



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá



**EFFECTO DE TRATAMIENTOS ALCALINOS POR
REMOJO O CONTACTO SOBRE EL VALOR
NUTRITIVO Y COMPOSICION QUIMICA DE LA
PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA**

TESIS ELABORADA POR
GUILLERMO BENDAÑA GARCIA

PREVIO A OPTAR AL GRADO DE
Maestro
(MAGISTER SCIENTIFICAE)

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

CURSO DE POSTGRADO EN CIENCIAS DE ALIMENTOS Y NUTRICION ANIMAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA

EFFECTO DE TRATAMIENTOS ALCALINOS POR
REMOJO O CONTACTO SOBRE EL VALOR NUTRI-
TIVO Y COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA
DE CAFE FRESCA O ENSILADA

Tesis elaborada por

GUILLERMO BENDAÑA GARCIA

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, febrero de 1977

INCAP T-221

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Decano	Dr. Victor M. Orellana
Vocal 1o.	Dr. Carlos E. Ruano
Vocal 2o.	Dr. Edgar R. Paiz
Vocal 3o.	Dr. Mario Motta
Vocal 4o.	Br. Eduardo Tercero
Vocal 5o.	Br. Félix Carranza
Secretario	Dr. Roberto Ponciano

COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA

Director del CESNA	Dr. Luis Octavio Angel
Decano de la Facultad de Ciencias Médicas	Dr. Carlos Armando Soto
Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Lic. Leonel Carrillo R.
Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	Dr. Victor Manuel Orellana
Directora de la Escuela de Nutrición	Dra. Susana J. Icaza
Director del Curso de Postgrado en Salud Pública con énfasis 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

COMITE DE TESIS

Dr. Roberto Gómez Brenes

Ing. Roberto Jarquín

Dr. Mario R. Molina

Dr. Ricardo Bressani

Dr. J. Edgar Braham

Dr. Miguel A. Guzmán

RECONOCIMIENTO

Agradezco sinceramente al Dr. Roberto Gómez Brenes, por su constante ayuda como maestro y como amigo, tanto dentro como fuera de las aulas.

Al Dr. J. Edgar Braham por su desinteresada ayuda, consejos y estímulos durante todo el curso.

Al Dr. Ricardo Bressani por su interés en la superación y realización de mis estudios.

Al Ing. Roberto Jarquín por sus oportunos consejos y su amistad sincera.

Al Dr. Miguel A. Guzmán y Sra. Luz E. de Castellanos por su preocupación en la parte estadística de este trabajo.

A la Licenciada Beatriz Murillo, Dr. Marco Tulio Cabezas, Dr. Mario Molina, Dr. Luiz G. - Elías y Dr. Ronal Quan por haberme brindado la oportunidad de participar en sus clases.

A todo el personal de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, principalmente a los señores Enrique Amézquita, Baudilio Fernández y Pedro Tojín.

A la International Development Research Centre (IDRC), Canadá, por haber financiado mis estudios.

C O N T E N I D O

I CONTENIDO

II REVISION BIBLIOGRAFICA

1. El café

1.1 El fruto del café.

1.2 El pericarpio o pulpa.

2. Composición química de la pulpa de café.

2.1 Humedad .

2.2 Proteína .

2.3 Fibra cruda.

2.4 Carbohidratos.

2.5 Grasa.

2.6 Minerales.

2.7 Cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico.

3. Posibles usos de la pulpa de café.

4. Efectos fisiológicos de diferentes sustancias presentes en la pulpa de café.

4.1 Efectos fisiológicos de la cafeína en diferentes especies.

4.2 Efectos fisiológicos de los taninos en diferentes especies.

4.3 Posibles efectos fisiológicos del potasio.

4.4 Efectos fisiológicos del desbalance calcio/fósforo.

5. Contenido de fibra cruda y paredes celulares en la pulpa de café.

6. Resultados de Balance de Nitrógeno en raciones con pulpa de café.

6.1 Balances de Nitrógeno en monogástricos.

6.2 Balances de Nitrógeno en rumiantes.

7. El ensilaje de la pulpa de café

8. Efecto de la concentración de proteína sobre los niveles de pulpa de café en la ración.

9. Efecto de diferentes tratamientos sobre la toxicidad y el valor nutritivo de la - pulpa de café.

9.1 Tratamientos con cal.

9.2 Tratamientos con metabisulfito de sodio.

- 10. Otros tratamientos para destoxificar y mejorar el valor nutritivo de la pulpa de café.
 - 10.1 Descafeinización
 - 10.2 Almacenamiento
 - 10.3 Tostación
 - 10.4 Agronómicos.
- 11. Efecto de secado y diferentes temperaturas sobre el valor nutritivo de la pulpa-
de café

III OBJETIVOS DEL ESTUDIO

IV PLAN DE ESTUDIOS

- A Primera etapa
 - 1. Objetivos
 - 2. Materiales
 - 3. Métodos
 - 4. Resultados
 - 5. Discusión
 - 6. Resumen
- B. Segunda etapa
 - 1. Objetivos
 - 2. Materiales
 - 3. Métodos
 - 4. Resultados
 - 5. Discusión
 - 6. Resumen
- C. Tercera etapa
 - 1. Objetivos
 - 2. Materiales
 - 3. Métodos
 - 4. Resultados
 - 5. Discusión
 - 6. Resumen
- D. Cuarta etapa
 - 1. Objetivos
 - 2. Materiales
 - 3. Métodos
 - 4. Resultados
 - 5. Discusión
 - 6. Resumen

V	CONCLUSIONES
VI	SUMARIO
VII	BIBLIOGRAFIA
VIII	APENDICE

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1 Composición porcentual y contenido proteínico de las raciones con 4 diferentes niveles de pulpa fresca, usadas con ratas en el ensayo Biológico 1.
- Cuadro 2 Composición porcentual y contenido proteínico de las raciones con 4 diferentes niveles de pulpa ensilada, usadas con ratas en el ensayo Biológico 2.
- Cuadro 3 Diseño experimental seguido para la distribución de los diferentes niveles de pulpa de café (fresca o ensilada) en cada grupo proteínico utilizado en los ensayos Biológicos con ratas en crecimiento.
- Cuadro 4 Composición química proximal de los ingredientes usados en las raciones.
- Cuadro 5 Secuencia de mortalidad semanal de las ratas observada durante los ensayos Biológicos 1 y 2.
- Cuadro 6 Consumo promedio de alimento para cada una de las raciones de los ensayos Biológicos 1 y 2 con ratas alimentadas con pulpa fresca o ensilada, relacionado con el porcentaje de proteína y de pulpa de café en la ración.
- Cuadro 7 Ganancia de peso promedio en los ensayos biológicos 1 y 2 con ratas alimentadas con pulpa fresca o ensilada, relacionada con el porcentaje de proteína y de pulpa de café en la ración.
- Cuadro 8 Índice de eficiencia alimenticia (I.E.A.) para los ensayos Biológicos 1 y 2 con ratas alimentadas con pulpa fresca o ensilada, relacionado con el porcentaje de proteína y de pulpa en la ración.
- Cuadro 9 Digestibilidad aparente de las raciones de los ensayos Biológicos 1 y 2 con ratas alimentadas con pulpa fresca o ensilada relacionada con el porcentaje de proteína y de pulpa en la ración.
- Cuadro 10 Diseño experimental seguido para la distribución de los diferentes tratamientos con hidróxido de calcio, tomando en cuenta el método y tiempo de aplicación y la concentración de cal, para pulpa fresca y ensilada.
- Cuadro 11 Determinación del contenido de calcio en muestras de pulpa fresca y ensilada, tratadas por remojo con cal.
- Cuadro 12 Determinación del contenido de calcio en muestras de pulpa fresca y ensilada, tratadas por contacto con cal.
- Cuadro 13 Diseño experimental seguido para la elaboración de las raciones en los ensayos Biológicos 3 y 4.

Cuadro 14	Composición porcentual de las raciones con 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa ensilada o pulpa fresca, utilizadas en los ensayos biológicos 3 y 4 con ratas en crecimiento.	Cuadro 27	Consumo de alimento, ganancia de peso e índice de eficiencia alimenticia observados en el ensayo Biológico 5, usando raciones con 15% de proteína y 15% de pulpa fresca entera o macerada tratadas con cal.
Cuadro 15	Secuencia de mortalidad semanal en las ratas, observada durante el ensayo Biológico 4, usando raciones con 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa de café fresca tratada con cal.	Cuadro 28	Análisis químico proximal de pulpa de café fresca, con y sin tratamientos alcalinos y secada al sol.
Cuadro 16	Consumo promedio de alimento observado en los ensayos Biológicos 3 y 4 con ratas en crecimiento usando raciones con 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa de café fresca o ensilada tratada con cal.	Cuadro 29	Análisis químico proximal de pulpa de café ensilada, con y sin tratamientos alcalinos.
Cuadro 17	Ganancia de peso promedio observada en los ensayos Biológicos 3 y 4 con ratas en crecimiento usando raciones con 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa de café fresca o ensilada tratada con cal.	Cuadro 30	Contenido de fósforo, calcio, sodio y potasio en pulpa de café fresca y ensilada.
Cuadro 18	Índice de eficiencia alimenticia observado en los ensayos biológicos 3 y 4 con ratas en crecimiento usando raciones con 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa de café fresca o ensilada tratada con cal.		
Cuadro 19	Digestibilidad aparente observada en los ensayos biológicos 3 y 4 con ratas en crecimiento usando raciones con 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa de café fresca o ensilada tratada con cal.		
Cuadro 20	Relación calcio/fósforo encontrada en las muestras de pulpa fresca o ensilada, después de someterlas a tratamientos alcalinos.		
Cuadro 21	Resultados de los aminogramas en pulpa fresca, sometida a tratamientos alcalinos.		
Cuadro 22	Resultados de los aminogramas en pulpa ensilada, sometida a tratamientos alcalinos.		
Cuadro 23	Contenido de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico en pulpa fresca o ensilada, sometida a tratamientos alcalinos.		
Cuadro 24	Diseño experimental seguido para la distribución de los tratamientos alcalinos aplicados a la pulpa fresca entera o macerada.		
Cuadro 25	Análisis químico proximal de la pulpa fresca entera y macerada secadas al sol.		
Cuadro 26	Contenido de cafeína y taninos en pulpa fresca entera y macerada, sometidas a tratamientos alcalinos.		

LISTA DE ILUSTRACIONES

- Figura 1 Efecto del porcentaje de proteína y de pulpa de café fresca o ensilada en la ración sobre el consumo total de alimento de ratas en crecimiento. Ensayos Biológicos 1 y 2.
- Figura 2 Efecto de porcentaje de proteína y de pulpa de café fresca en la ración, sobre la ganancia en peso de ratas en crecimiento. Ensayo Biológico 1.
- Figura 3 Comparación entre las ganancias de peso de ratas en crecimiento alimentadas con pulpa de café fresca o ensilada, en relación al porcentaje de proteína y de pulpa en la ración.
- Figura 4 Efecto del porcentaje de proteína y de pulpa de café ensilada en la ración, sobre la ganancia en peso de ratas en crecimiento. Ensayo Biológico 2.
- Figura 5. Usos potenciales de la pulpa de café.
- Figura 6 Efecto de remojo y tratamiento alcalino sobre la disminución en el contenido de proteína en pulpa de café fresca.
- Figura 7 Efecto de remojo y tratamiento alcalino sobre la disminución en el contenido de taninos en pulpa de café fresca.

INTRODUCCION

Desde hace unos 30 años se ha intentado utilizar la pulpa de café en la alimentación animal, pero sin resultados plenamente halagadores. Son muchas las ventajas que presenta este material: entre ellas pueden citarse su abundancia en Centro y Sur América, y por lo tanto su bajo costo. Además presenta ciertas características nutricionales deseables tales como su contenido de proteínas, patrón de aminoácidos, contenido de fibra cruda y digestibilidad, propiedades que la hacen potencialmente aceptable en nutrición animal. Su uso intensivo ayudaría a evitar la contaminación ambiental y muchos problemas de salud pública y, más importante, evitaría hasta cierto grado la competencia que existe actualmente entre la industria de la alimentación animal y la alimentación humana por la adquisición de granos básicos.

A la par de todas estas ventajas la pulpa de café presenta, por otro lado, ciertas desventajas tales como su alto contenido de humedad que dificulta grandemente su manejo, transporte y procesamiento como alimento, siendo notoria, la presencia en su composición química de ciertas sustancias que se cree son tóxicas a los niveles que se encuentran en este material. Entre ellas, la cafeína, taninos y otros compuestos fenólicos, se han responsabilizado de causar un efecto adverso en la utilización de la pulpa por los animales, dando como resultado un bajo consumo de alimento y ganancia de peso a medida que se incrementa el porcentaje de pulpa en la ración.

Sabiendo que existen factores limitantes que restringen el uso de este subproducto, en los últimos años se han llevado a cabo varias investigaciones dirigidas todas a tratar de eliminar de la pulpa de café su alto contenido de humedad y los compuestos tóxicos responsables de las respuestas negativas por parte de los animales.

El presente trabajo tiene como propósito fundamental, contribuir a encontrar la solución a estos problemas, de manera que la pulpa de café pueda ser más eficientemente utilizada por los animales, lo cual ayudaría a llenar las necesidades de alimentos que tanto necesitan las grandes masas de población de América Latina.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. El Café.

El café es el cultivo más importante de América Tropical. La introducción original del café arábigo a América se hizo hacia 1717 con semillas provenientes de plantas que crecían en el jardín botánico de Amsterdam, pertenecientes al cultivar "Typica". (66)

1.1 El fruto del café.

El fruto de los cultivares comerciales del café es una drupa elipsoidal, ligeramente aplanada, con 3 ejes principales: uno longitudinal mucho más largo y 2 transversales de diferente dimensión. Esto último se debe a que la drupa contiene 2 semillas planoconvexas, separadas por el tabique interno del ovario. La anchura del fruto medida por el lado convexo de la semilla, es un poco mayor que el grosor, medido en la dirección del tabique que las separa. En el ápice del fruto maduro hay un disco que representa la inserción de la corola y el estilo. El fruto es verde al principio y cambia después a amarillo y por último a rojo uniforme (66).

1.2 El pericarpio o pulpa.

El pericarpio comprende 3 secciones de diferentes características; las 2 más externas, el epicarpo y mesocarpo, se llaman por lo común pulpa; la interna o endocarpo, es el pergamino. Al madurar se separa el pergamino y cubre las semillas. El epicarpo está constituido por una sola capa de células de paredes finas, en la cual hay numerosos estomas. El mesocarpo se compone de parenquima rico en azúcares, taninos y otras sustancias colorantes; hacia la parte externa las células son pequeñas e isodiamétricas, hacia el centro más grandes y con frecuencia aplanadas, y por último donde entra en contacto con el endocarpo, hay una o dos capas de células grandes, rectangulares, con el eje mayor en sentido radial. Estas últimas en la madurez se rellenan de mucílagos y se desintegran, separando así el mesocarpo del endocarpo, o sea, la pulpa del pergamino. El mesocarpo está atravesado por haces vasculares de diversos tamaños. (66).

El endocarpo o pergamino es una capa dura, formada por varios estratos de células de paredes gruesas (esclereidas). Estas fibras son muy alargadas y están colocadas en diversos sentidos. Son amarillentas y dan al pergamino la característica coriácea de que se deriva su nombre. (66)

2. Composición química de la pulpa de café.

La composición química de la pulpa de café presenta ciertas variaciones que pueden deberse a diferencias en su origen, incluyendo clima, altitud, suelo, prácticas de cultivo, variedad de café, procesamiento a que se somete y por último a los métodos analíticos utilizados.

2.1 Humedad.

El contenido de humedad de la pulpa fresca varía desde un 76.7% (23) hasta un 80 (23) u

84.6% (72).

2.2 Proteína.

Según Aguirre (1) el contenido de proteína de la pulpa de café en base seca es de 10% en promedio, aunque existen variaciones desde 9.2 hasta 11.3% (1,19). Su patrón de aminoácidos revela que posee niveles comparables o superiores a los que acusan las harinas de algodón y de soya, y mayores que los del maíz (23).

2.3 Fibra Cruda.

Bressani (20) y Bressani y col. (23) reportan un promedio de 21% de fibra cruda. Aguirre (1) da valores que oscilan desde 13.2 hasta 27.6%, mientras que Jaffé y Ortiz (60) mencionan valores de 18.1%, todo en base seca.

