señalarse que otros investigadores han informado en ciertos casos una falta de linealidad a niveles bajos de proteína en la dieta (54), punto éste que amerita investigaciones posteriores, con el propósito de esclarecerlo.

Desde el punto de vista práctico, la reducción de los niveles de proteína usados es de gran valor en la selección de materiales genéticamente mejorados, ya que disminuye la cantidad de muestra necesaria para su evaluación biológica. Los resultados del presente trabajo indican que sí es posible la reducción de estos niveles, ya sea usando 0 y 5%, ó 0, 3 y 5% de proteína en la dieta.

En lo que se refiere al mínimo número de animales (eliminando los de menor peso inicial), que se puede usar por cada grupo experimental, así como el empleo de los niveles 0 y 5% ó 0, 3 y 5% de proteína en la dieta, se encontró que existe una diferencia significativa al emplear los diferentes procedimientos y una diferencia altamente significativa para variedades en procedimientos y variedades, que era lo esperado; no así la diferencia altamente significativa de la interacción Variedades X Procedimiento, por lo que se calcularon las diferencias mínimas significativas para los promedios de las muestras analizadas estadísticamente, así como para los promedios arbitrarios de alta y baja calidad relativa. Se encontró que había diferencia entre el promedio calculado con 4 animales y 0 y 5% de proteína en la dieta y los promedios encontrados con 10 y 4

animales con los niveles de 0, 3 y 5% de proteína en la dieta, para los promedios de todas las muestras. Para los promedios de las proteínas de alta calidad se encontró que existía diferencia entre el promedio calculado con 4 animales por grupo con los niveles de 0 y 5% y con los promedios calculados con 10 y 8 animales, con ambos procedimientos. Para los promedios de baja calidad, no se encontró diferencias significativas.

Se puede concluir que es posible emplear un mínimo de 4 animales por grupo para los niveles de 0, 3 y 5% y 6 animales por grupo para los niveles de 0 y 5% de proteína en la dieta.

Los valores más altos al disminuir el número de animales se debe a que se eliminan las ratas de menor peso, de ambos sexos de cada grupo, que son las que generalmente tiene menor capacidad de respuesta, y también son las que pierden menos peso con la dieta libre de proteína. Al eliminar estas ratas de ambos sexos de cada grupo, se está forzando hacia abajo el punto de intercesión con el eje de las ordenadas, y, por lo tanto, se obtiene una mayor pendiente y por ende, un mayor índice de valor biológico; como este grupo es el mismo para cada proteína en prueba, es de esperarse que se mantenga la relación entre los índices de valor nutritivo.

Con respecto a los valores de los índices de calidad proteínica evaluados por los métodos de índice de nitrógeno a crecimiento e índice de eficiencia proteínica, se puede decir que estos clasifican las proteínas de referencia en el mismo orden de calidad proteínica; aunque los valores de caseína y leche descremada no están en el mismo orden, en ninguno de los dos casos se pudo comprobar una diferencia significativa entre dichas proteínas, con respecto al valor biológico.

En lo que se refiere a las muestras de cereales evaluadas, se pudo comprobar que la clasificación de las proteínas fue similar, y en algunos casos se obtuvo una diferenciación mayor que al emplear el índice de eficiencia proteínica, tal es el caso para los maíces 4854 y 4858, el trigo 4860 y el triticale 4862, y los sorgos IS-8165 y 025042-1 en los que se obtuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con el índice de nitrógeno a crecimiento empleando los niveles de 0 y 5% y sólo se observan diferencias en el caso de trigo 4860 y Triticale 4862. Es de interés indicar que para el cálculo del valor biológico de todos los cereales se usaron 6 animales por grupo, 14 días de experimentación y 2 niveles de proteína en las dietas (0 y 5%). Cabe mencionar aquí, que al igual que las

proteínas de referencia, se llevaron a cabo todas las pruebas estadísticas señaladas anteriormente, por lo que los índices de valor biológico reportados para los cereales, incluyen las condiciones más adecuadas, desde el punto de vista práctico.

Con respecto a los valores de correlación entre el índice de nitrógeno a crecimiento y el contenido de lisina nos indica que si bien es cierto la lisina es el aminoácido limitante en todas las muestras, existen otros aminoácidos deficientes, por lo que no depende sólo de el primer aminoácido limitante la respuesta del valor biológico.

La alta correlación que existe al comparar los valores del índice de nitrógeno a crecimiento, y el índice de eficiencia proteínica, indican que el método propuesto se compara favorablemente al índice de eficiencia proteínica y posiblemente con otros métodos ya establecidos. Por otro lado, este método permite además, la evaluación proteínica de alimentos con un contenido menor de 10% de proteína, que constituye en la actualidad una limitación al usar el método de IEP.

Los resultados obtenidos con respecto a la suplementación del maíz común con lisina y triptofano, sugieren una mayor sensibilidad para el índice de nitrógeno a crecimiento con el índice de eficiencia proteínica. Además se puede observar que al bajar el nivel de proteína en la ración, es necesario un menor porcentaje de aminoácidos. Al utilizar el índice de nitrógeno a crecimiento para detectar una mejora en el valor biológico, se encontró diferencias significativas a muy bajos niveles de suplementación (0.025% de lisina y 0.010% de triptofano), sin embargo, esta mejora no fue progresiva, indicando que no es sólo la cantidad de aminoácidos limitantes lo que influye en la respuesta de valor biológico, sino que además está influenciado por otros factores, como la relación de aminoácidos que existe en la proteína, así como su disponibilidad. Los resultados obtenidos al comparar el valor nutritivo del maíz opaco y del maíz común suplementado con lisina y triptofano, confirman estas observaciones, ya que la adición de los aminoácidos limitantes al maíz común, no resultó en niveles de valor biológico iguales al maíz opaco (33, 40).

## VII. SUMARIO

El presente trabajo fue llevado a cabo con la finalidad de estudiar diferentes condiciones experimentales que puedan influenciar el método de índice de nitrógeno a crecimiento, propuesto para la evaluación proteínica de los alimentos. Para tal fin, se estudió el efecto del tiempo de experimentación, el número de animales por grupo experimental y el número de niveles de proteína en la dieta.

Con respecto al tiempo de experimentación, se encontró que el índice de valor biológico (b) disminuyó a medida que este aumentó; sin embargo, los resultados obtenidos a los 14 días son estadísticamente confiables, para la evaluación de las proteínas estudiadas, en comparación con el tiempo de 28 días propuesto anteriormente.

En lo que se refiere al número de animales usados, no se encontró diferencias significativas en el índice de valor biológico al disminuir el número de 10 a 6 animales, por cada grupo experimental con los niveles de 0 y 5% y 4 animales, por grupo experimental con los niveles de 0, 3 y 5% de proteína en la dieta.

Las pruebas realizadas para reducir el número de niveles de proteína en las dietas, indicaron que el índice de valor biológico (b) es similar empleando 6 niveles de proteína (0, 1, 2, 3, 4 y 5%), que utilizando 3 niveles (0, 3 y 5%) o 2 niveles (0 y 5%). Aunque los datos obtenidos indican que es posible obtener resultados confiables empleando solamente dos niveles de proteína (0 y 5%) es recomendable incluir un tercer nivel intermedio (0, 3 y 5%). Dicho nivel podría ser útil en indicar la existencia de una menor linealidad en la respuesta del aumento en peso en función de la proteína consumida, principalmente en el caso de proteínas de baja calidad. El uso de 3 niveles sería particularmente importante cuando se utiliza un menor número de animales, ya que esto estabilizaría las líneas de regresión.

En base a los resultados obtenidos se propone el uso de 4 animales por grupo, utilizando 3 niveles de proteína (0, 3 y 5%), ó 6 animales por grupo con los niveles 0 y 5% cuando se conoce el comportamiento de la proteína a evaluar.

Se comparó el índice de nitrógeno a crecimiento con el contenido de lisina de las muestras de maíces estudiadas; sin embargo, cuando se analizaron todas las muestras de los

cereales, no se encontró una correlación significativa entre el contenido de lisina y el método empleado; y el método de eficiencia proteínica y se encontró una alta correlación ( $P < 0.01$ ), tanto con las muestras de maíces, como de todos los cereales estudiados. Asimismo, se encontró también una correlación positiva entre el índice de nitrógeno a crecimiento.

Los resultados encontrados al comparar las respuestas obtenidas con la suplementación del maíz común con lisina y triptofano, indicaron una mayor sensibilidad para el Índice de Nitrógeno a Crecimiento (INC), que para el Índice de Eficiencia Proteínica (IEP).

Con base a los resultados en el presente estudio se propone el siguiente método de evaluación biológica:

#### DIETAS:

La dieta basal contiene los siguientes ingredientes expresados en g. %:

Almidón de maíz 90.0; aceite de soya 5.0; Mezcla de minerales (42) 4.0; aceite de bacalao 1.0. Se agrega además 5 ml. de una solución de vitaminas (53), por cada 100.0 g.

de dieta.

La proteína se incluye a expensas del almidón de maíz, para obtener dietas con 0, 3 y 5% de proteína.

#### ANIMALES:

Se usan ratas de 21 días de edad, de ambos sexos, distribuyendolos por partes iguales en los grupos, de forma que los pesos promedios entre grupos sean iguales, y la diferencia de peso dentro de los grupos, sea no mayor de 6 g.

#### PERIODO EXPERIMENTAL:

14 días de experimentación.

#### PARAMETROS QUE SE MIDEN:

Alimento ingerido y ganancia en peso individuales, cada semana.

## CALCULO:

Se calcula la línea de regresión por medio de la ecuación de la línea recta:

$$y = a + bx$$

$$D.P. = a + b(P.I.)$$

D.P. : diferencia en peso.

P.I. : proteína ingerida

a : punto del intercepto de la curva con el eje de la ordenada

b : pendiente o valor biológico de la proteína.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Abraham, J.; M. Morin-Jomain y J. Peretian. "Nouvelle technique de determination de la composition corporelle des animaux de laboratoire". "Bull. Soc. Chimie. Biol., 46:755-758. 1964.
2. Allison, J. B. "Biological evaluation of protein". Physiol. Rev., 35:664-700. 1966.
3. \_\_\_\_\_ "Caloric and protein nutrition". Ann. N. Y. Acad. Sci., 69:1009-1024. 1958.
4. \_\_\_\_\_ "The efficiency of utilization of dietary proteins". In: Albanese, A. A. ed. Proteins and amino acid nutrition. New York, Academic Press, 1969. pp. 97-116.
5. \_\_\_\_\_ "The nutritive value of dietary proteins". In: Munro, H. N. y J. B. Allison. eds. Mammalian protein metabolism. New York, Academic Press, 1964. V.2, pp. 41-86.
6. \_\_\_\_\_ y J. A. Anderson. "The relation between absorbed nitrogen, nitrogen balance and biological value of protein in adult dogs". J. Nutr., 29:413-420. 1945
7. \_\_\_\_\_ y W. H. Fitzpatrick. Dietary proteins in health and disease. Springfield, Ill., Charles C. Thomas [c1960] 86 p. (American lecture series, publication No. 411. A monograph in American lectures in living chemistry).
8. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of the A. O. A. C. 11th. ed. Washington, D. C., 1970. pp 16-17.
9. \_\_\_\_\_ . p. 128
10. \_\_\_\_\_ . p. 131

11. \_\_\_\_\_ . p. 211
12. Bender, A. E. y B. H. Doell. "Biological evaluation of proteins; a new aspect". Brit. J. Nutr., 11:140-148. 1957.
13. \_\_\_\_\_ y B. H. Doell. "Note on the determination of net protein utilization by carcass analysis". Brit. J. Nutr., 11:138-139. 1957.
14. \_\_\_\_\_ y D. S. Miller. "Constancy of the N/H<sub>2</sub>O ratio of the rat its use in the determination of the net protein value". Biochem. J., 53:vii-viii. 1953.
15. \_\_\_\_\_ y D. S. Miller. "A new brief method of estimating net protein value". Biochem. J., 53:vii. 1953.
16. Braham, J. E.; L. G. Elías, Silvia de Zaghi y R. Bressani. "Effect of protein level and duration of test on carcass composition, net protein utilization (NPU) and on protein efficiency ratio (PER)". Nutr. Dieta., 9:99-111. 1967.
17. \_\_\_\_\_ y R. Bressani. "Effect of sample preparation and of net protein utilization (NPU)". Arch. Latinoamer. Nutr., 19:36-40. 1969.
18. \_\_\_\_\_; R. Bressani y M. A. Guzmán. "A rapid method for determination of net protein utilization values with chicks". Poultry Sci., 42:1423-1427. 1963.
19. Bressani, R. "Evaluación biológica de las proteínas". In: Conferencia sobre Recursos Proteínicos en América Latina. Guatemala, 24-27 de feb. de 1970. Editores: M. Béhar y R. Bressani. Guatemala, INCAP, 1971. pp. 21-52. (INCAP, publicación L-1)
20. \_\_\_\_\_; F. Viteri, D. Wilson y J. Alvarado. "The quality of various animal and vegetable proteins with a note on the endogenous and fecal nitrogen excretion of children". Arch. Latinoamer. Nutr., 22:227-241. 1972.

21. \_\_\_\_\_; F. Viteri, y L. G. Elías. "The usefulness of results with human beings in standardizing rat assays". In: Porter, J. W. G. y B. A. Rolls. ed. Protein in human nutrition. London, Academic Press, 1973. pp. 293-316.
22. \_\_\_\_\_; J. E. Braham, L. G. Elías y R. Balconi. "Urinary nitrogen and sulfur excretion in dogs under different dietary treatments". J. Nutr., 87:77-84. 1965.
23. \_\_\_\_\_; J. E. Braham, L. G. Elías y Silvia de Zaghi. "Relationship between net protein utilization (NPU) and nitrogen efficiency ratio (NER)". Nutr. Dieta, 7:161-174. 1965.
24. \_\_\_\_\_; L. G. Elías y B. O. Juliano. "Evaluation of the protein quality of milled rices differing in protein content". J. Agr. Food. Chem., 19:1028-1034. 1971.
25. \_\_\_\_\_; L. G. Elías, y J. E. Braham. "Suplementación con aminoácidos del maíz y de la tortilla". Arch. Latinoamer. Nutr., 18:123-134. 1968.
26. \_\_\_\_\_; L. G. Elías, y R. A. Gómez Brenes. "Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation". In: Bigwood, E. J. ed. Protein and amino acid functions. Oxford, Pergamon Press, 1972. pp. 311-316. (International Encyclopaedia of food and nutrition, v. 11).
27. \_\_\_\_\_; R. A. Gómez Brenes y L. G. Elías. "Nitrógeno urinario de perros adultos alimentados con una dieta sin nitrógeno y con diversas ingestas de calorías". Arch. Latinoamer. Nutr., 32:451-466. 1972.
28. Campbell, J. A. "Methodology of protein evaluation; a critical appraisal of methods for evaluation of protein in foods". Beirut, Lebanon, American University of Beirut. 1963. 104 p. (Publication No. 21).

29. Chapman, D. G.; R. Castillo y J. A. Campbell. "Evaluation of protein in foods. I. A method for the determination of protein efficiency ratios". Canad. J. Biochem. Physiol., 37:679:686. 1959.
30. Costa, G. "Hypotetical pathway of nitrogen metabolism". Nature, 188:549. 1960.
31. Cuthberston, D. P. y W. S. W. Gunthrie. "The effect of variations in protein and salt intake on the nitrogen and chloride content of sweat". Biochem. J., 28:1444. 1934.
32. De Muelenaere, H. J.; R. S. Martin y N. G. Murdoch. "Applicability to chicks of the carcass analysis; method for determination of net protein utilization". J. Nutr., 85:386-391. 1965.
33. Den Hartog, C. y G. Pol. "Protein evaluation by means of nitrogen-balance tests". In: Bigwood, E. J. ed. Protein and amino acid functions. Oxford Pergamon Press, 1972. pp. 311-316. (International encyclopaedia of food and nutrition, v.11).
34. Elías, L. G.; R. Bressani y J. A. del Busto. "Evaluación de la calidad proteínica de alimentos de bajo contenido de proteína". Aceptado para su publicación en Arch. Latinoamer. Nutr., 1974.
35. Ferrari, A. y G. H. Macduft. "Automatic chromatographic analysis for amino acids using the autoanalyser". Chauncey, N. Y., Technicon Instrument Corporation s.f. (Original no consultado, compendiado en Clinical Chemistry, 5:368. 1959).
36. Finney, D. J. "Statistical method in biological assay". 2nd. ed. London, Charles Griffin & Co., Ltd., 1964. 668 p.
37. Forbes, R. M.; L. Vaughan y M. Yobe. "Dependence of biological value on protein concentration in the diet of the growing rat". J. Nutr., 64:291-302. 1958.