2.4 Carbohidratos.

La fracción carbohidratos es uno de los componentes de la pulpa que más varía. Bressani (20) y Bressani y col. (23) dan una cifra promedio de 44%, Jaffé y Ortiz (60) dan valores de 46% y Aguirre (1) menciona límites bastante amplios que van desde 57.8 hasta 66.1%, todo en base seca.

2.5 Grasa.

El extracto etéreo representa una fracción muy pequeña de la composición química proximal de la pulpa de café. Bressani y col. (23) y Jaffé y Ortiz (60) mencionan valores en base seca de 2.5 y 2.3%, respectivamente.

2.6 Minerales.

En cuanto al contenido de minerales, sobresale el alto contenido de potasio de la pulpa. Bressani y col. (23) informan un contenido de potasio de 1,765 mg.% en base seca. El mismo autor menciona una relación de calcio a fósforo de 4.78 a 1. Aguirre (1) además de mencionar que el alto contenido de potasio de la pulpa podría conducir a un desbalance de minerales, también dice que las cenizas de la pulpa contienen 11.1% de ácido salicílico. En resumen puede decirse que en base seca las cenizas llegan a un 8.3% (23).

2.7 Cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico.

Se cree que estos compuestos son los responsables de la toxicidad de la pulpa de café. Respecto a cafeína, Jaffé y Ortiz (60) encontraron 0.51%, mientras que Bressani (16) y Bressani y col. (23) informan valores de 1.3%, todo en base seca. Aguirre (1) encontró pulpa con 4.5% de taninos, mientras que Jaffé y Ortiz (60) reportan valores de 1.44% y Molina y col. (71) de 2.4%. Respecto a ácido clorogénico y ácido cafeico, el mismo autor (71) da valores de 2.71% y 0.30% mientras que Bressani (24) informa valores de 2.6 y 1.6% para ácido clorogénico y ácido cafeico total, respectivamente.

3. Posibles usos de la pulpa de café.

Muchas veces se ha mencionado el potencial que posee la pulpa de café para la elaboración de diferentes productos. También se ha intentado usar no solo la pulpa, sino el tejido mucilaginoso que posee, y el pergamino o cascabillo.

Calle (31, 32, 33, 34) indica que la pulpa de café puede usarse como materia prima para la producción de alcohol, para la obtención de materiales curtientes y de gas combustible por fermentación metánica. Freise (51) dice que puede prepararse vinagre. Cuevas (37) establece la posibilidad de usar el extracto de percolación de la pulpa de café tanto para crecimiento de microorganismos usándolo como un sustrato, como para la obtención de cafeína.

Bressani (20) dice que la composición química de la pulpa de café sugiere que de esta materia prima se pueden preparar varios productos para usos industriales o nutricionales. Se ha considerado que sería de mucho interés práctico poder aislar la proteína de la pulpa de café para usos suplementarios a las proteínas de cereales. Por otro lado, la pulpa de café tostada acusa cantidades significativamente altas de niacina y de cafeína en comparación con la pulpa deshidratada. El aumento de niacina es aproximadamente de 35 mcg./g. La niacina producida por este proceso es biológicamente activa a juzgar por resultados biológicos usando pollos como animales experimentales. Se han desarrollado métodos sencillos que permiten extraer hasta el 99% de la cafeína de la pulpa (20).

Otros autores (94, 37, 20, 43) mencionan el uso de la pulpa de café como abono, o la posibilidad de obtener proteína microbiana de las aguas de beneficiado de café; también mencionan la posibilidad de obtener pectinas a partir del mucílago de la pulpa (80, 32) y de usar el pergamino en nutrición animal (77).

Los mayores esfuerzos investigativos en cuanto a la utilización de la pulpa de café, se han dirigido a su uso en nutrición animal, principalmente en rumiantes (4, 11, 14, 22, 30, 28, 29, 40, 45, 46, 47, 60, 61, 62, 63, 84, 85, 36).

Bressani (17) en la figura 5 resume de manera clara y precisa los usos potenciales de la pulpa de café.

4. Efectos fisiológicos de diferentes sustancias presentes en la pulpa de café.

Actualmente no se conocen a ciencia cierta las causas de los efectos adversos que produce la pulpa de café sobre el comportamiento de los animales. Varios autores sostienen que se debe a la presencia de ciertos factores tóxicos tales como cafeína, taninos, ácido clorogénico, ácido cafeico y al alto contenido de potasio y fibra cruda que posee la pulpa.

4.1 Efectos fisiológicos de la cafeína en diferentes especies.

Existen muchos estudios sobre este tema y se han efectuado trabajos en diferentes especies: desde roedores hasta humanos. Akinyanju y Yudkin (2) encontraron que la adición de café a

una dieta control, aumentaba significativamente el colesterol y los triglicéridos en los lípidos séricos de ratas, este efecto desapareció cuando se sustituyó café ordinario por café descafeinado. Se ha demostrado que las bases purínicas aumentan la epinefrina que induce la lipólisis en el tejido adiposo de las ratas (68). La lipólisis en las células está regulada en parte por los niveles intracelulares de adenosín monofosfato (AMP) cíclico; los niveles de AMP cíclico en las células grasas, se incrementan o decrecen por varias hormonas y agentes químicos (27). Existe un efecto sinérgico entre la cafeína y la epinefrina sobre los niveles de AMP cíclico en células grasas aisladas (27).

Zeller (104) encontró que el grado de movilización de los ácidos grasos libres (AGL) provenientes de las grasas depositadas, estaba directamente relacionado con el contenido de cafeína del café. En contraste el café libre de cafeína no tuvo ningún efecto en el metabolismo de las grasas. Bellet y col. (9) estudiando el efecto del café y la cafeína sobre los AGL en el suero, encontraron que el nivel de AGL se elevaba considerablemente después de una ingestión de café. De modo similar actuó la cafeína en forma de benzoato inyectada intramuscularmente. Los mismos autores (10) señalaron que se obtienen resultados similares cuando se utilizan perros como animales experimentales. Sellman (93) ha señalado que dosis de cafeína de 30 mg / kg de peso corporal causan un aumento en la irritabilidad del sistema nervioso central y en la facilidad de contracción muscular y diuresis, provocando esto la excreción de mayores cantidades de sodio, cloro, potasio y nitrógeno. Este último tuvo un aumento en la excreción de 6% a 37%. Dosis arriba de 40 mg/kg de peso producen efectos tóxicos que incluso pueden llegar a causar la muerte.

Cunningham (39) experimentando con cerdos, demostró que una dosis de 1.5 g de cafeína/kg de alimento, aumentó la retención de nitrógeno en un 7.9% aunque tiende a restringir el consumo de alimentos. Cuando la dosis se eleva a 3.0 g/kg de alimento, se restringe grandemente el consumo de alimentos, además produjo áreas necróticas en la piel; hiperqueratosis y estos efectos fueron acompañados de una acción lipolítica de la cafeína que se manifestó por un aumento de los AGL en el plasma y una disminución de la grasa disponible en el carcás. Jarquín y col. (61) y Rosales (86) usando pulpa de café en la alimentación de cerdos, indican que la respuesta de los cerdos en cuanto a crecimiento, muestra una relación inversa al porcentaje de pulpa empleada.

Hawkins y Davies (55) administraron pequeñas cantidades de cafeína (5 g) a vacas lecheras y después de 2 horas observaron un significativo aumento de AGL en el plasma sanguíneo, desde los niveles normales para rumiantes que oscilan alrededor de 200-300 Meq/l, hasta concentraciones de 450-650 Meq/l.

Estrada (44) informó que al adicionar 0.12% de cafeína a la ración suministrada a terneros Holstein, no produjo ningún efecto tóxico. En cambio un nivel de 0.24% de cafeína en la ración, produjo en los animales rendimientos bastante bajos respecto a la ración control. Jarquín y col. (62) experimentando con terneros Holstein encontraron que las ganancias ponderales registradas, así como los índices de utilización del alimento acusaron una relación inversa con el contenido de pulpa de café en la dieta. No encontraron diferencias significativas en cuanto a las determinaciones séricas llevadas a cabo: proteína total, albúmina, nitrógeno de urea, glucosa, fosfolípidos, creatinina y colesterol. Vargas (100) señala que la inclusión de pulpa de café

en las raciones produce un aumento significativo de la concentración de cafeína, taninos, potasio y lignina en las mismas, los cuales al actuar asociados entre sí o con otras sustancias no determinadas aún que se encuentran presentes en la pulpa de café, probablemente producen la disminución en el consumo de los alimentos, crecimiento de los animales y retención de nitrógeno. Otros autores (28, 44, 81, 86) han arribado a idénticas o similares conclusiones.

Braham y col. (14) trabajando con terneros Holstein encontraron que, además de que los animales alimentados con pulpa de café no alcanzaban las mismas ganancias ponderales que los animales que recibieron la ración testigo, también incrementaron su contenido de AGL en el plasma, atribuyéndosele este efecto a la cafeína. Los mismos investigadores sugieren que la causa de la depresión del apetito y el menor consumo de alimento por los animales alimentados con pulpa de café, puede ser el alto nivel de AGL en el suero sanguíneo.

Bressani y col. (22) estudiando el efecto de la pulpa sobre ratas y pollos indica que conforme el nivel de pulpa ascendía en la ración, el aumento ponderal promedio de los animales disminuía, observaron asimismo un menor consumo de alimento. Las dietas con 30% o más de pulpa causaron una alta mortalidad en menos de 3 días, presentando los animales síntomas variados pero siempre hemorragia.

La cafeína tiene un efecto más pronunciado en el caso de monogástricos que en rumiantes, lo cual probablemente es debido a diferencias en el sistema digestivo (45).

Molina y col. (72) encontraron una alta correlación entre mortalidad y ácido clorogénico y ácido cafeico total (0.94 y 0.97, respectivamente).

4.2 Efecto fisiológico de taninos en diferentes especies

En todos los estudios emprendidos para conocer el efecto fisiológico de los taninos, se concluye que su efecto está íntimamente ligado a una disminución en el consumo de alimentos, en la digestibilidad y síntesis de proteínas y en la retención de nitrógeno.

Badaway y col. (6) estudiando el efecto del ácido tánico (AT) en la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos por el hígado de ratas, encontraron que después de una hora de administrado, el AT ya se encuentra en el hígado, después de tres horas, la fracción nuclear contiene cantidades apreciables de AT; la síntesis de ácido rubonucleico (ARN) fue inhibida 2 horas después de la administración de AT; la incorporación de triptofano decrece hasta un 94% y la de leucina en un 50%. Los autores resumen así la secuencia de eventos: concentración de AT en el núcleo, inhibición de la síntesis de ARN, inhibición de síntesis de proteínas y producción de necrosis. Según Van Buren y Robinson (98) el ácido tánico y la proteína forman un complejo que puede ser soluble o insoluble, este último se ve favorecido por un pH cercano al punto isoeléctrico de la proteína y por un exceso de ácido tánico. Se sabe también que los taninos actúan como inhibidores de ciertos sistemas enzimáticos (96) y que la actividad anti-tiamínica del té parece estar relacionada con el contenido de taninos (58) Kawamura y col. (64) informan que la aplicación de ácido tánico sobre la superficie lingual en ratas, decrece la respuesta de la rata a diferentes sabores. Este efecto es disminuido por la aplicación adicional de una solución de metionina

Glick y Joslyn (53, 54) concluyen que el efecto del ácido tánico en ratas se resume en una baja en la ingesta de alimentos y por ende del crecimiento y una mayor excreción de nitrógeno fecal. Usando conejos como animales experimentales, Bolter y col. (13) encontraron que además de alteraciones morfológicas en el tejido hepático, el ácido tánico también producía proteinuria y alteraciones en los epitelios tubulares en los riñones.

Vohra y col. (101) señalan que cantidades tan bajas como 0.5% de ácido tánico en la dieta, causan una depresión en el crecimiento de pollos; dosis tan altas como 5.0% pueden causar la muerte; no observaron cambios en los lípidos del hígado debido al consumo de ácido tánico, pero sí se redujo la energía metabolizable de la dieta y la absorción de nitrógeno por los pollos. Chang y Fuller (35) han informado que el contenido de taninos en los sorgos, produce un retardo en el crecimiento de pollos. Tratando de conocer más acerca de la detoxificación de dietas que contienen taninos, Fuller y col. (52) encontraron que al añadir metionina, colina, betaína, arginina y ornitina, individualmente o en varias combinaciones, disminuían un poco el efecto negativo de los taninos; cuando la dieta contenía solo 0.5% de taninos, la adición de metionina, colina (o betaína) y arginina (u ornitina) hacía desaparecer por completo el efecto depresivo del ácido tánico. Yapar y Claudinin (101) obtuvieron resultados similares a los de Vohra y col. (101). Molina y col. (72) encontraron una alta correlación entre mortalidad y taninos ($r = 0.92$).

Tagari y col. (95) demostraron *in vitro* que los taninos inhiben la actividad proteolítica y la síntesis de proteína por los microorganismos del rumen. Driedger y col. (41) trabajando con terneros, descubrieron que al alimentar a éstos con raciones a base de harina de soya en forma natural o adicionándole previamente una solución de taninos, éstos mejoraban la absorción y retención de nitrógeno. Según los autores este efecto se debe a la formación de un complejo tanino-proteína, que disminuye la degradación en el rumen de proteínas muy solubles, tales como la harina de soya, y aumenta su digestión en el resto del aparato digestivo, que es un proceso más eficiente que la fermentación ruminal.

Estrada (44) encontró que al suministrar a terneros, raciones con niveles de 0.0, 0.75 y 1.5% de ácido tánico, tales cantidades no produjeron efectos negativos significativos en el comportamiento de los animales.

4.3 Posibles efectos negativos del potasio

No se sabe con plena seguridad si el alto contenido de potasio de la pulpa de café pueda contribuir a interferir en el metabolismo normal de los animales, Bressani (23) encontró en la pulpa de café un contenido de potasio de 1,765 mg %.

Existen ciertas relaciones metabólicas de los minerales que hacen necesario un determinado equilibrio entre los elementos inorgánicos del organismo (57). El sodio y el potasio, se encontró que pueden ser tóxicos si se consume uno en exceso de otro, y esta toxicidad podría ser superada por un equilibrio del otro elemento. Bajo ciertas condiciones una pequeña y ligera acción puede ser observada entre los dos elementos (26).

Según Aguirre (1) el alto contenido de potasio de la pulpa podría llevar a un desbalance de

minerales en animales que ingieren pulpa, también menciona que las cenizas de la pulpa poseen un alto contenido de ácido salicílico. Bressani señala el alto contenido de potasio de la pulpa de café e indica que podría ocasionar problemas en el uso de este material en nutrición animal, por interferir con la utilización del sodio. Advierte sin embargo que hasta la fecha no existe información alguna al respecto (23). Rubio y Pineda (87) indican que el análisis de minerales de la pulpa de café mostró que posee un alto contenido de potasio, superior al de la melaza de remolacha que es el material con mayor contenido de este mineral utilizado en alimentación animal.

Maynard (69) informa que los requerimientos de potasio se encuentran en un rango de 0.2% a 0.3% de la ración, y que las raciones comunes de los animales de granja llenan plenamente estos requerimientos. Dice además que el potasio y el sodio son rápidamente absorbidos y que el exceso sobre las necesidades del cuerpo es rápidamente excretado. Respecto a este dilema, Cunha (38) dice que todavía existe cierta falta de claridad en lo que respecta a la vieja teoría de que un exceso de potasio provoca una mayor excreción de sodio, lo que a su vez incrementa la necesidad de sal. La opinión actual sostiene que una ingestión alta de potasio puede dar como resultado un incremento en la excreción de sodio en el organismo, pero tiene lugar rápidamente algún reajuste por el cual cesa esta pérdida (38).

En referencia a lo anterior, Rosales (86) informó que al alimentar cerdos Yorkshire con pulpa de café, constató una disminución en la excreción de sodio en la orina, mientras que la excreción de potasio aumentó en proporción directa al consumo de pulpa deshidratada. Por otro lado, Vargas (100) al determinar sodio y potasio en la orina en rumiantes, observó un aumento en la excreción de sodio hasta de 1.500% al pasar la concentración de pulpa en la ración de 0 a 60%, lo que pudo haber causado efectos fisiológicos adversos.

Evidencias de una relación antagónica entre sodio y potasio en pollos, encontraron Burns y col. (26), caracterizada por un retardo en el crecimiento y por mortalidad, cuando un elemento fue suplido en considerable exceso del otro. Burns menciona que el antagonismo entre sodio y potasio también se ha encontrado en discos de tejidos, de homogenizados y en bacterias.

Osegueda y col. (81) experimentando con novillos media sangre Brahman, encontraron que el lote con mayor porcentaje de pulpa de café en la ración, consumió $2\frac{1}{2}$ veces más sal mineralizada que el lote testigo y casi 2 veces más las otras 2 fuentes de minerales usadas en la ración. Observaron también que a medida que subía el porcentaje de pulpa, había mayor demanda, pudiéndose suponer que ciertos compuestos o elementos de dicho producto tienden a producir un desbalance en el metabolismo de los minerales, que bien pudiera ser causado por los altos niveles de potasio en la pulpa de café.

4.4 Efectos fisiológicos del desbalance Calcio : Fósforo.

Ya que la mayoría del calcio y fósforo del cuerpo están íntimamente relacionados con la formación del hueso, y la relación Ca : P en este es de 2 : 1, es lógico asumir que esta relación en la dieta es la ideal para un crecimiento normal del animal y formación de los huesos (97). De una serie de investigaciones sobre el metabolismo del calcio y fósforo, se llegó a

concluir que las proporciones entre calcio y fósforo en la dieta, deberían ser desde 1 : 1 hasta 2 : 1 (3).

Para que una dieta sea adecuada en su contenido de calcio y fósforo, no solo es necesario que existan los dos elementos, sino que exista una proporción adecuada entre ellos.

En el cerdo se ha comprobado el problema del exceso de calcio en algunas dietas, que trae graves consecuencias. Por ejemplo, Boshted (1955) demostró que en engorde de cerdos, cuando el calcio de las raciones bajo prueba aumentaba de 0.32% a 0.88% y el fósforo se mantenía fijo en 0.30%, la eficiencia de utilización de los alimentos disminuía, así como los aumentos diarios. Es decir, una proporción más elevada de calcio que de fósforo tiende a producir efectos deprimentes sobre el crecimiento del cerdo (3). Por otra parte, descubrimientos recientes prueban sin lugar a dudas que el cinc está involucrado en este fenómeno del efecto deprimente del exceso de calcio. Se ha demostrado (Stevenson y Earle, 1956) que la enfermedad del cerdo llamada "paraqueratosis" o endurecimiento de la piel, es causada por raciones altas en calcio (más de 0.50% de calcio en la ración) pero que la adición de cinc permite la tolerancia completa de raciones hasta con 1.03% de calcio (3).

En la pulpa de café, la relación Ca : P es de 4.78 : 1 (23).

5. Contenido de Fibra Cruda y paredes celulares en la pulpa de café.

Las partes leñosas de las plantas tales como cáscaras, corteza y las porciones fibrosas de raíces, tallos y hojas, contienen un complejo indigerible llamado lignina. Su reconocimiento como una unidad separada es importante porque posee una influencia dominante en el grado de digestibilidad de muchos alimentos (69).

Bressani (23) informa que en la composición química proximal de la pulpa de café en base seca, en comparación con otros materiales, resalta su contenido relativamente alto de fibra cruda (21%). El mismo autor menciona que, al parecer, la mayor desventaja respecto al uso de la pulpa sería el alto nivel de fibra cruda, limitación que se aplica únicamente a monogástricos.

Aguirre (1) indica que los valores de fibra cruda de la pulpa pueden variar desde 13.2% hasta 27.6% en base seca, mientras que Jaffé (60) da un valor de 18.1% en base seca.

Jarquín y col. (62) señalan el contenido de fibra cruda de la pulpa como 21%, además mencionan que parece ser que la digestibilidad de la fibra cruda disminuyó en función del aumento del nivel de pulpa en la ración desde 37.9% a 34.4%, al aumentar el contenido de pulpa de 10% a 30%. El mismo investigador (61) sugiere la existencia de una gran variación en el contenido de fibra cruda en la pulpa, lo cual afecta el contenido de la misma en las raciones.

Bressani (16) indica que la pulpa de café analiza 48% de contenido celular, 49% de paredes celulares y cantidades relativamente altas de celulosa, hemicelulosa y lignina según la metodología de Van Soest. Asimismo, contiene según este método alrededor de 5% de proteína.

na lignificada. Rubio y Pineda, mencionados por Daqui (40), informan que la pulpa contiene 48% de contenidos celulares y 52% de paredes celulares, en las que se encuentran altas cantidades de celulosa.

Ruiz y Valente (88) encontraron que los promedios generales (% en base seca) de los componentes químico-estructurales de la pulpa fueron: pared celular 64.9%, contenido celular 35.1%, celulosa y hemicelulosa 31%, lignina 23%, ceniza de la pared celular 3%, proteína de la pared celular 7% y proteína del contenido celular 4%.

Murillo y col. (76) efectuaron un estudio comparativo entre el análisis proximal y el de fraccionamiento de paredes celulares propuesto por Van Soest para forrajes, con objeto de conocer la composición química de la pulpa. La fibra cruda del análisis proximal representa el 46.25% de las paredes celulares de la pulpa, indicando que las paredes de este material tienen una característica propia y que buena parte de la celulosa, hemicelulosa y lignina se solubiliza por la hidrólisis ácida y alcalina a la que son sometidas las muestras durante la determinación de fibra cruda. El análisis proximal revela también que la pulpa contiene de 10% a 14% de proteína cruda sin diferenciar la proteína lignificada no utilizable por el animal, que oscila de 3% a 6% dependiendo del tratamiento a que ha sido sometida. Por otro lado, Rubio y Pineda (87) encontraron que el análisis de las paredes celulares por medio de los métodos detergentes de Van Soest mostró que el contenido de lignina con base en la materia seca es alto en todas las muestras estudiadas, asimismo, el contenido de celulosa. En pulpa inoculada con levaduras, el contenido de lignina baja apreciablemente, pero permanece alto para ser tenido en cuenta como material nutritivo. Concluyeron que la pulpa de café en las distintas formas estudiadas, no presenta utilidad nutritiva para los animales por su alto contenido de fibra, de lignina y de potasio. La lignina debe ser considerada como un factor adverso que interfiere con la utilización de la celulosa y de otros nutrientes, bajando el nivel nutritivo de la pulpa.

6. Resultados de Balance de Nitrógeno en Raciones con Pulpa de Café.

El principio en que se basan los estudios de balance de nitrógeno en nutrición no difiere del principio de balance que rige en otras ciencias, ya que mide las ganancias netas o pérdidas que ocurren en la utilización de las sustancias requeridas por el organismo. El balance de nitrógeno puede definirse como la cantidad de nitrógeno ingerido que es retenido en el cuerpo (18).

6.1 Balance de nitrógeno en monogástricos

Rosales (82) informa que los cerdos en balance de nitrógeno, ingerían y retenían menos nitrógeno a medida que aumentaba el porcentaje de pulpa en la ración. Los mismos resultados presenta Jarquín (61).

Cuevas (37) al determinar el valor nutritivo de la pulpa de café sometida a distintos tratamientos (deshidratación y percolación) sobre los factores tóxicos que contiene la pulpa, y al trabajar en cerdos con 3 raciones experimentales: una ración control, otra a ba

se de pulpa de café deshidratada a 100°C y otra a base de pulpa percolada, sustituyendo en estos 2 últimos casos la pulpa al maíz en un 48%, concluyó que las raciones que contenían pulpa de café fueron inferiores a la ración control en lo que respecta a digestibilidad de materia seca y porcentaje de absorción de nitrógeno, el cual está relacionado con la digestibilidad de nitrógeno. Sin embargo el aprovechamiento de ese nitrógeno, que es medido por la retención de nitrógeno y por el balance de nitrógeno, fue similar en las 3 raciones, es decir que las raciones con pulpa de café fueron tan eficientes como la ración control para proporcionar a los animales la proteína y aminoácidos que llenaron sus requerimientos. Esto indica que la pulpa de café parece ser un buen sustituto del maíz en la alimentación de cerdos en crecimiento, por lo menos en períodos como el que abarcó el presente experimento, que fue de 29 días.

6.2 Balance de Nitrógeno en Rumiantes.

Los mismos resultados obtenidos en monogástricos ha informado Cabezas (30) para rumiantes, además, indica que los resultados revelaron un descenso significativo en el porcentaje de nitrógeno retenido por el animal y un aumento considerable de la orina excretada. Observó también que la pulpa tendría a producir una disminución en el consumo de alimentos y en el porcentaje de nitrógeno absorbido.

7. El ensilado de la pulpa de café.

La pulpa de café se somete a los mismos procesos que se requieren al ensilar cualquier otro material. (75). Hasta el momento solo se tiene experiencia en ensilar pulpa de café en silos de trincheras, por ser éstos los más prácticos y económicos que se conocen en nuestro medio.

Bressani (21) dice que el ensilaje podría ser una solución práctica adecuada al problema del alto contenido de agua y al de la producción estacional de la pulpa. El ensilado, después de pocos meses de fermentación, presenta muy buenas características de olor y color, sobre todo cuando se le agrega melaza. Sin embargo, pocas horas después de ser expuesto al aire, aparentemente se oxida y toma un color oscuro, que disminuye su palatabilidad a tal extremo que el animal lo rechaza al poco tiempo. Se considera que los factores que causan el proceso de oxidación son los polifenoles que contiene la pulpa (21).

La pulpa de por sí tiene un tamaño apropiado para ensilarse sin ser sometida a otro tratamiento, tal como el picado (75).

Lo más importante en el ensilaje de la pulpa de café, es que este proceso mejora el valor nutritivo y disminuye hasta cierto punto la toxicidad de la misma.

Según Daqui (40), desde el punto de vista práctico el ensilaje presenta buenas perspectivas para ser aplicadas en el campo debido a que es más fácil de realizar que la deshidratación al sol. Por otra parte, los datos obtenidos en su trabajo muestran que el valor nutritivo de la pulpa ensilada es mayor que el de la deshidratada al ser suplementada en tal forma que la ración total contenga alrededor de 14% de proteína. Jaffé y Ortiz (60) opinan que no hay razón alguna para no utilizar la pulpa de café fermentada como alimento para el ganado, ya que su toxicidad desaparece

ce al someterla al proceso de fermentación. Bressani (22) opina que la exposición al sol, así como la fermentación (aeróbica o anaeróbica) de la pulpa antes de ser deshidratada, destruye parcialmente los factores responsables de los efectos adversos observados, permitiendo a los animales una ganancia de peso satisfactoria. De acuerdo con Jaffé y Ortiz (60), la fermentación aeróbica también disminuye la concentración de taninos de la pulpa de café.

Choussy (36) revela que el ensilaje en condiciones anaeróbicas por un período de 10 meses produjo una disminución de fibra cruda desde 27.83% a 13.16% y un aumento del extracto libre de nitrógeno desde 57.6% a 66.13%.

Murillo (74) informó que los niveles de taninos y cafeína tienden a disminuir como consecuencia del ensilado. Además encontró que en los líquidos de drenado se pierde parte de la cafeína, taninos y azúcares solubles presentes en la pulpa de café. Sus resultados sugieren que el proceso de ensilado, podría dar como resultado un producto de mejor calidad nutricional que la pulpa original.

Es de advertir que Braham y Col. (14) usando pulpa de café ensilada y deshidratada, encontraron que el peso final y las ganancias promedio disminuyeron significativamente en todos los grupos de animales en cuyas raciones se incorporó pulpa de café, no encontrando diferencia significativa entre los animales que comieron pulpa deshidratada sin ensilar y los que consumieron pulpa ensilada y deshidratada.

8. Efecto de la concentración de proteína y niveles de pulpa de café en la ración.

Se sabe desde hace mucho tiempo que todos los animales deben recibir cierta cantidad de proteína en su ración. Más recientemente se ha demostrado que la calidad de la proteína es tan importante como su cantidad (73).

La pulpa de café fresca posee 2.1% de proteína y deshidratada posee 11.2% (25). La pulpa de café tiende a producir una disminución en el consumo de alimento y en el porcentaje de nitrógeno absorbido. Estos hallazgos sugieren que la pulpa, a través de la cafeína y los taninos que contiene, aumenta los requerimientos de proteína de los animales haciendo necesario mayores ingestas de este nutriente para compensar tal efecto (29).

Bressani y col. (22) indican que es de interés señalar que el nivel de proteína en la dieta puede ser un factor de protección contra los efectos nocivos de la pulpa de café, dado que en un estudio que realizaron con pulpa en la dieta de ratas y pollos, aparentemente el uso de dietas que contenían niveles menores de harina de soya (20%), indujo más mortalidad que cuando su contenido de soya era de 35%, nivel éste que aporta más proteína. Vargas (100), menciona que las mayores pérdidas de nitrógeno por la orina en animales alimentados con pulpa de café, causa que estos animales tengan requerimientos mayores de proteína y energía digerible. Flores (46,47) opina que el efecto negativo de la pulpa de café sobre el consumo de alimento y la ganancia diaria de peso, se puede reducir al aumentar el consumo de proteína. Encontró además que la ganancia de peso aumentó con incrementos en el consumo de proteína hasta un nivel de proteína de 319 g/100 kg de peso vivo, des-

pués del cual la ganancia, tendió a alcanzar un valor asintótico, y que la conversión de alimentos mejoró al incrementar el nivel de proteínas hasta una concentración de 15%.

Jarquín y col. (61) llevaron a cabo un experimento con cerdos y creen que el descenso en los aumentos ponderales en la tercera etapa de dicho experimento, podría explicarse tomando en cuenta que aunque el nivel de proteína en la dieta era adecuado según el NCR, fue muy bajo para los niveles de pulpa empleados. Daqui (40) informa que la digestibilidad de los nutrientes de la pulpa de café, aumentó con la suplementación proteínica.

Schaffert y col. (89) encontraron que al alimentar ratas con sorgo de alto contenido en taninos, se obtenía una ganancia pobre de peso y una baja eficiencia de conversión respecto a las alimentadas con sorgo de bajo contenido de taninos. Todos estos efectos se redujeron grandemente cuando se suplementó con harina de soya y se elevó el nivel proteico al sorgo con alto contenido de taninos, indicando que el efecto de taninos no es tóxico, pero sí afecta la conversión de proteínas en la ración. Koernegay (65) demostró que la toxicidad del gosipol en cerdos, estuvo influenciada por la fuente y el nivel de proteína y los niveles de gosipol libre en la ración.

Varios investigadores han usado diferentes niveles de proteína con diferentes porcentajes de pulpa de café en la ración, pero siempre han llegado a la conclusión de que ninguno de los tratamientos en que se incluye pulpa de café ha llegado a ser igual o superior al tratamiento testigo (14, 61, 63, 81).

Respecto a los niveles de pulpa de café en la ración, se sabe que los cerdos toleran bien y crecen adecuadamente con raciones que contengan pulpa de café deshidratada, siempre que ésta se incluya a niveles que no sobrepasen 16% (61, 63) ó 16.4% (86). Berducido y col. (11) concluyeron que el cerdo criollo puede ser alimentado con raciones a base de maíz-soya en las cuales se pueden usar niveles hasta de 18% de pulpa de café. Este nivel tiene importantes implicaciones económicas. Osegueda y col. (81) de acuerdo a los resultados obtenidos en un experimento que llevaron a cabo, indican que niveles de 10 a 20% de pulpa, dan buenos resultados en novillos media sangre Brahman de 18 a 24 meses de edad. Otros investigadores opinan que la pulpa de café puede ser empleada hasta niveles de 20% de la ración en bovinos, sin producir efectos negativos aparentes en el rendimiento del animal (62, 84, 28). Mientras que Alfaro y col. (4) trabajando con vacas lecheras en producción, concluyen que se puede lograr la sustitución del sorgo por la pulpa de café deshidratada en mezclas balanceadas hasta en un 40%, sin obtener trastornos en la producción de leche.

9. Efecto de diferentes tratamientos sobre la toxicidad y el valor nutritivo de la pulpa de café.

Es probable que las sustancias químicas presentes en la pulpa de café que causan un decrecimiento en el consumo de alimento, ganancia de peso, retención de nitrógeno y que causan otros trastornos fisiológicos en los animales, sean los polifenoles y taninos, además de su alto contenido de potasio y fibra cruda. Se ha intentado por diferentes métodos disminuir o eliminar los efectos negativos que causan todas esas sustancias.