38. \_\_\_\_\_ y M. Yobe. "Net protein value of blood fibrin for the albino rat; evaluation of nitrogen balance and carcass analysis methods". J. Nutr., 55:493-498. 1955.
39. Guzmán, M. A. "Study and application of a non-linear model for the nutritional evaluation of proteins". Thesis (Doctor of Philosophy) - Graduate Faculty of North Carolina State College. Raleigh, N. C., 1961. 129 p.
40. Harper, A. E. "Balance and imbalance of amino acids". Ann. N. Y. Acad. Sci., 69:1025-1041. 1958.
41. Hegsted, D. M.; J. Worcester. "A study of the relation between protein efficiency and gain in weight on diets of constant protein content". J. Nutr., 33:685-702. 1947.
42. \_\_\_\_\_; R. C. Mills, C. A. Elvehjem y E. B. Hart. "Choline in the nutrition of chicks". J. Biol. Chem., 138:459-466. 1941.
43. \_\_\_\_\_ y R. Neff. "Efficiency of protein utilization in young rats at various levels of intake". J. Nutr., 100:1173:1180. 1970.
44. \_\_\_\_\_; R. Neff y Jane Worcester. "Determination of the relative nutritive value of proteins; factors affecting precision and validity". J. Agr. Food Chem., 16:190-195. 1968.
45. \_\_\_\_\_ y Y. O. Chang. "Protein utilization in growing rats at different levels of intake". J. Nutr., 87:19-25. 1965.
46. Henry, K. M. y S. K. Kon. "Effect of level of protein intake and age of rat on the biological value of proteins". Brit. J. Nutr., 11:305-313. 1957.
47. Hoffman, W. S. y G. C. McNeil. "The enhancement of the nutritive value of wheat gluten by supplementation with lysine, as determined from nitrogen balance index in human subjects". J. Nutr., 38:331-343. 1949.

48. Jacquot, R. y J. Peret. "Protein efficiency ratio and related methods". In: Bigwood, E. J. ed. Protein and amino acid functions. Oxford, Pergamon Press, 1972. pp. 317-346. (International Encyclopaedia of food and nutrition, v. 11).
49. Jansen, G. R. "Influence of rat strain and protein level on protein efficiency ratio (PER) determination". J. Nutr., 78:231-240. 1962.
50. Keane, K. W.; C. J. Smutko, G. H. Krieger y A. E. Denton. "The addition of water to purified diets and its effect upon growth and protein efficiency ratio in the rat". J. Nutr., 77:18-22. 1962.
51. Kumta, U. S.; A. E. Harper y C. A. Elvehjem. "Amino acid imbalances and nitrogen retention in adult rats". J. Biol. Chem., 233:1505-1508. 1958.
52. Livingston, D. M. S.; M. F. Fuller, y R. M. Livingstone. "A note on the growth of pigs in metabolism cages". Animal Prod., 11:551-552. 1969.
53. Manna, L. y S. M. Hauge. "A possible relationship of vitamin B<sub>13</sub> to orotic acid". J. Biol. Chem., 202:91-96. 1953.
54. McLaughlan, J. M. "Nutritional evaluation of proteins by biological methods". Cereal Sci. Today, 17: 162-165. 1972.
55. Mitchell, H. H. "Determination of the nutritive value of the proteins of food products". Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., 16:696-700. 1944.
56. \_\_\_\_\_. "A method of determining the biological value of protein". J. Biol. Chem., 58:873-903. 1923-24.
57. \_\_\_\_\_. "The nutritive value of proteins". Physiol. Rev., 4:424-478. 1925

58. \_\_\_\_\_; T. S. Hamilton y W. T. Hainer. "The dermal excretion under controlled environmental conditions of nitrogen and minerals in human subjects with particular reference to calcium and iron". J. Biol. Chem., 178:345-361. 1949.
59. \_\_\_\_\_; W. Burroughs y Jessie R. Beadles. "The significance and accuracy of biological values of proteins computed from nitrogen metabolism data". J. Nutr., 11:257-274. 1936.
60. Morrison, A. B. y J. A. Campbell. "Evaluation of protein in foods. V. Factors influencing the protein efficiency ratio of foods". J. Nutr., 70:112-118. 1960.
61. \_\_\_\_\_; Z. I. Sabry y J. A. Campbell. "Evaluation of protein in foods. VII. Factors influencing net protein utilization as determined by carcass analysis". Canad. J. Biochem. Physiol., 40:1663-1670. 1962.
62. \_\_\_\_\_; Z. I. Sabry, N. T. Grigdeman y J. A. Campbell. "Evaluation of protein foods. VIII. Influence of quality and quantity of dietary protein on net protein utilization". Canad. J. Biochem. Physiol., 41:275-281. 1963.
63. Murata, K; Y. Tanaka y Y. Kawaguchi. "Comparison between nutritional value of rice and wheat protein". Nutr. Rep. Internat., 7:93-101. 1973.
64. Neter, J. y W. Wasserman. Fundamentos de estadística. Traducción de la 3a. ed. [en inglés, por Jesús Soto Olivares] México [D. F.] Compañía Editorial Continental, S. A. [c1973] pp. 601-662.
65. Osborne, T. B.; L. B. Mendel y E. L. Ferry. "Method of expressing numerically the growth promoting value of proteins". J. Biol. Chem., 37:223-229. 1919.

66. Ostle, B. Estadística aplicada; técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. [Versión española, de la ed. original en inglés de 1963, por Dagoberto de la Serna Valdivia] México [D. F.] Editorial Limusa-Wiley, S. A., 1973. pp. 251-274.
67. Said, A. K. y D. M. Hegsted. "Evaluation of dietary protein quality in adult rats". J. Nutr., 99:474-480. 1969.
68. Sirbu, E. R.; S. Margen y D. H. Calloway. "Effect of reduced protein intake on nitrogen loss from the human integument". Amer. J. Clin. Nutr., 20:1158-1165. 1967.
69. Summer, J. D. y H. Fischer. "Net protein values for the growing chicken as determined by carcass analysis; exploration of the method". J. Nutr., 75:435-442. 1965.
70. Thomas, K. "Über die biologische wetigkeit der Sticks- toffsustanzen in verschiedenen Nähurungsmittel". Arch. Anat. Physiol. Abt., pp.219-302. 1909. In: Mitchell, H. H.; W. Burroughs y Jessie R. Beadles. "The significance and accuracy of biological values of proteins computed from nitrogen metabolism data". J. Nutr., 11:257-274. 1936.
71. Willard, H. H.; N. H. Furman y C. E. Bricker. "Análisis químico cuantitativo; teoría y práctica". 3a. ed. española traducida [del inglés] por Fermín Capitán. México [D. F.] Editorial Marín, S. A. [c1935] pp. 159-161.

IX. APENDICE

Fé de Errata

Página 9, Línea 16, en vez de 67, debe leerse 68.

CUADRO No. 1

VALORES DE HUMEDAD, GRASA, FIBRA CRUDA, CENIZA Y PROTEINA DE  
LAS MUESTRAS DE CEREALES

Muestras	Humedad g %	Extracto Etéreo g %	Fibra cruda g %	Ceniza g %	Proteína* g %
Maíz común (4854)	14.3	3.3	2.2	1.3	10.1
Maíz opaco-2 (4855)	13.0	4.3	2.3	1.4	10.0
Maíz opaco-2 (4856)	13.3	4.1	2.3	1.5	9.6
Maíz opaco-2 (4857)	13.8	3.8	2.5	1.5	9.5
Maíz común (4858)	12.8	3.9	2.3	1.4	9.6
Trigo (4859)	9.8	1.5	2.8	1.4	11.5
Trigo (4860)	9.6	1.5	2.7	1.5	12.3
Triticale (4861)	10.3	1.7	3.0	1.9	15.4
Triticale (4862)	10.8	1.8	2.6	1.8	15.4
Triticale (4863)	9.4	1.6	2.8	2.1	16.3
Maíz oh43 B14	12.5	3.4	2.1	1.2	9.5
Maíz oh43 B14 H2	12.8	4.3	2.8	1.4	9.7
Sorgo Is-2319	10.7	3.6	2.2	1.7	12.3
Sorgo Is-8165	13.1	2.5	2.3	1.4	9.8
Sorgo 025042-1	10.4	2.9	2.5	1.8	11.4

\* Nitrógeno x 6.25.