9.1 Tratamientos con cal.

Fonseca y Aguilar (49) al agregar carbonato de calcio a la pulpa de café sometida luego a calor, (55°C durante 12 horas y 100°C durante 4 horas), encontraron que con el agregado de carbonato de calcio se puede acortar el secamiento de la pulpa, pero que una vez seca ésta, se debe separar el carbonato de calcio para evitar un contenido excesivo de cenizas y la reducción en los valores de proteína y energía. También observaron un desbalance entre calcio y fósforo con el agregado de carbonato de calcio. Bohkenfor y Fonseca (12) ensilaron 3 tipos de pulpa de café en microsilos, a las que se añadió 2 mezclas de aditivos: a) 2% de urea + 3% de carbonato de calcio y b) 2% de urea + 2% de carbonato de calcio + 1% de fosfato de calcio; indican que el uso de los aditivos no mejoró la calidad del ensilado en la forma en que fueron adicionados.

Murillo y col. (77) realizaron varios experimentos para determinar el efecto de diferentes tratamientos alcalinos sobre la composición química del pergamino de café. Los tratamientos consistían en la adición de 50 ml de una solución a 0, 2.5, 5.0 y 10% de NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ o NH_4OH a una temperatura de 20°C, durante 24 horas, y concluyeron que todos los tratamientos alcalinos inducen una hidrólisis parcial de las paredes celulares del pergamino, siendo el mejor de ellos el tratamiento a base de NaOH.

Se sabe que el hidróxido de calcio contribuye a disminuir el efecto tóxico del gopipol en cerdos (15).

9.2 Tratamientos con metabisulfito de sodio.

La adición de metabisulfito de sodio a la pulpa de café hasta niveles de 2%, reduce la coloración negra resultante de la deshidratación y oxidación de la pulpa, aumenta el contenido celular, reduce el contenido de paredes celulares, lignina, celulosa, hemicelulosa y proteína lignificada. Por el contrario, aumenta la cantidad de taninos en el sentido que no permite que reaccionen con proteína u otros componentes, se recomienda el uso de este material, el cual se puede usar durante la deshidratación por calor en sistemas mecánicos, al solo en la preparación de ensilaje de pulpa de café (16).

Murillo y col. (78) estudiando la adición de bisulfito de sodio sobre la composición química de la pulpa de café deshidratada, encontraron los siguientes efectos causados por el bisulfito:

- Disminuyó el contenido de fibra cruda y de nitrógeno e incrementó el de cenizas y extracto libre de nitrógeno.
- Produjo un alza en el contenido celular y una disminución en el de paredes celulares, celulosa, lignina y proteína lignificada.
- El contenido de taninos se incrementó en un 83% con respecto a los tratamientos que no incluyeron bisulfito de sodio.

10. Otros tratamientos para destoxificar y mejorar el valor nutritivo de la pulpa de café.

En los últimos años se han hecho varios intentos con el fin de aprovechar lo mejor posi-

ble el valor nutritivo de la pulpa de café. Aquí se mencionan unos cuantos a manera de ejemplos:

10.1 Descafeinización.

Molina y col. (72) evaluaron el proceso de descafeinización sobre la toxicidad y el valor nutritivo de la pulpa de café en ratas. La descafeinización se llevó a cabo por extracción con agua a 25°C y por percolación a 94°C. Este equipo de trabajo informa que la extracción de cafeína es eficiente tanto en pulpa fresca como pulpa deshidratada, también señalan que la percolación proporciona los niveles más bajos de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico y el porcentaje de proteína no es afectado por este tratamiento. Además comprobaron que la ganancia de peso y la razón de conversión del alimento son mejorados por la descafeinización.

Se han llevado a cabo otros trabajos acerca de descafeinización, pero se han hecho sobre el grano de café directamente (6, 92, 102).

10.2 Almacenamiento.

Bressani (23) encontró que tanto el almacenamiento como la fermentación de la pulpa, reducen su nivel de cafeína hasta en un 50%, mientras que los procesos de cocción o tostación no afectan las concentraciones de cafeína. El mismo investigador (22) menciona que el almacenamiento de la pulpa deshidratada reduce la mortalidad en ratas y el nivel de cafeína en la pulpa.

Jaffé y Ortiz (60) llegaron a las mismas conclusiones respecto al almacenamiento de la pulpa.

10.3 Tostación.

Bressani y col. (25) determinaron los cambios que ocurren en la composición química del grano y la pulpa de café en muestras de ambos materiales sometidos al proceso de tostación durante diversos períodos. En el caso de la pulpa, el contenido de humedad disminuyó, pero la fibra cruda aumentó conforme se prolongaban los períodos de tostación. Mientras que en el grano de café el nitrógeno, cenizas y ácido nicotínico aumentaron al prolongarse el período de tostación, en la pulpa únicamente aumentó el contenido de niacina al prolongarse tales períodos. La actividad biológica de la niacina producida por la pulpa sujeta a tostación es igual a la de la niacina sintética.

10.4 Agronómicos.

Aunque en realidad no se han efectuado trabajos netamente agronómicos para mejorar el valor nutritivo de la pulpa, existe la posibilidad de introducir y adaptar variedades de café que no contengan o tengan muy poca cafeína.

Silvain (91) estudiando el contenido de cafeína en el café, recomienda hacer énfasis en el cultivo de especies que contengan una cantidad muy pequeña de esta sustancia, tales como la mayoría de especies de Madagascar. También sugiere estudios que incluyan selección de progenies de *Coffea arabica* con un bajo contenido de cafeína, estudios genéticos, agronómicos y organolépticos de *C. mauritania*, *C. macrocarpa* y *C. campaniensis*, hibridación de progenies de bajo contenido de cafeína con tipos de alta producción y buena calidad y, por último efecto de factores ambientales-

sobre el contenido de cafeína.

Bertrand, citado por Winton (102) encontró que en ciertas especies de *Coffea*, la cafeína está ausente en 4 especies que crecen en Madagascar (*C. humboldtiana*, *C. gallienii*, *C. bonnierii* y *C. mogenetii*), no encontró cafeína y en las semillas de *C. mauritania* encontró solamente 0.07% de cafeína. Hartwich (102) confirmó estas conclusiones y las extendió incluyendo al *C. bengalensis*.

11. Efecto de secado y diferentes temperaturas sobre el valor nutritivo de la pulpa.

Tanto para facilidad de manejo como para la eliminación de sustancias tóxicas, la pulpa de café se ha sometido a diferentes métodos de secado, obteniéndose también diferentes resultados.

La pulpa fresca posee 76.7% de humedad (23). Bressani (22) opina que la exposición al sol de la pulpa, destruye parcialmente los factores responsables de los efectos adversos observados en los animales. Según Cabezas (28), un período aproximado de 36 horas con buen sol, es suficiente para llevar el contenido de humedad de la pulpa hasta un 10 a 12%.

Murillo y col. (78) estudiaron 2 sistemas de deshidratación de la pulpa: por energía solar y por rodos. Los resultados del análisis proximal no mostraron diferencias significativas entre los 2 procedimientos de deshidratación. Según se comprobó, los sistemas de secado no afectaron el contenido celular ni la celulosa de la pulpa de café.

Elías y col. (42) tratando de conocer el efecto de diferentes métodos de deshidratación sobre la pulpa de café (secado al sol, secado con rodos, deshidratado en bandejas y liofilizado) llegaron a las siguientes conclusiones:

- Respecto a la composición química, los hallazgos revelaron que no había diferencias significativas en el contenido de cafeína, ácido cafeico y ácido tánico en las muestras de pulpa sometidas a los diferentes procesos de secado.
- En lo referente al balance metabólico, los datos obtenidos indicaron que a pesar de que no se encontraron diferencias significativas en el nitrógeno retenido al comparar el grupo control con los diferentes grupos alimentados con pulpa de café sometida a los diferentes procesos de deshidratación, sí se observó que la pulpa secada por bandejas acusaba un nivel más alto de retención de nitrógeno.

Molina y col. (71) señalan que la pulpa de café puede deshidratarse fácilmente, obteniéndose reducciones de 85% a 6% en su contenido de humedad durante el período de secado de grado constante. También señala que ello no induce cambios apreciables en la composición química de la pulpa.

Ruiz y Valente (88) estudiando el efecto de diferentes temperaturas de secado (40°, 60, 80-

y 100°C) sobre la composición química de la pulpa, encontraron que a medida que la temperatura aumentaba, el porcentaje de proteína insoluble aumentaba desde un 57.5% de la proteína total (a 40°C), hasta 78.2% del total (a 100°C). Fonseca y Aguilar (49) tomaron pulpa de café fresca y la sometieron a tratamiento de calor y vacío en una cámara con camisa exterior de vapor a 180°C por un período de 4 horas y 15 minutos. A partir de 2 horas de exposición, tomaron muestras cada 15 minutos para determinar humedad y grado de descenso de la misma, también efectuaron análisis proximal de cada muestra para saber si el tratamiento utilizado tenía algún efecto sobre la composición química de la pulpa. Ellos concluyeron que dicho tratamiento no fue efectivo en el proceso de secamiento de la pulpa, ya que al cabo de 4 horas y $\frac{1}{2}$ de exposición, la humedad fue de 66.25%. Las fracciones de proteína y fibra cruda no fueron afectadas, en cambio el extracto etéreo sufrió una disminución aparente a partir de las 4 horas de tratamiento. Otro grupo de investigadores (50) intentó secar la pulpa por medios mecánicos y enzimas a una temperatura de 50°C. Al cabo de 24 horas observaron que no había diferencias en el secamiento de las muestras entre 1 y 24 horas; la humedad de estas últimas había bajado apenas hasta 60%. Concluyeron que tanto el tratamiento con prensas como el de enzimas aparentemente reduce el contenido de proteína de la pulpa; la prensa extrae cenizas y la prensa con enzimas reduce ligeramente el contenido de humedad.

III. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general tratar de obtener un método práctico y económico que permita la utilización de la pulpa de café en alimentación animal, de tal modo que no cause efectos negativos en los animales que la consumen.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- 1.- Hacer un estudio comparativo entre pulpa de café fresca y ensilada y observar los efectos que causan cada una de ellas en los animales que las consumen.
- 2.- Determinar los niveles óptimos de proteína y de pulpa de café -fresca y ensilada- en raciones para ratas.
- 3.- Determinar el efecto de la adición de hidróxido de calcio, por remojo o por contacto , en 2 períodos de tiempo determinados, sobre la composición química y el valor nutritivo de la pulpa de café fresca y ensilada.
- 4.- Determinar el efecto del proceso de maceración y de maceración más hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo de la pulpa de café fresca.

IV. PLAN DE ESTUDIOS

Para cumplir con los objetivos anteriormente citados, el presente trabajo de investigación se dividió en 4 etapas: 3 de ellas comprendieron estudios biológicos con ratas y la cuarta estudios químicos de caracterización. A continuación se presentan los objetivos individuales, materiales, métodos, resultados, discusión y resumen de cada una de las cuatro etapas.

A. Primera etapa

1. Objetivos

- 1.1 Realizar un estudio comparativo entre pulpa de café fresca y pulpa de café ensilada, y observar los efectos que cada una de ellas causan en los animales que las consumen.
- 1.2 Determinar los niveles óptimos de proteína y de pulpa de café -fresca y ensilada- en raciones para ratas.

2. Materiales y Métodos

Materiales;

- 2.1 Animales: Se usaron ratas jóvenes de 21 día de edad, de la raza Wistar, provenientes del bioterio del INCAP. Se distribuyeron 8 ratas para cada ración, 4 machos y 4 hembras, procurando una variabilidad mínima entre ellas. Todos los animales se alojaron en jaulas individuales de material galvanizado y pisos de malla, provistas de sus respectivos comederos y bebederos individuales.
- 2.2 Pulpa de café: Se usaron 2 tipos de pulpa, pulpa de café fresca de la cosecha 1975 - 76, y pulpa ensilada por 12 meses en un silo de trinchera ubicado en la finca experimental del INCAP.
- 2.3 Preparación de la pulpa de café: Antes de incorporarse a las raciones, tanto la pulpa fresca como la ensilada se expusieron al sol durante 36 horas (3 días aproximadamente) para su deshidratación, hasta alcanzar más o menos un 12% de humedad; esta operación se llevó a cabo en la finca experimental del INCAP. Luego de secados, los 2 tipos de pulpa se molieron en un molino de martillos a una malla de 60 mesh, con lo que quedaron listos para incorporarse a las raciones.
- 2.4 Elaboración de las raciones y diseño experimental. Se prepararon 32 raciones experimentales, 16 con pulpa fresca y 16 con pulpa ensilada. Las 16 raciones de cada tipo de pulpa se dividieron en 4 grupos que contenían 10, 15, 20 y 25% de proteína, es decir que eran 4 raciones por grupo con 0, 15, 30 y 45% de pulpa de café fresca o ensilada. El Cuadro 3 muestra el diseño experimental seguido para la distribución de los diferentes niveles de pulpa de café (fresca o ensilada) en cada grupo proteínico. Los Cuadros 1 y 2 muestran la composición individual en porcentaje de cada una de las raciones. Puede observarse que las raciones 1, 5, 9 y 13 no contienen pulpa de café. Cuando ésta formó parte de la ración sustituyó al granillo de trigo. Para ello el granillo de trigo con

un contenido proteínico de 14.7%, tuvo que diluirse con almidón a valores de 12% cuando fue reemplazado por pulpa fresca y a 10% cuando se usó pulpa ensilada. Cada una de las raciones pertenecientes a cada grupo proteínico se balanceó en su contenido de fibra cruda; para esto último se tomó como referencia la ración que poseía más fibra cruda, que siempre fue la que contenía 45% de pulpa de café -fresca o ensilada-, para ello se usó alphacel. Los demás ingredientes de las raciones en términos de porcentaje fueron: mezcla de minerales 4.0 (56), aceite de semilla de algodón 5.0, aceite de hígado de bacalao 1.0 y almidón en cantidad suficiente para ajustar a 100 gramos. Todas las raciones se suplementaron con una solución de vitaminas (67) de la cual se usaron 5ml por cada 100 gramos de ración.

3. Métodos

- 3.1 Químicos. Previo a la elaboración de las raciones se analizaron los componentes de éstas para determinar su composición química proximal (Cuadro 4), para lo cual se emplearon los métodos oficiales de la AOAC (5).
- 3.2 Biológicos. Cada ensayo biológico tuvo una duración de 6 semanas, con el fin de que las ratas se adaptasen al consumo de pulpa de café. Los parámetros usados para evaluar la comparación entre pulpa fresca y pulpa ensilada y el efecto del porcentaje de proteína sobre el porcentaje de pulpa de café -fresca o ensilada- en la ración, fueron los siguientes:

- Mortalidad de los animales.
- Consumo de alimento.
- Ganancia de peso.
- Índice de Eficiencia de Utilización del Alimento (I.E.A.).
- Digestibilidad Aparente (D.A.).

Para obtener los datos de mortalidad, consumo de alimento y ganancia de peso, se llevó un registro minucioso de las muertes que ocurrían y se midieron semanalmente las cantidades de alimento consumido y de ganancia de peso.

Para calcular el Índice de Eficiencia de Utilización del Alimento (I.E.A.), se usaron los datos de consumo de alimento y de incremento en peso, mediante la siguiente fórmula:

$$I.E.A. = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Incremento en peso}}$$

Los valores de digestibilidad aparente se obtuvieron conociendo el nitrógeno ingerido y el nitrógeno excretado por los animales, y aplicando la siguiente fórmula:

$$\% D.A. = \frac{N.i. - N.f.}{N.i.} \times 100$$

donde N.i.= nitrógeno ingerido y N.f.= nitrógeno fecal. La digestibilidad aparente se obtuvo durante la cuarta semana de experimentación; en esa semana se midió la cantidad de

alimento ingerido y se determinó la cantidad de nitrógeno de dicho alimento, conociéndose así el nitrógeno ingerido; también se recolectaron heces durante toda la semana, se pesaron, se secaron, se volvieron a pesar y se les determinó nitrógeno, obteniéndose de esa manera el nitrógeno fecal excretado.