CUADRO No. 2

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LAS MUESTRAS DE MAIZ USADAS\*

Aminoácido	4854 normal	Oh43xB14 normal	4858 normal	Oh43xB14 harinoso-2	4855 opaco-2 (duro)	4856 opaco-2 (suave)	4857 opaco-2 (suave)	ANRC Caseína
Lisina	2.6	3.0	2.7	3.4	4.5	4.4	4.7	8.6
Triptofano**	0.6	0.7	0.5	0.7	0.9	1.0	1.0	1.4
Isoleucina	3.5	3.6	3.5	3.7	3.5	3.5	3.5	5.2
Leucina	12.7	12.8	13.2	12.3	9.1	8.7	8.6	9.7
Cistina	1.6	1.9	1.6	1.4	2.2	1.9	2.1	0.1
Metionina	2.0	2.7	2.1	2.7	1.7	1.8	1.9	3.0
Histidina	3.1	2.9	3.1	2.9	3.7	3.6	3.6	3.0
Arginina	4.8	5.1	4.8	5.5	6.3	6.7	7.3	4.0
Tirosina	4.3	4.5	4.4	4.4	3.7	3.7	3.9	5.7
Fenilalanina	4.8	5.1	5.0	5.2	5.2	4.1	4.3	5.3
Treonina	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9	4.2
Valina	4.7	4.7	4.9	5.0	5.4	5.3	5.4	6.7
Acido Aspártico	5.8	6.5	6.2	6.9	8.7	8.9	9.9	7.2
Acido Glutámico	22.5	22.6	23.1	22.1	19.8	19.2	20.3	27.1
Prolina	8.9	8.7	9.0	8.5	8.4	8.1	8.0	11.3
Alanina	7.3	7.5	7.7	7.7	6.0	5.9	6.4	3.1
Serina	4.6	4.8	4.6	4.9	4.3	4.5	4.6	5.7
Glicina	3.5	3.7	3.6	4.0	4.6	4.6	4.9	1.9
Proteína, %	11.0	10.2	10.5	10.4	10.9	10.7	10.1	88.1

\* Gramos por 100 gramos de proteína (muestras desgrasadas).

\*\* Métodos colorimétricos (CIMMYT Bull. # 20). Todos los demás analizados por métodos de intercambio iónico.

CUADRO No. 3

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE MUESTRAS DE SORGO, TRIGO Y TRITICALE\*

Aminoácido	sorgo (IS-8165)	sorgo (025042-1)	sorgo (IS-2319)	Trigo (7 Cerras) (4859)	Trigo (Inla) (4860)	Tritic. (PM-2) (4861)	Tritic. (PM-15) (4862)	Tritic. (PM-132) (4863)	ANRC Caseína
Lisina	2.3	2.5	2.5	3.1	3.1	3.4	3.4	3.5	8.6
Triptofano	(0.3)**	(0.6)	(0.5)	1.7	1.8	1.1	1.1	1.2	1.4
Isoleucina	4.2	4.7	4.3	3.8	3.9	3.9	3.7	3.8	5.2
Leucina	13.7	15.0	13.9	7.2	7.2	7.2	6.8	6.8	9.7
Cistina	1.0	1.6	1.0	2.0	2.2	1.8	2.0	1.5	0.1
Metionina	1.8	2.1	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.6	3.0
Histidina	2.1	2.5	2.1	2.5	2.6	2.6	2.4	2.5	3.0
Arginina	4.1	4.3	4.1	5.8	5.6	6.1	6.4	6.3	4.0
Tirosina	4.4	5.1	4.9	3.6	3.7	3.4	3.3	3.2	5.7
Fenilalanina	5.3	6.1	5.5	4.8	4.9	5.0	4.9	4.8	5.3
Treonina	3.2	3.7	3.3	3.1	3.2	3.2	3.0	3.0	4.2
Valina	5.1	5.9	5.5	4.7	4.8	4.9	4.6	4.6	6.7
Acido Aspártico	7.3	7.4	7.5	5.5	5.6	6.5	6.3	6.3	7.2
Acido Glutámico	25.6	27.4	25.7	36.0	37.0	33.4	32.4	31.9	27.1
Prolina	7.9	9.1	8.0	9.9	10.0	9.9	10.0	9.8	11.3
Alanina	9.9	10.3	9.7	3.9	3.9	4.2	4.0	4.0	3.1
Serina	4.4	4.9	4.3	5.0	4.9	4.6	4.5	4.4	5.7
Glicina	3.0	3.6	3.1	4.6	4.6	4.5	4.3	4.2	1.9
Proteína, %	10.3	12.2	12.7	11.0	11.5	14.9	15.7	14.8	88.1

\* Gramos por 100 gramos de proteína (muestras desgrasadas).

\*\* Métodos colorimétricos (CIMMYT Bull. #20). Todas las demás muestras fueron analizadas por métodos de intercambio iónico. Los valores de triptofano para el sorgo son demasiado bajos. Los valores obtenidos por técnicas de intercambio iónico en otras muestras de sorgo de Purdue indican que los niveles de triptofano están arriba de 1%.

CUADRO No. 4

VALORES DE LA CALIDAD PROTEINICA CALCULADOS POR MEDIO DE LA PENDIENTE  $b$  EN LA  
 ECUACION DE LA LINEA RECTA PARA LA 1a, 2a, 3a, Y 4a SEMANA DE LOS VALORES ACUMULATIVOS  
 (A LOS 7, 14, 21 Y 28 DIAS)

Tiempo de experimentación (días)	Gluten		Huevo		Caseína		Leche descremada	
	b	(r <sup>2</sup> )	b	(r <sup>2</sup> )	b	(r <sup>2</sup> )	b*	(r <sup>2</sup> )**
7	2.817	(0.5492)	6.088	(0.8901)	5.216	(0.8388)	5.839	(0.9127)
14	1.962	(0.6307)	5.494	(0.9558)	4.509	(0.9202)	5.022	(0.9531)
21	1.502	(0.6893)	5.132	(0.9710)	4.150	(0.9284)	4.443	(0.9543)
28	1.447	(0.7472)	4.731	(0.9707)	3.922	(0.9370)	3.991	(0.9405)

\* Indice de la calidad proteínica.

\*\* Coeficiente de determinación.

CUADRO No. 5

ALGUNOS EJEMPLOS DE LOS RESULTADOS DEL VALOR NUTRITIVO  $\bar{b}$  Y EL COEFICIENTE DE DETERMINACION ( $r^2$ ) PARA LAS PROTEINAS DE REFERENCIA, GLUTEN, HUEVO, CASEINA Y LECHE DESCREMADA EMPLEAN DO TODOS LOS NIVELES, 0, 3 Y 5 Y 0 Y 5% DE PROTEINA EN LA DIETA A LOS 14 DIAS

Niveles	Gluten		Huevo		Caseína		Leche descremada	
	$\bar{b}^*$	( $r^2$ )**	$\bar{b}$	( $r^2$ )	$\bar{b}$	( $r^2$ )	$\bar{b}$	( $r^2$ )
0, 1, 2, 3, 4 y 5	1.962	(0.6307)	5.494	(0.9558)	4.509	(0.9202)	5.022	(0.9531)
0, 3 y 5	1.990	(0.6528)	5.458	(0.9650)	4.542	(0.9356)	5.038	(0.9556)
0 y 5	1.917	(0.8221)	5.448	(0.9692)	4.538	(0.9781)	5.138	(0.9863)

\* Indice de la calidad proteínica.

\*\* Coeficiente de determinación ( $P < 0.01$ ) en todos los casos.

CUADRO No. 6

ANALISIS ESTADISTICO ENTRE PROCEDIMIENTOS (0 + 5 % y 0+3+5 % DE PROTEINA EN LA DIETA), VARIEDAD DE PROTEINAS Y DIFERENTE NUMERO DE ANIMALES EN EL CALCULO DEL VALOR BIOLOGICO (b)

Fuentes de variación	g.l.	S. C.	C.M.	F
Entre procedimientos	1	0.078446	0.078446	4.909 *
Variedad en procedimientos	34	164.143699	4.827756	302.130 **
Variedad	17	161.596246	9.505662	594.882 **
V x P	17	2.547453	0.149850	9.378 **
Tratamiento en procedimientos	6	0.194758	0.032460	2.0313
Tratamiento <u>1,2/</u>	3	0.121643	0.040549	2.53754
T x P	3	0.073115	0.024372	1.525
Error en procedimientos	102	1,629865	0.015979	

1/ Se compararon los valores obtenidos con 10, 8, 6 y 4 animales por grupo.

2/ En este caso se tomaron en cuenta sólo los valores donde se eliminaron las ratas de menor peso inicial.

CUADRO No. 7

VALORES PROMEDIOS DE VALOR BIOLÓGICO Y ESTOS MISMOS DIVIDIDOS EN DOS VALORES, QUE REPRESENTAN EL PROMEDIO DE LAS PROTEÍNAS DE ALTO Y BAJO VALOR BIOLÓGICO RELATIVAMENTE, AL EMPLEAR LOS NIVELES DE 0 + 5 % Y 0+3+5 % DE PROTEÍNA EN LA DIETA Y 10, 8, 6 Y 4 ANIMALES POR GRUPO

% de proteína en la dieta	Valores límites	Número de animales por grupo <u>l/</u>			
		10	8	6	4
3.800 <u>2/</u>	4.580 <u>a/</u>	4.599 <u>a/</u>	4.667 <u>a,b/</u>	4.805 <u>b/</u>	
----- <u>3/</u>	3.574 <u>i,j/</u>	3.589 <u>i,j/</u>	3.605 <u>i,j/</u>	3.689 <u>i/</u>	
3.800 <u>4/</u>	2.770 <u>u/</u>	2.782 <u>u/</u>	2.747 <u>u/</u>	2.796 <u>u/</u>	
3.600 <u>2/</u>	4.601 <u>a/</u>	4.617 <u>a/</u>	4.697 <u>a,b/</u>	4.684 <u>a,b/</u>	
----- <u>3/</u>	3.535 <u>i/</u>	3.556 <u>i,j/</u>	3.610 <u>i,j/</u>	3.570 <u>i/</u>	
3.600 <u>4/</u>	2.683 <u>u/</u>	2.708 <u>u/</u>	2.740 <u>u/</u>	2.679 <u>u/</u>	

l/ Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

2,3,4/ Diferencias mínimas significativas; 0.179; 0.119; y 0.160 respectivamente.