- 3.3 Evaluación de los resultados obtenidos. Para evaluar los resultados obtenidos en los 2 ensayos biológicos -con pulpa fresca y con pulpa ensilada-, los datos recolectados se sometieron a un diseño estadístico de bloques al azar y luego se les aplicó un análisis de varianza.

4. Resultados

- 4.1 Mortalidad. El cuadro 5, muestra la secuencia de mortalidad observada semana a semana para cada una de las raciones, tanto para el ensayo con pulpa fresca como para el de pulpa ensilada.

En el ensayo con pulpa fresca hubo mayor mortalidad que en el de pulpa ensilada, principalmente a los niveles de 30 y 45% de pulpa (raciones 3 y 4, 7 y 8, 11 y 12) cuyos porcentajes de proteína fueron de 10, 15 y 20% respectivamente. En estos grupos la mortalidad mínima fue de 12.5% y la máxima de 100%. Con la pulpa ensilada la mortalidad fue menor, oscilando estos valores entre 12.5% y 50% con las raciones 2, 3 y 4, 8 y 12 a niveles de 10, 15 y 20% de proteína en la ración. Puede también observarse en el mismo Cuadro 5, que la mortalidad de las ratas alimentadas con pulpa fresca, disminuyó a 37.5% (raciones 15 y 16) cuando el nivel de proteína en la ración era de 25%, no observándose esta disminución de mortalidad en los animales alimentados con pulpa ensilada al mismo nivel de proteína en la ración. También llama la atención que el mayor número de muertes ocurrió durante las primeras 2 semanas; de la tercera a la quinta solo ocurrieron muertes esporádicas, mientras que en la última semana ya no se presentó mortalidad.

- 4.2 Consumo de alimento. Como regla general puede decirse que a medida que aumentó el porcentaje de proteína en las raciones, aumentó el consumo de alimento. Dentro de cada grupo proteínico, a medida que aumentó el porcentaje de pulpa de café -fresca o ensilada- en la ración, disminuyó el consumo de alimento, excepto cuando la pulpa se encontraba a un nivel de 15% en la ración. En ese caso, el consumo de alimento fue casi igual o mayor que en las raciones que no poseían pulpa de café. El Cuadro 6 y la Figura 1 muestran tanto en forma numérica como gráfica lo que sucede con el consumo de alimento. Puede observarse que los consumos de alimento son mayores en los animales que consumieron raciones con pulpa ensilada que con pulpa fresca.

El análisis estadístico del ensayo con pulpa fresca mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en los consumos de alimento, indicando que todas las raciones que contenían 15% de pulpa de café mostraban consumos mayores que las que poseían 30 o 45% de pulpa y a veces hasta de aquellas que no poseían pulpa, aunque en ese caso las diferencias no fueron significativas, excepto en la ración 2 en que sí hubo significancia.

En el ensayo con pulpa ensilada también hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en los consumos de alimento, mostrando siempre que en las raciones con 15% de pulpa el consumo era mayor y que no había diferencias significativas entre éstas y las raciones testigos.

4.3 Ganancia de peso. A medida que aumentó el porcentaje de proteína en las raciones, ocurrió un incremento de peso, pero dentro de cada grupo proteínico hubo una relación inversa entre la ganancia de peso y el porcentaje de pulpa -fresca o ensilada- en la ración - (Cuadro 7), obteniéndose la mayor ganancia de peso en aquellas raciones que sirvieron de control y que no contenían pulpa.

En el ensayo con pulpa fresca se observó que en la ración 3 (10% de proteína y 30% de pulpa) la ganancia de peso fue negativa. Lo mismo sucedió en el ensayo con pulpa ensilada, siendo la ración 4 (10% de proteína y 45% de pulpa) la que provocó una pérdida en peso (Figura 2). Al comparar las ganancias de peso del ensayo con pulpa fresca contra el de pulpa ensilada (Figura 3) se observa que la pulpa ensilada ocasionó mayores ganancias de peso en todos los casos, excepto en la ración con 20% de proteína y 15% de pulpa.

El análisis estadístico del ensayo con pulpa fresca, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en cuanto a ganancia de peso, mostrando que las raciones testigos obtuvieron mayores ganancias de peso, pero entre las raciones con pulpa de café las que obtuvieron mayores ganancias fueron las que contenían 15% de pulpa, no existiendo diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre ellas aunque tuvieran diferentes niveles de proteína, excepto la ración 2 (10% de proteína y 15% de pulpa) que sí difirió del resto.

El ensayo con pulpa ensilada también mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en el análisis estadístico, siguiendo la misma tendencia observada con pulpa fresca (Figura 4) comprobándose de nuevo que entre las raciones con pulpa, las que obtenían mayores ganancias eran las que contenían 15%, no existiendo diferencias estadísticas entre ellas, excepto en la ración 2 (10% de proteína y 15% de pulpa).

4.4 Índice de Eficiencia de Utilización Alimenticia. El I.E.A. siguió la misma tendencia que el incremento en peso, es decir que a medida que se elevó el porcentaje de proteína en las raciones, mejoró el I.E.A., y dentro de cada grupo proteínico, a medida que aumentó el porcentaje de pulpa de café, el I.E.A. disminuyó. Si comparamos los valores de I.E.A. del ensayo con pulpa fresca contra los de pulpa ensilada, observamos que todos los valores con pulpa fresca son más altos que los obtenidos con pulpa ensilada, excepto cuando la pulpa -fresca se encontraba a un nivel de 15% en la ración y a 15, 20 y 25% de proteína (Cuadro 8), lo que indica que los animales aprovechan mejor la pulpa ensilada. El análisis estadístico del I.E.A., tanto para el ensayo con pulpa fresca como en el de pulpa ensilada mostró que las raciones testigos y las que poseen solo 15% de pulpa, difieren significativamente ($P < 0.05$) del resto, mostrando un mejor I.E.A., excepto la ración 2 (tanto en el ensayo con pulpa fresca como en el de ensilada) que contiene 10% de proteína y 15% de pulpa pero muestra el peor I.E.A. entre las raciones con 15% de pulpa. Dentro de las raciones 6, 10 y 14 (15% de pulpa y 15, 20 y 25% de proteína respectivamente) no hubo diferencias significativas.

4.5 Digestibilidad Aparente. El cuadro 9, muestra los valores de digestibilidad aparente tanto del ensayo con pulpa fresca como con pulpa ensilada. Se observa que en todos los niveles proteínicos las raciones que no contenían pulpa de café, acusaron mayores valores de digestibilidad. También se observa la tendencia a menores valores de digestibilidad a medida que aumenta el porcentaje de pulpa en la ración, en cualquiera de los 4 niveles de proteína usados. Se observó un aumento en digestibilidad en raciones con alto contenido de pulpa (30 y 45%), cuando se aumentó el porcentaje de proteína en la ración. El ensayo con pulpa ensilada mostró mayores valores de digestibilidad aparente que el ensayo con pulpa fresca, aunque las diferencias fueron mínimas.

4.6 Conclusiones sugeridas por los resultados de los ensayos biológicos. Respecto a la elección entre el mejor porcentaje de proteína y de pulpa de café en la ración, se tomaron en cuenta los resultados anteriormente expuestos y se usaron los siguientes criterios (tanto para el ensayo con pulpa fresca como para el de pulpa ensilada): se descartaron las raciones que no contenían pulpa de café (raciones testigos), las que contenían solo 10% de proteína - porque a ese nivel proteínico el efecto protector es prácticamente nulo, y las que provocaron mortalidad, quedando solo las raciones con 15, 20 y 25% de proteína y 15% de pulpa de café. De éstas, se escogió la ración con 15% de proteína y 15% de pulpa de café por las siguientes razones:

- Estadísticamente no hubo diferencias en cuanto a alimento consumido, ganancia de peso e I.E.A., entre esta ración y las que contenían 20 y 25% de proteína.
- No provocó mortalidad, igual que las raciones con 20 y 25% de proteína.
- Los valores de digestibilidad aparente fueron muy similares comparados con las raciones con 20 y 25% de proteína.
- Es la ración más económica.
- Es la ración que puede usarse con más frecuencia, ya que es difícil encontrar requerimientos tan altos como 20 o 25% de proteína.
- Al nivel de 15% en la ración, la pulpa parece actuar como un estimulante del apetito, cuando la proteína se encuentra a niveles de 20 a 25%.

Tomando en cuenta las consideraciones expuestas anteriormente, la ración con 15% de proteína y 15% de pulpa de café -fresca o ensilada- fue la que se usó en la segunda etapa de este experimento.

5. Discusión

Los resultados de esta primera etapa nos indican 3 hechos importantes:

- Al usar pulpa de café fresca o ensilada en raciones para ratas, se obtienen respuestas di

ferentes por parte de los animales que las consumen, observándose un mejor comportamiento en los que consumen pulpa ensilada.

- b) A medida que aumenta el porcentaje de pulpa -fresca o ensilada- en la ración, hay una relación inversa entre dicho porcentaje y el comportamiento general de los animales.
- c) A medida que aumenta el porcentaje de proteína en la ración, disminuyen los efectos tóxicos de la pulpa -fresca o ensilada-, dando esto a entender que existe un efecto protector cuando se eleva el nivel de proteína.

El mejor comportamiento de los animales que consumen pulpa ensilada sobre los que consumen pulpa fresca se debe, posiblemente, a que la primera posee menor cantidad de los factores que se consideran responsables de causar efectos adversos en los animales que consumen pulpa de café, por ejemplo, cafeína, taninos y ácido clorogénico (Cuadro 23). Posee además, menor cantidad de fibra cruda, y todo esto mejora la digestibilidad y probablemente la palatabilidad de las raciones y aumenta a la vez el consumo de alimento y las ganancias en peso. El responsable de estos cambios favorables que ocurren en la pulpa de café es el proceso de ensilaje. Se sabe que tanto el almacenamiento como la fermentación de la pulpa reducen su nivel de cafeína hasta en un 50% (23).

El que exista una relación inversa entre el contenido de pulpa en la ración y el comportamiento general de los animales, (mortalidad, consumo de alimento, ganancia de peso) se debe a que a medida que aumenta el contenido de pulpa -fresca o ensilada- aumenta también la cantidad de compuestos tóxicos y de fibra cruda, provocando todo esto menor digestibilidad, mayor mortalidad, menor consumo de alimento, menores ganancias en peso y, por ende, mayores valores de I.E.A.

Los efectos negativos que causan los 2 tipos de pulpa usados disminuyen a medida que aumenta el nivel de proteína en la ración, es decir que a mayor porcentaje de proteína en la ración, los efectos tóxicos de la pulpa se ven atenuados pero no completamente anulados, observándose de todos modos que existe un efecto protector, aunque parcial, al aumentar los niveles de proteína en la ración. Puede decirse que este efecto de protección es válido mientras no se sobrepasen ciertos niveles de pulpa en la ración, que en el presente estudio parecen estar comprendidos entre 15 y 30%.

A medida que aumenta el porcentaje de pulpa, se produce una disminución en el consumo de alimento y en la cantidad de nitrógeno absorbido, además de que la cafeína, por el efecto diurético que provoca (100), causa mayores pérdidas de nitrógeno por la orina. Todo esto induce mayores requerimientos de proteína en los animales alimentados con pulpa de café, y al adicionar niveles cada vez mayores de ésta en la ración, se mejora el comportamiento general de los animales. Varios autores han encontrado mejoras en el comportamiento general de los animales que consumen pulpa de café, cuando se aumenta el contenido de proteína en la ración (22, 40, 62, 100); por otro parte, al aumentar la cantidad de proteína en la ración, parte de este nutriente probablemente reaccione con cafeína o taninos formando un complejo proteína-tanino o

proteína-cafeína y el animal tiene la oportunidad de aprovechar mejor la proteína sobrante. Otro papel importante que juega la adición de proteína en raciones con pulpa de café, es la poca digestibilidad de la proteína de la pulpa que es de un 30% para pulpa fresca y 40% para pulpa ensilada (100), por lo tanto todo aumento en proteína que no provenga de la pulpa, es rápidamente aprovechado por el organismo animal.

6. Resumen

La primera etapa de este trabajo consistió en determinar los efectos que la pulpa de café -fresca o ensilada y deshidratada causa en los animales que la consumen, y en encontrar el mejor nivel de proteína y de pulpa de café -fresca o ensilada- en raciones para ratas. Para tal efecto se prepararon 32 raciones experimentales, 16 con pulpa fresca y 16 con pulpa ensilada, se usaron 4 diferentes niveles proteínicos (10, 15, 20 y 25%) y 4 niveles de pulpa (0, 15, 30 y 45%) para cada nivel de proteína en la ración. Se usaron ratas como animales experimentales y se realizaron 2 ensayos biológicos (uno con pulpa fresca y otro con pulpa ensilada) con una duración de 6 semanas cada uno. Los parámetros observados para medir los efectos de los dos tipos de pulpa usados fueron los siguientes: tasa de mortalidad, consumo de alimento, ganancia de peso, índice de eficiencia de utilización del alimento y digestibilidad aparente de las raciones.

La pulpa ensilada tuvo un mayor valor nutritivo, menor toxicidad y mayor digestibilidad que la pulpa fresca, observándose un mejor comportamiento de los animales que consumieron pulpa ensilada sobre los que consumieron pulpa fresca.

El aumento en el nivel de proteína en la ración, ejerció un efecto protector parcial sobre los efectos negativos de la pulpa, mejorando el comportamiento general de los animales a medida que aumentaba el porcentaje de proteína en la ración.

Se escogió la ración con 15% de proteína y 15% de pulpa de café -fresca o ensilada- para continuar con la segunda etapa de trabajo por considerarla la más práctica y económica.

B. Segunda etapa

1. Objetivos

- 1.1 Determinar el efecto de la adición del hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo de la pulpa de café fresca y ensilada.

2. Materiales y métodos

Los animales, pulpa de café y componentes de las raciones, fueron idénticos a los usados en la primera etapa. Se usó además hidróxido de calcio para tratar los 2 tipos de pulpa.

- 2.1 Tratamiento de la pulpa de café con hidróxido de calcio y diseño experimental. Se -

usaron 2 métodos para la aplicación de cal a la pulpa de café, por remojo y por contacto; se utilizaron además 2 tiempos de aplicación -cero y 16 horas- y 3 concentraciones de cal: 1, 2 y 3%. Una aplicación con agua solamente (0% de cal) fue usada como control del método de remojo. El diseño experimental seguido para esta segunda etapa se encuentra en el Cuadro 10.

2.2 Preparación de la pulpa, fresca y ensilada, tratada por remojo con cal. Se prepararon 3 lechadas de hidróxido de cal a los porcentajes de 1, 2 y 3% respecto a la cantidad de agua usada para el tratamiento de remojo que conservaba una relación sólido:líquido de 1:2.5; se usaron 30 kilogramos de pulpa fresca o ensilada y 75 litros de agua. A esta mezcla se adicionó la cal en cantidades de 750, 1500 y 2250 gramos que correspondían a 1, 2 y 3% respectivamente. La mezcla se hizo por separado para los 2 tipos de pulpa usados. Una vez mezclados los materiales y agregada la cal, se dejaron en remojo en un recipiente metálico por el tiempo estipulado. Después de este período, la pulpa se drenó sobre un tamiz de malla gruesa y se expuso al sol para secarla, lo cual necesitó unas 36 horas para alcanzar cerca de un 12% de humedad. Luego de secados los 2 tipos de pulpa tratadas con cal se molieron en un molino de martillo a una malla de 60 mesh, con lo que quedaron listas para los análisis químicos e incorporarse a las raciones para realizar las pruebas biológicas. Para el tratamiento con 0% de cal se utilizó solamente el agua correspondiente a la relación sólido:líquido indicada anteriormente.

Para los tratamientos de las pulpas a cero hora, se prepararon las lechadas de cal de la manera indicada anteriormente y se sumergieron en ellas, por separado, los 2 tipos de pulpa usados dando tiempo a remojarlas completamente para luego sacarlas inmediatamente, drenarlas y proceder a las operaciones de secado y molienda. Para el tratamiento con 0% de cal, la pulpa se remojó únicamente con agua.