CUADRO No. 8

VALORES DE INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO (INCr)  
 E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP) PARA GLUTEN,  
 HUEVO DESENGRASADO, CASEINA Y LECHE DESCREMADA

	INCr <sup>1/</sup>		IEP <sup>1/</sup>
	6 animales/ grupo <sup>2/</sup>	4 animales/ grupo <sup>3/</sup>	8 animales/ grupo
Gluten	2.112 ± 0.273 <sup>4/</sup>	2.423 ± 0.547 <sup>4/</sup>	0.57 ± 0.06 <sup>4/</sup>
Huevo desengrasado	5.543 ± 0.393	5.621 ± 0.451	3.44 ± 0.09
Gaseina	4.775 ± 0.203	4.962 ± 0.454	3.17 ± 0.10
Leche descremada	5.074 ± 0.184	5.188 ± 0.394	3.01 ± 0.19

<sup>1/</sup> Los valores se calcularon a los 14 días.

<sup>2/</sup> Se emplearon para el cálculo los niveles de 0 y 5 % de proteína en la dieta.

<sup>3/</sup> Se emplearon para el cálculo los niveles de 0, 3 y 5 % de proteína en la dieta.

<sup>4/</sup> Error estandar.

CUADRO No. 9

LISINA, INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO (INCr)  
 EMPLEANDO LOS NIVELES DE 0 + 5 % y 0+3+5 % DE  
 PROTEINA EN LA DIETA Y EL INDICE DE  
 EFICIENCIA PROTEICA (IEP)

	Lisina	INCr <u>2.3/</u>		IEP <u>2,4/</u>	
		0 + 5 % Proteína en dieta b	0+3+5 % Proteína en dieta b		
Maíz 4854	2.6	2.423 <sup>c/</sup>	2.296 <sup>c/</sup>	1.59 <sup>c/</sup>	
Maíz 4858	2.7	2.948 <sup>b/</sup>	2.731 <sup>b,c/</sup>	1.72 <sup>c/</sup>	
Trigo 4859	3.1	3.159 <sup>b/</sup>	3.138 <sup>b/</sup>	1.57 <sup>c',d'/</sup>	
Triticale 4861	3.4	3.449 <sup>b/</sup>	3.047 <sup>b/</sup>	1.81 <sup>b',c'/</sup>	
Caseína ANRC	8.6	4.988 <sup>a/</sup>	4.988 <sup>a/</sup>	3.34 <sup>a/</sup>	3.22 <sup>a'/</sup>
-----					
Maíz 4855	4.5	3.920 <sup>a'/</sup>	3.651 <sup>a'/</sup>	2.83 <sup>b/</sup>	
Maíz 4856	4.4	3.736 <sup>a'/</sup>	3.603 <sup>a'/</sup>	2.90 <sup>b/</sup>	
Trigo 4860	3.1	2.792 <sup>c'/</sup>	2.692 <sup>c'/</sup>	1.66 <sup>b',c'/</sup>	
Triticale 4862	3.4	3.130 <sup>b'/</sup>	3.092 <sup>b'/</sup>	1.97 <sup>b'/</sup>	
Caseína Colonia		4.287 <sup>a'/</sup>	4.276 <sup>a'/</sup>	3.34 <sup>a/</sup>	3.22 <sup>a'/</sup>
-----					
Maíz 4857	4.7	4.090 <sup>b''/</sup>	4.217 <sup>b''/</sup>	2.84 <sup>b/</sup>	
Triticale 4863	3.4	3.357 <sup>c''/</sup>	3.388 <sup>c''/</sup>	1.97 <sup>b'/</sup>	
Sorgo Is-8165	2.3	2.213 <sup>d''/</sup>	2.236 <sup>d''/</sup>	0.71 <sup>f'/</sup>	
Sorgo O25042-1	2.5	2.707 <sup>e''/</sup>	2.786 <sup>d''/</sup>	0.97 <sup>e',f'/</sup>	
Caseína ANRC	8.6	5.221 <sup>a''/</sup>	5.104 <sup>a''/</sup>	3.34 <sup>a/</sup>	3.22 <sup>a'/</sup>
-----					
Maíz oh43B14	3.0	2.436 <sup>b''',c'''/</sup>	2.282 <sup>b''',c'''/</sup>	1.71 <sup>c/</sup>	
Maíz oh43B14 H-2	3.4	2.261 <sup>c''',d'''/</sup>	2.845 <sup>b''',c'''/</sup>	1.83 <sup>c/</sup>	
Sorgo IS-2319	2.5	2.764 <sup>b''',c'''/</sup>	2.240 <sup>b''',c'''/</sup>	1.28 <sup>d',e'/</sup>	
Caseína ANRC	8.6	5.096 <sup>a''',b'''/</sup>	5.172 <sup>a''',b'''/</sup>	3.34 <sup>a/</sup>	3.22 <sup>a'/</sup>

1/ Cada bloque es una determinación diferente.

2/ Letras diferentes indican diferencia significativa (P< 0.05)

3/ El Índice de Nitrogeno a Crecimiento, se determinó a los 14 días

4/ Índice de Eficiencia Protéica proporcionado por el Dr. E. T. Mertz, de la Universidad de Purdue, Lafayette, E.U.A.; determinado con 10 animales machos, a los 28 días.

CUADRO No. 10

SENSIBILIDAD DEL METODO

% aminoácidos agregados al maíz	INCr <u>1/</u> 0 y 5% proteína <u>3/</u>	IEP <u>2/</u> 8% proteína <sup>3/</sup>
---	2.594 ± 0.1176 <sup>4/</sup>	1.946 ± 0.1148 <sup>4/</sup>
Lis 0.025 Tri 0.010	2.884 ± 0.1420	2.193 ± 0.1419
Lis 0.050 Tri 0.020	3.163 ± 0.2378	2.381 ± 0.1680
Lis 0.100 Tri 0.040	2.820 ± 0.1103	2.482 ± 0.1666
Lis 0.150 Tri 0.060	3.037 ± 0.1181	2.849 ± 0.1615
Lis 0.250 Tri 0.100	2.901 ± 0.2151	2.414 ± 0.1503
Lis 0.300 Tri 0.120	2.831 ± 0.2054	---
Lis 0.350 Tri 0.140	2.880 ± 0.3049	---
Lis 0.300 Tri 0.060	2.937 ± 0.2046	2.736 ± 0.1687
Caseína ANRC	4.780 ± 0.2065	---

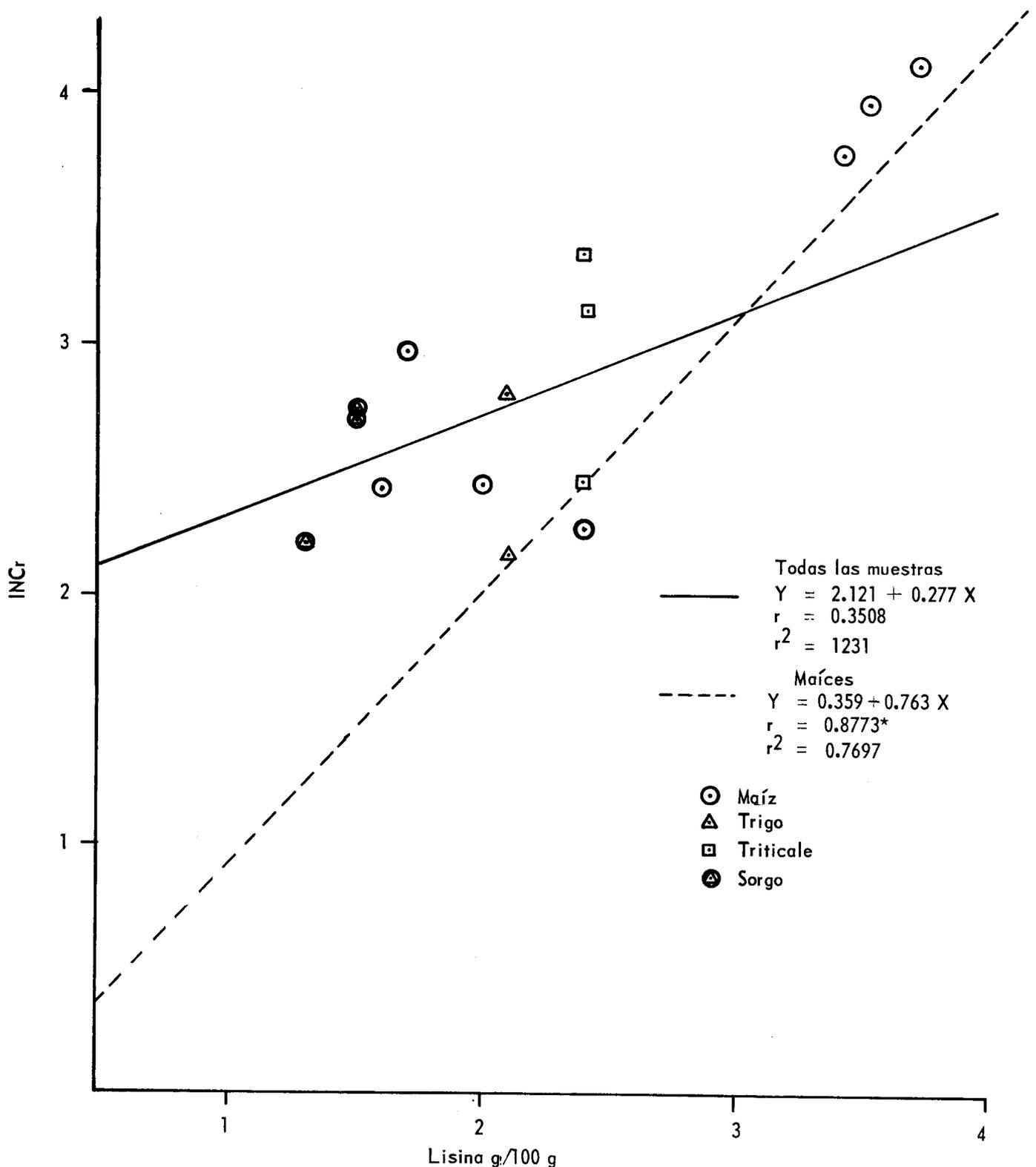
1/ Índice de Nitrógeno a Crecimiento calculado con 6 ratas a los 14 días.

2/ Índice de Eficiencia Proteínica calculado con 6 ratas a los 14 días.

3/ Proteína en la ración.

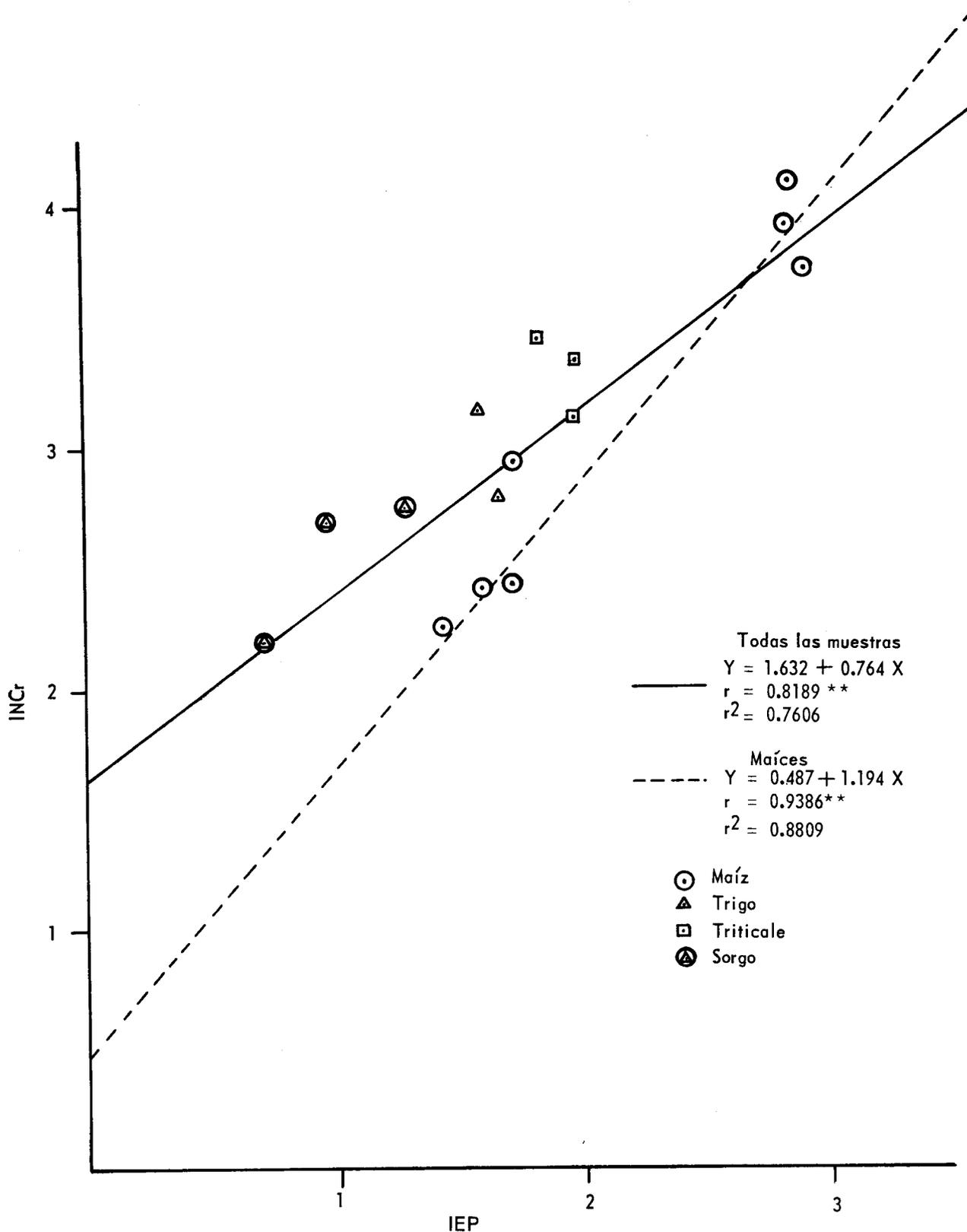
4/ Error estándar.

CORRELACION ENTRE INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO<sup>1</sup> Y EL CONTENIDO DE LISINA DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE CEREALES



<sup>1</sup> El Índice de Nitrógeno a Crecimiento se calculó con 6 ratas (3 machos y 3 hembras) por nivel, a los 14 días de experimentación; usando los niveles de 0 y 5% de proteína en la dieta por muestra.

**CORRELACION ENTRE INDICE DE NITROGENO A CRECIMIENTO (INCr)<sup>1</sup>  
E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (IEP)<sup>2</sup>**



<sup>1</sup> El Índice de Nitrógeno a crecimiento se calculo con 6 ratas (3 machos y 3 hembras) por nivel, a los 14 días de experimentación; usando los niveles de 0 y 5% de proteína en la dieta por muestra.

<sup>2</sup> Índice de Eficiencia Protéica se realizo con 10 ratas machos por nivel, durante 28 días.

TABLA A

EFFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_{\bar{x}}$ ),  
CON LOS NIVELES DE 0, 3 y 5% DE PROTEINA EN LA DIETA