2.3 Preparación de la pulpa fresca y ensilada, tratada por contacto con cal. Antes de adicionar el hidróxido de calcio a los 2 tipos de pulpa usadas, se determinó la cantidad de calcio de la pulpa fresca y la ensilada sin ningún tratamiento y las sometidas a los tratamientos alcalinos por remojo a cero y 16 horas (Cuadros 11 y 12). De acuerdo a las cantidades de calcio encontradas en las pulpas en cada porcentaje de cal usado, esas mismas cantidades se añadieron a los tratamientos por contacto, mezclando bien la pulpa con la cal y dejándolas en reposo por 16 horas. El tratamiento con 0% de cal consistió en el uso de la pulpa fresca o ensilada sin ningún tratamiento alcalino. Luego se procedió a las operaciones de secado y moliendas.

Para la preparación de la pulpa fresca y ensilada tratadas por contacto con cal durante cero horas, se procedió de igual manera que en el paso anterior, agregando la cantidad de cal correspondiente a la pulpa tratada por remojo a cero horas, mezclando la pulpa con la cal, exponiéndola inmediatamente al sol para secarla y luego molerla. El tratamiento con 0% de cal fue solamente pulpa sin ningún tratamiento.

2.4 Elaboración de las raciones. En esta segunda etapa se prepararon 64 raciones experi-

mentales con pulpa de café tratada con cal, las cuales contenían 15% de proteína y se utilizaron en 2 ensayos biológicos. En el primer ensayo biológico se usaron 32 raciones con 15 y 30% de pulpa de café ensilada y en el segundo ensayo las 32 raciones restantes con 15 y 30% de pulpa de café fresca (Cuadro 13). El Cuadro 14 muestra la composición porcentual de cada ración con los 2 tipos de pulpa -fresca y ensilada- tratadas con cal. Los ensayos biológicos de esta segunda etapa, también tuvieron una duración de 6 semanas para tratar de adaptar a las ratas al consumo de pulpa de café.

2.5 Análisis químicos. En los 2 tipos de pulpa usados -fresca y ensilada- y sometidos a los diferentes tratamientos alcalinos, se llevaron a cabo los siguientes análisis químicos:

- a) Composición química proximal y contenido de calcio, usando los métodos oficiales de la AOAC. (5).
- b) Contenido de cafeína, según el método de Ishler y col. (59).
- c) Contenido de taninos, de acuerdo con el método de Schandler (90).
- d) Contenido de ácido cafeico y ácido clorogénico según las técnicas de Pomenta y Burns (83).
- e) Contenido de potasio y fósforo por fotometría de llama.
- f) Determinación del patrón de aminoácidos por medio de un autoanализador (Technicon) a partir de un hidrolizado ácido.

Los parámetros usados para evaluar los resultados de los experimentos y la evaluación de los mismos, son idénticos a los de la primera etapa.

3. Resultados

3.1. Mortalidad. El ensayo biológico número 3 en el cual se utilizó pulpa de café ensilada tratada con cal a 15 y 30% en la ración, no se registró mortalidad de los animales durante las 6 semanas de experimentación. Sin embargo cuando se usó pulpa fresca tratada con cal (ensayo biológico número 4) se observó una alta mortalidad, hasta de 100% en algunos grupos, principalmente en aquellos con 30% de pulpa y 3% de cal. Este índice de mortalidad fue mayor en los tratamientos por remojo que en los tratamientos por contacto, en los cuales se alcanzó hasta un 50% de mortalidad para los mismos niveles de pulpa y de cal.

El Cuadro 15, muestra la secuencia de mortalidad en el ensayo biológico 4, pudiéndose observar que tanto en las raciones con o sin tratamiento alcalino la mortalidad fue elevada, ocurriendo la mayoría de ella durante las 2 primeras semanas de experi-

mentación.

- 3.2 Consumo de alimento. El consumo de alimento fue mayor en el ensayo con pulpa ensilada tratada con cal que en el de pulpa fresca más cal, y dentro de cada ensayo el nivel de 15% de pulpa en la ración indujo mayores consumos de alimento que cuando la pulpa constituía 30% de la misma, siendo estos resultados muy similares para ambas pulpas. El Cuadro 16 muestra los niveles de consumo para cada una de las raciones.

En el ensayo con pulpa ensilada, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las raciones con 15% de pulpa en cuanto a consumo de alimento, lo mismo sucedió entre las raciones con 30% de pulpa, lo que indica que el tratamiento alcalino ya sea por remojo o por contacto y en los 2 tiempos de aplicación, no tuvo ningún efecto sobre el consumo de alimento, incluso varias raciones con concentraciones de hidróxido de calcio de 2 y 3% mostraron menores consumos de alimento que las que poseían 0% de cal.

El análisis estadístico del ensayo con pulpa fresca sí mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las raciones que no recibieron tratamientos alcalinos y las que sí los recibieron, mostrando las primeras mayores consumos de alimentos.

- 3.3 Ganancia de peso. Como una consecuencia del consumo de alimento, los datos de ganancia de peso siguieron la misma tendencia que éste, es decir que las ganancias de peso fueron mayores en el ensayo con pulpa ensilada que en el de pulpa fresca, y dentro de cada ensayo, las raciones con 15% de pulpa rindieron mayores ganancias de peso que las que tenían 30%. El Cuadro 17, muestra las ganancias de peso para todas las raciones. En el ensayo con pulpa ensilada se observa que todas las raciones muestran ganancias en peso muy similares y el análisis estadístico no demostró diferencias significativas entre las raciones con o sin tratamientos alcalinos, tanto entre las raciones con 15% de pulpa, como entre las que contenían 30%. En el ensayo con pulpa fresca sí hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en las raciones que contenían 15% de pulpa, mostrando esto que con las raciones sin ningún tratamiento alcalino, se obtuvieron mayores ganancias de peso. Para las raciones con 30% de pulpa fresca no se realizó el análisis estadístico porque además de haber en ellas casos de 100% de mortalidad, hubo también casos en que el aumento en peso fue cero, o los animales disminuyeron de peso.
- 3.4 Índice de Eficiencia de Utilización del Alimento. A semejanza de los resultados anteriores, el I.E.A. resultó mejor en las raciones a base de pulpa ensilada que en las de pulpa fresca y, dentro de ellas, las que tenían 15% de pulpa ensilada o fresca fueron superiores a las que tenían 30%. El análisis estadístico en cuanto a valores de I.E.A., no arrojó diferencias significativas entre ninguna de las raciones con 15 ó 30% de pulpa ensilada pero sí entre las raciones con 15% de pulpa fresca, mostrando las raciones sin tratamientos alcalinos, un mejor I.E.A. El Cuadro 18 muestra todos los valores de I.E.A. de las 24 raciones experimentales.

- 3.5 Digestibilidad aparente. El Cuadro 19 muestra los valores de digestibilidad aparente en los ensayos biológicos 3 y 4. Estos valores fueron bastante similares tanto entre las raciones con 15% como entre las que contenían 30% de pulpa, ya sea ensilada o fresca, mostrándose ligeramente superiores los valores correspondientes a las raciones con 15% de pulpa ensilada. La adición de cal no pareció influenciar los valores de digestibilidad.

4. Discusión

En esta segunda etapa se decidió usar además de la ración seleccionada en la primera etapa (15% de proteína y 15% de pulpa fresca o ensilada), otra ración con 15% de proteína y 30% de pulpa fresca y ensilada, con el objeto de observar el efecto de la cal sobre el valor nutritivo de la pulpa de café.

Los resultados indicaron que el comportamiento de los animales que consumieron pulpa de café ensilada fue mejor que el de los que consumieron pulpa fresca, tanto a nivel de 15 como de 30% en la ración. También indican los resultados que la pulpa de café ya sea fresca o ensilada, no mostró ninguna mejoría en su valor nutritivo al aplicársele los tratamientos alcalinos ya sea por remojo o por contacto, en ninguno de los 2 tiempos de aplicación ni a ninguna de las concentraciones usadas; lo que sí muestran los resultados es que la pulpa de café sufrió ciertas modificaciones en su composición química.

En los ensayos biológicos 1 y 2, las raciones con 15% de proteína y 15% de pulpa fresca y las de 15 ó 30% de pulpa ensilada, no produjeron mortalidad en los animales que las consumieron (Cuadro 5). Para los ensayos biológicos 3 y 4, con raciones a base de 15% de proteína y 15 y 30% de pulpa ensilada y de pulpa fresca tratadas con cal, se esperaba que los datos de mortalidad fueran similares. Esto sucedió en el ensayo con pulpa ensilada tratada con cal, pero no para el de pulpa fresca más cal, donde hubo 5 casos de muerte en las raciones con 15% de pulpa y 14 casos en las raciones con 30% de pulpa, llegando en 2 de ellos a alcanzar 100% de mortalidad.

El alto índice de mortalidad que ocurrió en los animales alimentados con raciones a base de 30% de pulpa de café fresca, no puede decirse que sea a causa del uso de cal en las raciones, puesto que las muertes ocurrieron tanto en raciones con o sin tratamientos alcalinos, tampoco puede responsabilizarse de esto a la composición diferente de la pulpa, puesto que fue la misma que se usó en la primera etapa; la única diferencia entre las ratas que consumieron raciones con 30% de pulpa fresca respecto a los demás animales usados, fue que estuvieron alojadas a temperaturas ambiente y no bajo aire acondicionado, en una época muy calurosa. El que hubiera un mejor comportamiento de los animales que consumieron pulpa ensilada respecto a los que consumieron pulpa fresca, no fue ninguna sorpresa puesto que ya se había comprobado eso en la primera etapa. También se volvió a comprobar la relación inversa que existe entre la cantidad de pulpa de café en la ración y el comportamiento general de los animales.

Inicialmente se pensó que el tratamiento a la pulpa de café con hidróxido de calcio, dis-

minuiría la cantidad de sustancias tóxicas que posee ésta, disminuyendo su toxicidad y mejorando, por ende, su valor nutritivo. Efectivamente, a mayor concentración de cal usada, mayor fue la disminución de taninos y ácido clorogénico en la pulpa, aunque esta disminución no implicó una ausencia total de los factores tóxicos de la pulpa, ya sea fresca o ensilada (Cuadro 23). Es por lo tanto muy probable que las cantidades de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico que aún quedan en la pulpa de café, siguen actuando como sustancias tóxicas a los niveles en que persisten. Existe también la posibilidad de que la cal actuó sobre la proteína de la pulpa de café -fresca o ensilada- provocando una hidrólisis -alcalina, haciendo disminuir el contenido de nitrógeno de ésta, aunque es muy posible que este nitrógeno perdido provenga de aminoácidos libres y nitrógeno no proteico, porque el patrón de aminoácidos de la pulpa no varió, como lo muestran los Cuadros 21 y 22.

Otro posible efecto negativo de la adición de cal a la pulpa de café, fue el desbalance -calcio: fósforo que se provocó. La pulpa de café de por sí tiene una alta relación de calcio con respecto a fósforo (23) y con los tratamientos alcalinos, este desbalance se acentuó mucho más. El Cuadro 20 muestra los altos valores de calcio alcanzados, respecto a los de fósforo. La literatura ha informado los efectos depresivos en los animales que consumen raciones en que existe un exceso de calcio (3,97).

Se observó también que la pulpa tratada con cal, seca más rápido al exponerla al sol o al secarla al horno con aire caliente que la pulpa que no posee cal, lo cual sería de mucho provecho como tratamiento previo al secado de pulpa a escala industrial. Este efecto se debe posiblemente a la hidrólisis alcalina que sufren los mucílagos de la pulpa durante el tratamiento con cal, los cuales tienen la propiedad de retener agua y se desechan en los líquidos drenados antes de secar la pulpa.

5. Resumen

La segunda etapa de este trabajo consistió en determinar los efectos de la adición de hidróxido de calcio, por remojo o por contacto, en 2 períodos de tiempo determinados (cero y 16 horas) y a 3 concentraciones (1, 2 y 3%) sobre la composición química y el valor nutritivo de la pulpa de café, tanto fresca como ensilada. Para tal efecto se realizaron 2 ensayos biológicos con una duración de 6 semanas cada uno, usando ratas como animales experimentales. En el primer ensayo biológico se usaron 32 raciones experimentales divididas en 2 grupos: 15 y 30% de pulpa ensilada a un nivel proteico de 15%. En el segundo ensayo biológico se procedió de la misma manera, pero usando pulpa fresca en lugar de pulpa ensilada. Antes de preparar las raciones, los 2 tipos de pulpa fueron sometidos a diferentes tratamientos alcalinos por remojo o por contacto.

Los parámetros usados para medir los efectos de los tratamientos alcalinos fueron los siguientes: tasa de mortalidad, consumo de alimento, ganancia de peso, índice de eficiencia de utilización del alimento y digestibilidad aparente de las raciones.

Los resultados de los ensayos biológicos mostraron que la adición de cal, ya sea por remojo o por contacto, en cualquiera de los 2 tiempos de aplicación y a cualquier concentra-

ción de las usadas, no mejoró el valor nutritivo de la pulpa. Siempre hubo un mejor comportamiento de los animales que consumieron pulpa ensilada respecto a los que consumieron pulpa fresca, y entre los que consumieron raciones con 15 o 30% de pulpa ya sea ensilada o fresca, se comportaron mejor los que consumieron raciones con solo 15% de pulpa.

C. Tercera etapa

1. Objetivos

- 1.1 Determinar el efecto del proceso de maceración y tratamiento con hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo de la pulpa de café fresca.

2. Materiales y métodos

Los animales, componentes de las raciones e hidróxido de calcio son idénticos a los usados en la primera y segunda etapa. La pulpa de café usada, fue pulpa fresca entera, de la cosecha 1976-77.

- 2.1 Maceración de la pulpa de café: Para macerar la pulpa de café fresca entera, se usó un mezclador en V para líquidos y sólidos de marca PK, fabricado por Patterson-Kelley Company, que posee en su interior cuchillas cortantes las cuales redujeron a pedazos más pequeños la pulpa entera. Esta operación se llevó a cabo por rotación continua durante 15 minutos, después de los cuales el producto resultante fue una masa semi-líquida.

3. Métodos

- 3.1 Elaboración de las raciones y diseño experimental. En esta tercera etapa se usaron 16 raciones experimentales todas con 15% de proteína y 15% de pulpa de café, 8 de ellas contenían pulpa entera tratada con cal y las restantes, pulpa macerada tratada con cal. El diseño experimental seguido en esta tercera etapa se encuentra en el Cuadro 24.

En esta tercera etapa se decidió trabajar solo con las aplicaciones de remojo a cero y 16 horas, y con las mismas concentraciones de cal usadas en la segunda etapa (Cuadro 24). Tanto a la pulpa fresca entera como macerada, se les añadió las correspondientes cantidades de cal y se siguió la técnica descrita anteriormente hasta obtenerlas secas.

Este ensayo biológico tuvo una duración de 5 semanas, tiempo que se consideró suficiente para que las ratas se adaptasen al consumo de pulpa.

Los análisis químicos de esta tercera etapa se vieron reducidos, solamente a la realización del análisis proximal de la pulpa fresca y macerada y a la determinación de cafeína y taninos de las mismas (Cuadros 25 y 26). Los parámetros usados y la evaluación de los resultados obtenidos, son idénticos a los de la segunda etapa, excepto que en esta tercera etapa no se realizó el ensayo de digestibilidad aparente.