PROTEINA	10 animales/ grupo		<sup>1,2/</sup> 8 animales i_ niciales/grupo		<sup>1,2/</sup> 6 animales i_ niciales/grupo		<sup>1,2/</sup> 4 animales i_ niciales/grupo		<sup>1,3/</sup> 8 animales finales/grupo		<sup>1/</sup> 6 animales finales/grupo	
	b	$s_{\bar{x}}$	b	$s_{\bar{x}}$	b	$s_{\bar{x}}$	b	$s_{\bar{x}}$	b	$s_{\bar{x}}$	b	$s_{\bar{x}}$
Gluten de maiz	1.990	0.2743	1.906	0.3285	2.152	0.4046	2.423	0.5467	1.928	0.3366	1.650	0.26
Huevo desengrasado	5.458	0.1965	5.469	0.2414	5.518	0.2987	5.621	0.4508	5.535	0.1809	5.341	0.15
Caseina ANRC	4.542	0.2252	4.560	0.2725	4.714	0.3207	4.962	0.4542	4.531	0.1961	4.277	0.21
Leche descremada	5.038	0.2052	5.074	0.2439	5.122	0.3003	5.188	0.3937	5.014	0.2030	4.940	0.18
Maiz 4854	2.297	0.2667	2.208	0.3137	2.562	0.3481	2.296	0.3816	2.335	0.3215	2.306	0.37
Maiz 4858	2.796	0.2543	3.029	0.2716	3.070	0.3198	2.731	0.4045	2.847	0.2840	2.841	0.34
Trigo 4859	3.402	0.2446	3.196	0.2763	3.248	0.3336	3.138	0.4017	3.449	0.2720	3.578	0.31
Triticale 4861	3.032	0.2498	3.144	0.2542	3.345	0.2500	3.047	0.2525	3.019	0.3270	3.019	0.424
Caseina ANRC	4.812	0.1925	4.822	0.1743	5.145	0.1953	4.996	0.2057	4.732	0.2147	4.684	0.27
Maiz 4855	3.917	0.1996	3.859	0.2363	3.715	0.3065	3.651	0.3865	3.855	0.2568	4.190	0.192
Maiz 4856	3.807	0.2573	3.790	0.2633	3.825	0.2563	3.603	0.2443	3.883	0.3108	3.993	0.382
Trigo 4860	2.679	0.1959	2.640	0.2354	2.660	0.2231	2.692	0.2632	2.636	0.2154	2.661	0.29
Triticale 4862	3.173	0.1402	3.156	0.1640	3.068	0.1688	3.092	0.1418	3.236	0.1667	3.225	0.219
Caseina colonia	4.335	0.2225	4.228	0.2251	4.260	0.2714	4.276	0.3194	4.302	0.2906	4.408	0.314
Maiz 4857	-----	-----	4.018	0.2736	4.232	0.2626	4.217	0.3570	-----	-----	4.181	0.306
Triticale 4863	-----	-----	3.596	0.2286	3.398	0.2429	3.388	0.2979	-----	-----	3.720	0.253
Sorgo IS-8165	-----	-----	2.233	0.1685	2.237	0.1965	2.236	0.1756	-----	-----	2.278	0.208
Sorgo 025042-1	-----	-----	2.793	0.1949	2.764	0.2343	2.786	0.2756	-----	-----	2.763	0.187
Caseina ANRC	-----	-----	5.285	0.1829	5.185	0.2039	5.104	0.2363	-----	-----	5.381	0.233
Maiz oh43B14	2.515	0.2447	2.592	0.2516	2.309	0.2214	2.282	0.2537	2.547	0.2732	2.728	0.345
Maiz oh43B14 H-2	2.748	0.1929	2.874	0.1939	2.767	0.2075	2.845	0.2797	2.649	0.2174	2.685	0.273
Sorgo IS-2319	2.195	0.2693	2.330	0.3085	2.221	0.3642	2.240	0.4417	2.067	0.2523	2.180	0.328
Caseina ANRC	4.897	0.2446	5.132	0.2393	5.280	0.2532	5.172	0.3015	4.674	0.2826	4.656	0.361

1/ Mitad machos y mitad hembras.

2/ En este caso se eliminaron las ratas de menor peso inicial.

3/ En este caso se eliminaron las ratas de mayor peso inicial.

STANDAR ( $s_x$ ),

---

<u>1,3/</u>		<u>1,3/</u>	
6 animales		4 animales	
finales/grupo		finales/grupo	
b	$s_x$	b	$s_x$
1.650	0.2644	1.734	0.3462
5.341	0.1515	5.357	0.2175
4.277	0.2134	4.283	0.3064
4.940	0.1863	4.906	0.2447
2.306	0.3702	2.032	0.4068
2.841	0.3462	2.356	0.4192
3.578	0.3199	3.612	0.2776
3.019	0.4247	2.525	0.5235
4.684	0.2704	4.421	0.3316
4.190	0.1921	4.283	0.1447
3.993	0.3826	3.877	0.5409
2.661	0.2902	2.649	0.3744
3.225	0.2194	3.324	0.2542
4.408	0.3142	4.515	0.4030
4.181	0.3061	3.739	0.4506
3.720	0.2532	3.773	0.2868
2.278	0.2085	2.231	0.2682
2.763	0.1878	2.829	0.2231
5.381	0.2336	5.452	0.2686
2.728	0.3450	2.872	0.3920
2.685	0.2730	2.721	0.4069
2.180	0.3288	2.186	0.3884
4.656	0.3611	4.089	0.4380

---

TABLA B

EFFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_x$ ),  
CON LOS NIVELES DE 0 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA

	10 animales/ grupo		<sup>1,2/</sup> 8 animales i- niciales/grupo		<sup>1,2/</sup> 6 animales i- niciales/grupo		<sup>1,2/</sup> 4 animales i- niciales/grupo		<sup>1,3/</sup> 8 animales finales/grupo		<sup>1,4/</sup> 6 animales finales/grupo	
	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$
Gluten de maíz	2.181	0.1939	2.100	0.2308	2.112	0.2726	2.354	0.2999	2.193	0.2413	2.043	0.265
Huevo desengrasado	5.473	0.2411	5.505	0.3032	5.543	0.3931	5.678	0.6008	5.564	0.2272	5.336	0.143
Caseína ANRC	4.518	0.1781	4.540	0.2250	4.775	0.2027	4.987	0.2083	4.464	0.2153	4.205	0.169
Leche descremada	4.864	0.1992	4.859	0.2499	5.074	0.1845	5.096	0.2824	4.838	0.2234	4.709	0.274
Maíz 4854	2.341	0.2217	2.282	0.2458	2.423	0.2387	2.222	0.2034	2.424	0.2656	2.437	0.383
Maíz 4858	2.819	0.2094	2.947	0.2314	2.948	0.2686	2.940	0.3567	2.873	0.2338	2.738	0.278
Trigo 4859	3.295	0.1641	3.120	0.1232	3.159	0.1095	3.271	0.1319	3.344	0.2018	3.311	0.271
Triticale 4861	3.547	0.2104	3.453	0.2177	3.449	0.2576	3.232	0.2877	3.732	0.2312	3.861	0.240
Caseína ANRC	4.831	0.2007	4.812	0.2344	4.988	0.2785	5.096	0.4029	4.789	0.2516	4.487	0.201
Maíz 4855	4.039	0.1726	4.005	0.2214	3.920	0.2970	4.303	0.3331	4.056	0.2233	3.907	0.197
Maíz 4856	3.814	0.2560	3.872	0.2880	3.736	0.3004	3.836	0.4588	3.904	0.3315	3.793	0.308
Trigo 4860	2.776	0.1175	2.762	0.1477	2.792	0.1230	2.936	0.1295	2.688	0.1257	2.670	0.170
Triticale 4862	3.196	0.0966	3.198	0.1206	3.130	0.0971	3.086	0.1431	3.263	0.1026	3.270	0.130
Caseína colonia	4.437	0.2496	4.296	0.2375	4.287	0.3014	4.175	0.3615	4.450	0.3242	4.654	0.348
Maíz 4857	-----	-----	3.964	0.2388	4.090	0.2483	4.302	0.2918	-----	-----	4.000	0.289
Triticale 4863	-----	-----	3.526	0.1657	3.357	0.1150	3.354	0.1286	-----	-----	3.631	0.205
Sorgo IS-8165	-----	-----	2.220	0.1237	2.213	0.1207	2.263	0.1516	-----	-----	2.262	0.164
Sorgo 025042-1	-----	-----	2.734	0.1166	2.707	0.1571	2.711	0.0528	-----	-----	2.738	0.156
Caseína ANRC	-----	-----	5.276	0.1213	5.221	0.1417	5.124	0.0658	-----	-----	5.351	0.150
Maíz oh43B14	2.633	0.2143	2.732	0.2515	2.436	0.1693	2.454	0.2460	2.706	0.2495	2.752	0.326
Maíz oh43B14 H-2	2.710	0.2602	2.873	0.2455	2.764	0.2064	3.008	0.2094	2.600	0.3056	2.511	0.407
Sorgo IS-2319	2.205	0.1701	2.348	0.1747	2.261	0.2097	2.456	0.2668	2.044	0.1654	2.038	0.210
Caseína ANRC	4.662	0.2671	4.903	0.2629	5.096	0.2766	5.267	0.3792	4.483	0.2771	4.259	0.274

1/ Mitad machos y mitad hembras.

2/ En este caso se eliminaron las ratas de menor peso inicial.

3/ En este caso se eliminaron las ratas de mayor peso inicial.

TANDAR ( $s_x$ ),

---

<u>1,3/</u>		<u>1,3/</u>	
6 animales		4 animales	
finales/grupo		finales/grupo	
b	$s_x$	b	$s_x$
2.043	0.2659	2.319	0.2554
5.336	0.1439	5.368	0.2091
4.205	0.1699	4.132	0.2295
4.709	0.2742	4.548	0.3963
2.437	0.3832	2.178	0.5333
2.738	0.2781	2.624	0.3570
3.311	0.2715	3.499	0.3859
3.861	0.2405	3.839	0.3610
4.487	0.2011	4.345	0.2473
3.907	0.1972	4.188	0.1364
3.793	0.3087	4.048	0.6405
2.670	0.1704	2.752	0.2558
3.270	0.1308	3.296	0.2025
4.654	0.3488	4.624	0.4487
4.000	0.2890	3.625	0.2923
3.631	0.2059	3.698	0.3031
2.262	0.1648	2.176	0.2172
2.738	0.1569	2.757	0.2456
5.351	0.1508	5.427	0.2214
2.752	0.3263	2.929	0.4732
2.511	0.4071	2.629	0.6304
2.038	0.2105	2.120	0.3210
4.259	0.2744	4.012	0.3297

---

TABLA C

EFFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR ( $s_x$ ),  
 CON LOS NIVELES DE 0, 3 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA

PROTEINA	$\frac{1.2}{10 \text{ animales/ grupo}}$		$\frac{1.2}{8 \text{ animales i_niciales/grupo}}$		$\frac{1.2}{6 \text{ animales i_niciales/grupo}}$		$\frac{1.2}{4 \text{ animales i_niciales/grupo}}$		$\frac{1.2}{8 \text{ animales i_niciales/grupo}}$		$\frac{1.3}{6 \text{ animales i_niciales/grupo}}$		$\frac{1.3}{4 \text{ animales i_niciales/grupo}}$	
	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$	b	$s_x$
Maiz-soya	5.057	0.2273	5.209	0.2507	5.268	0.2652	5.393	0.3312	4.999	0.2444	4.811	0.2934	4.648	0.4231
Protefna pescado	5.655	0.1633	5.603	0.1759	5.560	0.1940	5.640	0.2324	5.582	0.1806	5.718	0.1529	5.848	0.1084
Fresca Vida	4.232	0.2924	4.210	0.3342	4.256	0.3679	4.395	0.5334	4.272	0.3051	4.163	0.3267	4.323	0.4351
Soya	3.776	0.2184	3.866	0.2521	3.675	0.2934	3.650	0.4086	3.994	0.2144	3.910	0.2308	4.008	0.3023
Soya + 0.3% Met.	4.552	0.1490	4.656	0.1660	4.814	0.1907	5.025	0.2249	4.444	0.1766	4.141	0.1500	4.092	0.1780
Algodón	2.659	0.2893	2.807	0.3290	2.564	0.3750	2.656	0.4084	2.668	0.3687	2.660	0.4362	2.872	0.4416
M. V. 9 $\frac{4}{4}$	2.394	0.2042	2.382	0.2482	2.378	0.2763	2.410	0.3408	2.441	0.2429	2.381	0.2531	2.434	0.2852
M. V. 14	2.964	0.3100	2.851	0.3806	2.725	0.5213	2.723	0.7011	3.231	0.2520	3.094	0.2851	3.172	0.2633
M. V. 15	-----	-----	3.747	0.5411	3.055	0.3544	3.181	0.5366	-----	-----	4.008	0.6492	4.295	0.9369
T. L. $\frac{4}{4}$	3.621	0.1564	3.534	0.1789	3.280	0.2047	3.167	0.2847	3.711	0.1402	3.887	0.1400	4.024	0.1862
Casava-soya	4.271	0.2180	4.271	0.2357	4.483	0.2478	4.643	0.3297	3.922	0.2194	3.850	0.2664	3.661	0.3918
Leche descremada	4.760	0.2177	4.683	0.2569	4.715	0.2881	4.829	0.3543	4.648	0.2423	4.704	0.2936	4.862	0.3444
Maiz harinoso-2	2.623	0.1847	2.577	0.2043	2.635	0.2496	2.630	0.3263	2.683	0.1684	2.682	0.1914	2.611	0.2451
Maiz azotea	2.447	0.2220	2.334	0.2387	2.426	0.2382	2.619	0.2494	2.320	0.2766	2.305	0.3509	2.507	0.4166
Maiz blanco duro	2.417	0.2031	2.448	0.2139	2.323	0.1931	2.386	0.2391	2.366	0.2260	2.484	0.3030	2.624	0.4348
Maiz opaco-2	3.811	0.2397	3.770	0.2637	3.478	0.2961	3.178	0.2300	3.965	0.2616	4.289	0.2944	4.331	0.3305
Casefna colonia	4.472	0.1928	4.506	0.2271	4.419	0.2242	4.644	0.2200	4.322	0.2254	4.343	0.3022	4.732	0.1795

- 1/ Mitad machos y mitad hembras.
- 2/ En este caso se eliminaron las ratas de menor peso inicial.
- 3/ En este caso se eliminaron las ratas de mayor peso inicial.
- 4/ Mezcla vegetal.

TABLA D

EFFECTO DEL NUMERO DE ANIMALES SOBRE EL INDICE DE VALOR NUTRITIVO (b) Y EL ERROR ESTANDAR (sx),  
CON LOS NIVELES DE 0 Y 5 % DE PROTEINA EN LA DIETA

Proteína	1.2/		1.2/		1.2/		1.2/		1.3/		1.3/	
	b	sx	8 animales i-niciales/grupo	6 animales i-niciales/grupo	4 animales i-niciales/grupo	4 animales i-niciales/grupo	8 animales finales/grupo	6 animales finales/grupo	4 animales finales/grupo	6 animales finales/grupo	4 animales finales/grupo	4 animales finales/grupo
Maíz-soya	4.952	0.2062	4.923	0.2338	4.805	0.2975	4.659	0.4241	5.137	0.2028	5.148	0.1911
Proteína pescado	5.632	0.1252	5.586	0.1531	5.491	0.1839	5.456	0.2868	5.559	0.1444	5.750	0.0851
Fresca Vida	3.881	0.2556	3.883	0.2378	3.931	0.2816	3.705	0.2895	3.888	0.3239	3.998	0.3945
Soya	3.721	0.2178	3.866	0.2179	3.657	0.2283	3.459	0.2596	3.887	0.2324	3.896	0.3165
Soya + 0.3% Met.	4.483	0.1813	4.614	0.2016	4.744	0.2427	4.777	0.0697	4.398	0.2184	4.287	0.2783
Algodón	2.487	0.3375	2.626	0.4083	2.290	0.4602	1.862	0.5796	2.402	0.4165	2.904	0.3472
M. V. 9 4/	3.997	0.2798	4.012	0.3400	4.272	0.3219	4.161	0.4657	3.754	0.2894	3.743	0.3829
M. V. 14	2.826	0.2467	2.809	0.3088	2.727	0.4308	2.194	0.4867	2.963	0.2328	3.142	0.1970
M. V. 15	-----	-----	3.663	0.5604	3.182	0.3566	3.016	0.4962	-----	-----	4.044	0.6439
T. L. 4/	3.605	0.1597	3.526	0.1908	3.359	0.1867	3.297	0.2691	3.700	0.1724	3.811	0.1628
Casava-soya	3.997	0.2798	4.012	0.3400	4.272	0.3219	4.161	0.4657	3.754	0.2894	3.743	0.3829
Leche descremada	4.657	0.1784	4.542	0.1985	4.600	0.2585	4.626	0.3090	4.625	0.2081	4.678	0.2388
Maíz harinoso-2	2.652	0.1568	2.570	0.1863	2.670	0.2385	2.591	0.3681	2.690	0.1587	2.693	0.1370
Maíz azotea	2.397	0.1812	2.232	0.1824	2.368	0.1978	2.629	0.1721	2.269	0.2016	2.242	0.2732
Maíz blanco duro	2.384	0.1394	2.476	0.1402	2.319	0.1231	2.383	0.1831	2.322	0.1674	2.385	0.2119
Maíz opaco-2	3.527	0.2699	3.592	0.2484	3.344	0.2519	3.144	0.1687	3.603	0.3325	3.783	0.4177
Caseína colonia	4.499	0.1806	4.489	0.2181	4.340	0.2637	4.585	0.1947	4.399	0.2127	4.442	0.2846

1/ Mitad machos y mitad hembras.

2/ En este caso se eliminaron las ratas de menor peso inicial.

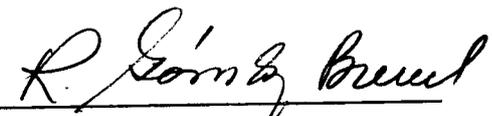
3/ En este caso se eliminaron las ratas de mayor peso inicial.

4/ Mezcla vegetal.

  
José Antelín del Busto Ledesma

Vo. Bo. Comité de Tesis

  
Dr. Luiz G. Elías  
Asesor

  
Dr. Roberto Gómez Brenes  
Asesor

  
Dr. J. Edgar Braham  
Asesor

  
Dr. Ricardo Bressani  
Asesor

Imprimase: \_\_\_\_\_  
Lic. Rubén Mayorga Peralta  
Decano de la Facultad de Ciencias  
Químicas y Farmacia