4. Resultados

- 4.1 Mortalidad. Como se esperaba, al usar raciones con 15% de proteína y 15% de pulpa, no ocurrió ningún caso de mortalidad en las raciones con pulpa fresca entera o macerada, tratadas con cal.
- 4.2 Consumo de alimento. El cuadro 27 muestra los consumos de alimento ocurridos en este quinto ensayo biológico. En el ensayo con pulpa fresca entera, los mayores consumos se obtuvieron en las raciones con 0, 2 y 3% de cal y 16 horas de remojo. En el ensayo con pulpa fresca macerada los mayores consumos se obtuvieron con las pulpas tratadas con 1 y 2% de cal y 16 horas de remojo y con la de 3% de cal y cero horas de remojo. El análisis estadístico mostró que las raciones que presentaron menores consumo de alimento y difirieron estadísticamente ($P < 0.05$) del resto, son las siguientes: las raciones con pulpa fresca macerada con cero y 16 horas de remojo y 0% de cal, aquéllas con pulpa fresca entera con 16 horas de remojo y 1% de cal y aquéllas con cero horas de remojo y 0 y 1% de cal.
- 4.3 Ganancia de peso. En el cuadro 27 se presentan las ganancias en peso de las 16 raciones experimentales. La mayor ganancia de peso se obtuvo con la ración a base de pulpa fresca entera, con 16 horas de remojo y 0% de cal, y difirió estadísticamente ($P < 0.05$) de la ración con pulpa fresca macerada con 16 horas de remojo y 3% de cal. De las raciones con pulpa fresca macerada, con cero horas de remojo y 1 y 3% de cal, y de las raciones con pulpa fresca entera con cero horas de remojo y 0, 2 y 3% de cal.
- 4.4 Índice de Eficiencia de Utilización del Alimento. El cuadro 27 muestra los valores de I.E.A. para las 16 raciones experimentales. Los mejores índices se obtuvieron con las raciones a base de pulpa tratada durante 16 horas de remojo con 0 y 1% de cal y también con la tratada a cero horas y 0% de cal. El análisis estadístico mostró que solo las siguientes raciones difirieron estadísticamente ($P < 0.05$) del mejor I.E.A. alcanzado, que fue 6.0: las raciones de pulpa fresca macerada a cero y 16 horas de remojo y 3% de cal y la ración con pulpa fresca entera a cero horas de remojo y 3% de cal. El resto de los índices no difirieron estadísticamente.
- 4.5 Composición química proximal de la pulpa fresca entera y pulpa fresca macerada. Con respecto al análisis proximal (Cuadro 25) el único cambio apreciable que se observó en la pulpa fresca macerada comparada con la pulpa fresca entera, fue la ligera disminución en el contenido de nitrógeno (de 1.76% en la pulpa fresca entera, a 1.57% en la pulpa fresca macerada), los demás parámetros fueron bastante similares. Los datos de cafeína y taninos se muestran en el Cuadro 26. El contenido de cafeína, tampoco mostró diferencias entre la pulpa fresca entera y macerada, ni se vió afectado por los tratamientos alcalinos. Respecto a la concentración de taninos, sí se observó la acción del hidróxido de calcio ocasionando la disminución de estos compuestos en la pulpa fresca entera y macerada.

5. Discusión

Los resultados del ensayo biológico nos indican que el proceso de maceración previo al tratamiento alcalino, no mejoró el valor nutritivo ni ayudó a eliminar las sustancias tóxicas (cafeína y taninos) de la pulpa de café fresca. Inicialmente se pensó que la acción de macerado y remojo con cal a la pulpa haría que la cal penetrara de manera más efectiva dentro de las estructuras celulares, poniéndose en contacto con los compuestos tóxicos y al hacer esto, eliminaría la mayoría de ellos. Es probable que hayan sucedido 2 cosas: o que el efecto de corte con el mezclador en V no haya sido lo suficientemente efectivo para lograr esto, o que en realidad la cal actúa solo sobre los taninos y no sobre la cafeína. Sumado esto a la acción hidrolítica de la cal sobre la proteína, hicieron que los resultados no mostraran una gran diferencia entre la pulpa entera y macerada, notándose un mejor comportamiento -aunque muy ligero-, en los animales que consumieron pulpa fresca entera con la aplicación de 16 horas de remojo.

Los resultados del análisis proximal indican que hay una pérdida de proteína después de la acción de maceración, debiéndose probablemente a que durante la acción de corte, hay pérdidas de líquidos y estos pueden arrastrar parte de la proteína; la pérdida en agua también se comprobó en el contenido de humedad de las pulpas, siendo éste menor en la pulpa fresca macerada. Los resultados de cafeína y taninos no mostraron diferencias (Cuadro 26), tampoco hubo diferencias entre tratamientos y entre pulpa en las determinaciones de cafeína, pero sí entre los tratamientos alcalinos sobre el contenido de taninos, comprobándose que los tratamientos de remojo a 16 horas, son los más efectivos.

La pulpa que fue tratada con cal, secó más rápido al exponerla al sol que la que no recibió tratamientos alcalinos y entre las tratadas con cal, la pulpa macerada secó más rápido que la pulpa entera, por exponer al sol mayor superficie de contacto.

6. Resumen

El objetivo de la tercera etapa fue determinar la acción del proceso de maceración y la adición de hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca. Para tal efecto se realizó un ensayo biológico en el que se usaron 16 raciones experimentales: 8 con pulpa fresca entera tratada con cal por remojo a cero y 16 horas y 8 con pulpa fresca macerada, tratadas en la misma forma. Las raciones contenían 15% de proteína y 15% de pulpa. La duración de este ensayo fue de 5 semanas usando siempre ratas como animales experimentales. Los parámetros usados para medir los efectos del proceso de maceración y tratamientos alcalinos fueron mortalidad, ganancia de peso, alimento consumido e I.E.A. También se determinaron cambios que pudieran ocurrir en la composición química de la pulpa, realizando el análisis proximal de la misma y determinaciones de cafeína y taninos.

Los resultados mostraron que las raciones con pulpa fresca entera a 16 horas de remojo y a 0 y 2% de cal, y las raciones con pulpa fresca macerada a 16 horas de remojo con 1 y 2% de cal, fueron las que dieron los mejores resultados. Los resultados indican que el tratamiento de maceración no es superior al uso de pulpa entera y los tratamientos alcalinos que dieron los mejores resultados, no difirieron estadísticamente del tratamiento

con pulpa fresca entera y 16 horas de remojo con 0% de cal, que fue el que obtuvo la mayor ganancia de peso y segundo lugar en cuanto a alimento consumido y mejor índice de eficiencia de alimentación.

C. Cuarta etapa

1. Objetivos

- 1.1 Determinar el efecto de la adición de hidróxido de calcio, por remojo o por contacto, en 2 períodos de tiempo determinado, sobre la composición química de la pulpa de café fresca y ensilada y deshidratada.

2. Materiales y métodos

- 2.1 Pulpa de café. Se trabajó con los 2 tipos de pulpa usados en la primera y segunda etapa del estudio: pulpa fresca deshidratada y molida y pulpa ensilada deshidratada y molida, tanto sometida como no sometida a los tratamientos alcalinos que aparecen en el diseño experimental seguido en la segunda etapa (Cuadro 10).

3. Métodos

El análisis proximal y las determinaciones químicas mencionadas en la segunda etapa, son las que se llevaron a cabo en esta última etapa.

- 3.1 Evaluación de los resultados obtenidos. Para su evaluación, los resultados obtenidos se sometieron al diseño estadístico de factorial compuesto de $4 \times 2 \times 2$, tomándose en cuenta las 4 concentraciones de cal usadas con los 2 tiempos de remojo y los 2 métodos de aplicación además de las diferentes interacciones entre ellas.

4. Resultados

- 4.1 Análisis químico proximal. Los resultados del análisis proximal, tanto de la pulpa fresca como ensilada (con o sin tratamientos alcalinos), se encuentran en los Cuadros 28 y 29. En el Cuadro 28 se pueden observar los cambios químicos que sufrió la pulpa fresca. En la columna de extracto etéreo se puede observar que la pulpa sin tratamiento alcalino siempre obtuvo mayores valores. Los datos de fibra cruda indican que a mayor concentración de cal, menor es la cantidad de ésta. En lo que respecta a nitrógeno y proteína se puede ver que existe una relación inversa entre estos valores y la concentración de cal usada (Figura 6), es decir que a mayor concentración de cal, menores valores de nitrógeno y proteína. El análisis de cenizas mostró que a mayor concentración de cal, mayor es la cantidad de cenizas encontrada. El Cuadro 29, muestra los resultados obtenidos con pulpa ensilada: todos los valores siguieron la misma tendencia que en la pul-

pa fresca, es decir que a mayor concentración de cal, menos cantidad de extracto etéreo, de fibra cruda, de nitrógeno y proteína y mayor cantidad de cenizas.

- 4.2 Análisis de taninos. En la determinación de taninos se observó que la pulpa fresca mostró mayor cantidad de taninos que la pulpa ensilada. La acción del tratamiento alcalino sobre el contenido de taninos mostró que a mayor concentración de cal, menor fue la cantidad de taninos encontrados, tanto en la pulpa fresca como ensilada, pero se observó que en la pulpa fresca la disminución fue mayor que en la pulpa ensilada. Los resultados del análisis estadístico, mostraron que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre pulpas y entre tratamientos, resultando mejores aquellos que estuvieron 16 y cero horas en remojo, con 2 y 3% de cal (Figura 7).

- 4.3 Determinación de ácidos cafeico y clorogénico. Con respecto a los ácidos cafeico y clorogénico, la pulpa fresca arrojó mayores valores que la pulpa ensilada (Cuadro 23). Los resultados indican que hubo una ligera disminución en el contenido de ácido cafeico en las aplicaciones por remojo a 16 y cero horas, pero esta disminución parece deberse a la acción de lavado más bien que al tratamiento alcalino, puesto que los tratamientos con 0% de cal muestran las mayores disminuciones. Los datos de ácido clorogénico mostraron una disminución paulatina a medida que se incrementó el porcentaje de cal, tanto en las aplicaciones por remojo como por contacto, pero siendo mayor en las aplicaciones con 16 horas de remojo, mostrándose éstas superiores a las de contacto.

El análisis estadístico respecto al contenido de ácido cafeico mostró diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) para las aplicaciones con 16 horas de remojo, ya sea a 0, 1, 2 y 3% de cal, para la pulpa ensilada. El resto de tratamientos no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

Los datos de ácido clorogénico también mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) para las aplicaciones con 16 y 0 horas de remojo y 2 y 3% de cal, tanto para pulpa fresca como ensilada.

- 4.4 Determinación de cafeína. El contenido de cafeína también fue mayor en pulpa fresca que en pulpa ensilada. En este caso, los tratamientos alcalinos no ejercieron ningún efecto sobre la disminución de cafeína, como lo demostró el análisis estadístico al no existir diferencias significativas ($P < 0.05$) en ninguno de los tratamientos, existiendo solamente diferencias entre pulpas.

Todos los datos de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico, se presentan en el Cuadro 23.

- 4.5 Determinación del patrón de aminoácidos. Los datos proporcionados por el analizador de aminoácidos (Technicon), (Cuadros 21 y 22) mostraron que los aminoácidos de la pulpa de café (expresados en g de A.A./16 g de N.) tanto fresca como ensilada, al ser sometida a tratamientos alcalinos no sufrieron alteraciones respecto al tratamiento testigo, lo que hace pensar en la posibilidad de que la disminución en el nitrógeno total de la pulpa, se de-

be a pérdidas en aminoácidos libres y nitrógeno no proteico.

- 4.6 Determinación de minerales. Las determinaciones de calcio, fósforo, sodio y potasio se realizaron con el fin de observar el balance entre sodio y potasio y el de fósforo respecto al contenido de calcio, que como se esperaba resultó muy alto en las pulpas con tratamientos alcalinos (Cuadro 20). Los valores de sodio, potasio, fósforo y calcio se encuentran en el Cuadro 30 y los de calcio en los Cuadros 11 y 12 (pulpas testigos).

5. Discusión

Al observar los resultados del análisis proximal de las pulpas fresca y ensilada, los valores de extracto etéreo disminuyeron a medida que se agregó cal, aunque en algunos casos eso no sucedió. Lo más probable es que el hidróxido de calcio haya actuado sobre las grasas haciendo que éstas sufrieran una saponificación formándose jabones que no son solubles en éter. Sucedió lo mismo con los valores de fibra cruda: se sabe que los tratamientos con hidróxido de sodio, calcio o amonio, disminuyen el contenido de celulosa y hemicelulosa en el pergamino de la pulpa de café (77) y es muy probable que el hidróxido de calcio actúe de la misma manera sobre la pulpa, disminuyendo su contenido de fibra. Respecto a nitrógeno y proteína, la cal actuó provocando una hidrólisis alcalina que redujo el contenido de aminoácidos libres y nitrógeno no proteico y, por lo tanto, el contenido total de proteína de la pulpa. Contrario a lo anterior, los contenidos de cenizas aumentaron a medida que se aumentó la concentración de cal en la pulpa. Como era de esperarse, a excepción de la disminución en el contenido de fibra cruda, que podría considerarse beneficioso, los tratamientos alcalinos redujeron los contenidos de grasa y proteína, dos nutrientes esenciales en la ración. El alza en cenizas no puede considerarse una ventaja ya que el responsable es solamente la adición de cal, provocando el consabido desbalance de minerales.

Los resultados del análisis proximal de las pulpas sin ningún tratamiento concuerdan con los reportados en la literatura (1, 16, 23, 60, 72).

Los tratamientos alcalinos sí actuaron sobre el contenido de taninos de la pulpa, tanto fresca como ensilada, disminuyendo la cantidad de éstos a medida que se incrementó el porcentaje de cal y la duración de los tratamientos, resultando mejores los tratamientos con 16 y cero horas de remojo y 2 y 3% de cal. También se observó que parte de esta disminución es debida a la acción de lavado en los mismos tratamientos, puesto que las raciones con 0% de cal también mostraron cierta disminución respecto al testigo, cosa que no sucedió en los tratamientos a cero horas de remojo y por contacto, en que no hubo esa acción de lavado. Sería interesante investigar si tratamientos por remojo con una duración más prolongada y con un poco más de presión al agua, aumentarían esta acción de lavado de taninos. En la pulpa fresca la pérdida de taninos fue mucho mayor (desde 2.20 el testigo, hasta 0.63 en el tratamiento con 16 horas de remojo y 3% de cal) que en la pulpa ensilada, que solamente bajó desde 1.35 el testigo hasta 1.28 en el tratamiento con 16 horas de remojo y 3% de cal. Esto probablemente se debe a que la pulpa ensilada, debido al mismo proceso de ensilaje y por la acción de fer-

mentación y cierta pérdida de humedad, ya perdió cierta cantidad de taninos y los que han quedado se han fijado fuertemente a otros compuestos formando complejos, siendo más difíciles de eliminar que en la pulpa fresca que no ha sufrido aún alteraciones y son, por lo tanto, más susceptibles de lixiviación. Como lo informa la literatura (74, 75) la pulpa fresca contuvo mayor cantidad de taninos que la pulpa ensilada.

Los resultados de la determinación de cafeína no mostraron ninguna diferencia en cuanto a tipo de aplicación, tiempo de remojo ni concentración de cal, existiendo diferencias solamente entre las 2 pulpas usadas, mostrando la pulpa fresca mayores contenidos de cafeína que la pulpa ensilada. Probablemente la cafeína es menos soluble y menos susceptible a los tratamientos alcalinos que los taninos. Los valores de ácido clorogénico, indican que hubo cierta disminución con respecto a los tratamientos testigos, principalmente con las aplicaciones de remojo a 16 y cero horas y 2 y 3% de cal, para los 2 tipos de pulpa. En lo que respecta a ácido cafeico, no se observó este fenómeno excepto en la aplicación de remojo a 16 horas y 0, 1, 2 y 3% de cal, en que parece haber actuado más que todo el efecto de lavado puesto que en los tratamientos por contacto no se observaron disminuciones, excepto en algunos casos que pueden deberse al método analítico usado.

Los resultados de la determinación de fósforo, sodio y potasio en las pulpas que sirvieron como testigos, concuerdan con los publicados en la literatura (1, 23), aunque los de calcio aparecen un poco más altos.

Los resultados del análisis proximal que indican bajas en el contenido de extracto etéreo y nitrógeno, explican en parte el bajo comportamiento de los animales que consumieron pulpa tratada con cal, pues de este modo se disminuye la energía y la proteína de la ración. La literatura informa que el carbonato de calcio también provoca pérdidas de energía y proteína en la pulpa de café (49).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El haber comprobado que la pulpa de café ensilada posee un mejor valor nutritivo y menor toxicidad que la pulpa fresca y que además de eso, que determinados niveles de proteína en la ración ejercen un efecto protector sobre los compuestos tóxicos que posee la pulpa, abre la posibilidad de poder usar con más seguridad y a niveles relativamente aceptables (15%) la pulpa de café -principalmente ensilada- en raciones para animales. Este nivel de 15% de pulpa en la ración, tendría repercusiones económicas de importancia, sobre todo cuando se preparan raciones con altos requerimientos de proteína.
2. Inicialmente se tenía mucha esperanza en que los tratamientos alcalinos harían disminuir la toxicidad de la pulpa, pero durante el trabajo se observó que a la par de la disminución en taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico (principalmente en pulpa fresca), también ocurrieron alteraciones no deseables, tal como una fuerte hidrólisis alcalina de la proteína que afectó considerablemente el contenido de aminoácidos, y un desbalance de la proporción calcio: fósforo, de por sí ya desbalanceado en la pulpa de café, que indudablemente influyó en la utilización de otros minerales. Pero a la par de todas estas observaciones, se notó que en los tratamientos por remojo, la sola acción de remojo y eliminación de las aguas de remojo incluyó de por sí en la eliminación de cierta cantidad de sustancias tóxicas, lo que abre la posibilidad de lograr más adelante resultados positivos en la eliminación de tóxicos en la pulpa por el uso de tratamientos de remojo más prolongados y con algunas modificaciones respecto a los usados en este trabajo (por ejemplo, más presión) sin necesidad de agregar cal a la pulpa.
3. Sí puede afirmarse que la adición de cal disminuye el tiempo de exposición al sol para el secado de la pulpa de café, lo cual puede ser de mucha utilidad industrial.
4. Con los resultados del ensayo con pulpa macerada, se ha podido demostrar que es innecesario efectuar este proceso para mejorar o destoxificar la pulpa de café fresca, y que su uso solamente implicaría un alza en los costos de producción.
5. Todo estudio dirigido a tratar de mejorar el valor nutritivo de la pulpa de café, ya sea fresca o ensilada, debe ir acompañado de minuciosos análisis químicos que permitan una evaluación constante del producto que se está obteniendo, deben de tomarse en cuenta principalmente los análisis de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico.
6. Por último, debe de tomarse muy en cuenta el desbalance de minerales que existe en la pulpa de café, principalmente entre calcio y fósforo y entre sodio y potasio, y en futuros ensayos con pulpa, tratar de remediar estos desbalances que pueden influir en el bajo rendimiento de los animales.

VI. SUMARIO

Con el fin de utilizar con las menores restricciones posibles la pulpa de café, tanto fresca como ensilada, en nutrición animal se realizaron diferentes experimentos divididos en 4 etapas:

Primera etapa: Consistió en realizar un estudio comparativo entre pulpa de café fresca y ensilada y observar los efectos que cada una de ellas causa en los animales que las consumen y a la vez determinar los niveles óptimos de proteína (10,15,20 y 25%) y de pulpa de café fresca y ensilada (0, 15, 30 y 45%) en raciones para ratas.

Segunda etapa: Determinar el efecto de la adición de hidróxido de calcio (CaOH_2), por remojo o por contacto, en 2 períodos de tiempo determinados -cero y 16 horas- y a 4 concentraciones (0,1,2 y 3%), sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca y ensilada, utilizando la ración que demostrará mejores resultados en la primera etapa.

Tercera etapa: Determinar el proceso de maceración y tratamientos alcalinos con hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca.

La cuarta etapa consistió en realizar diferentes análisis químicos sobre la pulpa de café fresca y ensilada, tanto con y sin tratamientos alcalinos y de maceración para observar los posibles cambios en su composición química. Los análisis realizados fueron análisis químico proximal, contenido de taninos, ácido clorogénico, ácido cafeico, cafeína, calcio, potasio y fósforo y el patrón de aminoácidos.

En la primera etapa, la pulpa de café ensilada resultó menos tóxica y por lo tanto con un mejor valor nutritivo que la pulpa fresca. En la determinación de los niveles óptimos de proteína y de pulpa de café, se llegó a la conclusión de que las raciones con 15, 20 y 25% de proteína y 15% de pulpa fresca o ensilada, eran las que obtenían mejores resultados, aunque entre ellas no existieron diferencias estadísticamente significativas, escogiéndose para la segunda etapa la ración con 15% de proteína y 15% de pulpa de café por ser la más práctica y económica.

En la segunda etapa, los tratamientos alcalinos en todos sus variables no mostraron ejercer ningún efecto beneficioso sobre el valor nutritivo de la pulpa de café fresca o ensilada, aunque sí fueron los responsables de ciertos cambios ocurridos en la composición química de la pulpa. De nuevo los animales que consumieron pulpa ensilada, tuvieron un mejor comportamiento que los que consumieron pulpa fresca.

El proceso de maceración tanto solo como en la presencia de Ca(OH)_2 no mejoró el valor nutritivo de la pulpa fresca ni cambió grandemente la composición química de la misma.

En la cuarta etapa se observó que los tratamientos alcalinos fueron los responsables de ciertos cambios en la composición química proximal de la pulpa fresca y ensilada, demostrándose entre otras cosas que existe una relación inversa entre la concentración de cal usada y el contenido de extracto etéreo, fibra cruda, nitrógeno y proteína de la pulpa, y una relación directa con el

contenido de cenizas. Los tratamientos también disminuyeron el contenido de taninos, pero no influyeron significativamente sobre el contenido de cafeína, ácido clorogénico y ácido cafeico. Los aminogramas mostraron que a mayor concentración de cal, no afecta el contenido de aminoácidos de la pulpa.

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1 Aguirre, B. F. La utilización industrial del grano de café y de sus subproductos. Guatemala, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, 1966. 43 p. (Investigaciones tecnológicas del ICAITI, No. 1).
- 2 Akinyanju, P. y J. Yudkin. "Effect of coffee and tea on serum lipids in the rat". Nature, 214 (5086):426-427. 1967. (Original no consultado; compendiado en Biol. Abst., 48:9366. 1967).
- 3 Alba, J. de. Alimentación del ganado en América Latina. México, Editorial Fournier, 1971. p. 94-104.
- 4 Alfaro, E.E.; H. Fonseca y C. E. Boschine. "Incorporación de la pulpa de café deshidratada en la preparación de concentrados para vacas lecheras en producción". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 31.
- 5 Association of Official Agricultural Chemist, Washington, D. C. Official methods of analysis of the A.O.A.C. 11th ed. Washington, D. C., 1970. 957 p.
- 6 Badaway, A. A.; A. E. White y G. H. Latur. "The effect of tannic acid on the synthesis of protein and nucleic acid by rat liver". Biochem. J., 113(2):307-313., 1969. (Original no consultado; compendiado en Biol. Abst., 51:10061. 1970).
- 7 Baltes, W. "Determination of caffeine by reflectance spectrophotometry". Z. Lebensm. Unters.-Forsch., 145:34-35. 1971.
- 8 Bateman, J. V. Nutrición animal; manual de métodos analíticos. México D.F. Centro Regional de Ayuda Técnica, A.I.D., 1970. 394 p.
- 9 Bellet, S.; A. Kershbaum y E. M. Kinck. "Response on free fatty acids to coffee and caffeine". Metabolism., 17(8):702-707. 1968.
- 10 _____; A. Kershbaum y J. Aspe. "The effect of caffeine on free fatty acids, a preliminary report". Arch. Intern. Med., 116:750-752. 1965.
- 11 Berducido, L.; R. Jarquín, J. M. González y R. Bressani. "Uso de la pulpa de café en la alimentación del cerdo criollo". Trabajo presentado en III Congreso de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala (ciudad), Agosto, 26-31. 1974. [Guatemala, Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, 1974] . 8 p. Mimeografiado.

- 12 Bohkenfor, B. y H. Fonseca. "Calidad del ensilado con pulpa de café, conteniendo diferentes niveles de humedad y varios aditivos". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 41.
- 13 Boler, R. K.; J. S. Broon y R. Arhelger. "Ultrastructural renal alterations following tannic acid administration to rabbits". Am. J. Pathol., 49:15-22. 1966.
- 14 Braham, J. E.; R. Jarquín, J. M. González y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. III. Utilización de la pulpa de café en forma de ensilaje". Arch. Latinoamer. Nutr., 23:379-388. 1973.
- 15 _____; R. Jarquín, R. Bressani, L. G. Elías, C. Tejada y J. M. González. "Effect of cooking and of addition of calcium and iron on gossipol toxicity in swine". Fed. Proc., 24:626. 1965.
- 16 Bressani, R. "Composición química de los subproductos del café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 13.
- 17 _____. "Oportunidades para el desarrollo de la industria alimenticia en las áreas rural y urbana de la América Latina". Tecnología de Alimentos, 9:222-239. 1974.
- 18 _____. "Evaluación biológica de las proteínas". En: Conferencia sobre Recursos Proteínicos en la América Latina. INCAP, Guatemala, 24-27 febrero de 1970. Memo-ria. Guatemala, INCAP, 1971. p. 21-52.
- 19 _____. "Pulpa y pergamino de café como posibles alimentos para el consumo animal". En: VII Reunión Interamericana sobre el Control de la Fiebre Aftosa y otras Zoonosis. Puerto España, Trinidad y Tabago, 17-20 de abril de 1974. Washington, D. C., Organización Panamericana de la Salud, 1975. pp. 91-106. (OPS, Publicación científica No.295).
- 20 _____. "Utilización de los subproductos del café para otros fines industriales". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 54.
- 21 _____. "Use of coffee processing waste as animal feed and industrial raw material". Trabajo presentado al I.F.T. Annual Meeting, held in Chicago, Illinois, 8-12 June, 1975. Guatemala, INCAP, 1975. 13 p. Mimeografiado.
- 22 _____; Eugenia Estrada, L. G. Elías, R. Jarquín y Lucrecia Urrutia de Del Valle. "Pulpa y pergamino de café. IV. Efecto de la pulpa de café deshidratado en la dieta de ratas y pollos". Turrialba, 23(4):403-409. 1973.
- 23 _____; Eugenia Estrada y R. Jarquín. "Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa". Turrialba, 22(3):299-304. 1972.
- 24 _____ y L. G. Elías. "Utilización de desechos de café en alimentación de animales y materia prima industrial". Trabajo presentado en la reunión de Exposición Pecuaria del Istmo Centroamericano (EXPICA)-76. San Salvador, El Salvador 3-8 mayo, 1976. [Guatemala, INCAP, 1976]. 25 p. Mimeografiado.
- 25 _____; R. Gómez Brenes y R. Conde. "Cambios en la composición química del grano y de la pulpa de café durante el proceso de tostación y actividad biológica de la niacina del café". Arch. Venez. Nutr., 12(1):93-104. 1962.
- 26 Burns, C. H.; W. W. Cravens y P. H. Phillips. "The sodium and potassium requirements of the chick and their interrelationship". J. Nutr., 50:317-329. 1953.
- 27 Butcher, R. W. y C. E. Baird. "The regulation of cyclic AMP and lipolysis in adipose tissue by hormones and other agents". En: Holmes, W.; L. A. Carlson y R. Paoletty. eds. Adv. Exp. Biol., 4:5-24. 1969.
- 28 Cabezas, M. T. "Utilización de la pulpa de café para la alimentación de ganado bovino". Rev. AGA, (Guatemala), 4(26):16-19. 1973.
- 29 _____. "Utilización de la pulpa de café en alimentación de ganado de carne". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 23.
- 30 _____; J. M. González y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. V. Absorción y retención de nitrógeno en terneros alimentados con raciones elaboradas con pulpa de café". Turrialba, 24(1):90-94. 1974.
- 31 Calle, H. "Producción de alcohol con los desperdicios del café". Bol. Inf. (Centro Nacional de Investigaciones del Café, Chinchiná, Colombia), 2(222): 30-34. 1951.
- 32 _____. "Informe de trabajo sobre la producción de levadura a base de residuos del café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 45.

- 33 _____ . "Perspectivas para el empleo de la pulpa y ripto del café como materiales curtientes". Bol. Inf. (Centro Nacional de Investigaciones del Café, Chinchiná, Colombia), 6(62):60-71. 1955.
- 34 _____ . "Producción de gas combustible por fermentación metánica de la pulpa de café". Bol. Inf. (Centro Nacional de Investigaciones del Café, Chinchiná, Colombia), 6(62):198-205. 1955.
- 35 Chang, S. I. y H. L. Fuller. "Effect of tannin content of grain sorghums on their feeding value for growing chicks". Poultry Sci., 43:30-36. 1964.
- 36 Choussy, F. "La pulpa de café como alimento para el ganado". Bol. Instituto Tecnológico de El Salvador, 1:1-15. 1944.
- 37 Cuevas, R. "Optimización y factibilidad económica del proceso de descafeinización de la pulpa de café". Tesis (Magister Scientifical)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia-INCAP/CESNA. Guatemala, - 1976. 120 p.
- 38 Cunha, T. J. Alimentación del Cerdo. Trad. del inglés por E. Zorita Zaragoza, - Editorial Acribia [c 1960] 278 p.
- 39 Cunningham, H. M. "Effect of caffeine on nitrogen retention, carcass composition, fat mobilization and the oxidation of C-14 labelled body fat in pigs". J. Animal Sci., - 28:424-430. 1968.
- 40 Daqui, L. E. "Características químicas y nutricionales de la pulpa de café ensilada con pasto Napier y planta de maíz". Tesis (Magister Scientifical)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-INCAP/CESNA. Guatemala, 1975. 103 p.
- 41 Driedger, A. y E. E. Hatfield. "Influence of tannic acid on the nutritive value of soybean meal for ruminants". J. Animal Sci., 34:465-468. 1972.
- 42 Elías, L. G.; E. Urizar, R. Bressani y J. M. González. "Efecto de diferentes procesos de deshidratación sobre el valor nutritivo de la pulpa de café en cerdos". En: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Informe anual. 1o. de enero-31 de diciembre de 1974. Guatemala (ciudad) 1975. pp. 13-14.
- 43 Espinoza, R., F. Salazar, C. Rolz, J. F. Menchú, H. Mayorga y S. Cabrera. "Producción de proteína unicelular a partir de agua de beneficiado de café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 44
- 44 Estrada, Eugenia. "Cafeína y taninos como factores limitantes en el uso de la pulpa de café en la alimentación de terneros". Tesis (Magister Scientifical)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-INCAP/CESNA. Guatemala, 1973. 56 p.
- 45 _____ . "Cambios bioquímicos en el plasma sanguíneo de bovinos y porcinos alimentados con pulpa de café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., - - IICA, 1974. p.26
- 46 Flores, F. . "Respuesta bioeconómica de novillos de engorde con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína". Tesis (Magister Scientifical) Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, 1973. 53 p.
- 47 _____ y M. E. Ruiz. "Respuesta bioeconómica de novillos de engorde y alimentados con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína. En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 28.
- 48 _____ y J. E. Aguilar. "Contenido de humedad en pulpa de café sometida a tratamiento de calor y vacío por diferentes períodos". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 36.
- 49 Fonseca, H. y J. E. Aguilar. "Respuesta de la pulpa de café sometida a secamiento con diferentes niveles de carbonato de calcio". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974/ Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 37.
- 50 _____ ; M. Murillo y R. A. Muñoz. "Efecto del tratamiento de la pulpa de café por medios mecánicos y enzimas, en el proceso de secado". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 38.

- 51 Freise, F. M. "Preparation of vinager from fruit pulp". Ind. Eng. Chem., 23(10): - 1108-1109. 1931.
- 52 Fuller, H. L.; S. I. Chang y D. K. Dotter. "Detoxification of dietary tannic acid by chicks". J. Nutr., 91:477-481. 1967.
- 53 Glick, Z. y M. A. Joslin. "Food intake depression and other metabolic effects of tannic acid in the rat". J. Nutr., 100:509-515. 1970.
- 54 _____ y M. A. Joslin. "Effect of tannic and related compounds on the absorption and utilization of protein in the rat". J. Nutr., 100:516-520. 1970.
- 55 Hawkins, G. E. y W. E. Davies. "Changes in plasma free fatty acids and triglycerides on dairy cattle after dosing with coffee or caffeine". J. Dairy Sci., 53:52-55. 1970.
- 56 Hegsted, D.; M. R. Milla, C. Elvehjem y E. Hart. "Choline in the nutrition of chicks". J. Biol. Chem., 138:459-466. 1941.
- 57 Heuser, G. La alimentación en avicultura. [Traducción de la 2a. edición en inglés por J. Luis de la Loma] México D.F. UTEHA 1963 607 p.
- 58 Hilker, Doris; C. C. King, Ruth Chen y R. L. Smith. "Antithiamine effects of tea. I. Temperature and pH dependence". Nutr. Rep. Int., 4(4):223-228. 1971.
- 59 Ishler, N. H.; T. P. Finucane y E. Baker. "Rapid spectrophotometric determination of caffeine". Anal. Chem., 20:1162-1166. 1948.
- 60 Jaffé, W. y D. S. Ortiz. "Notas sobre el valor alimenticio de la pulpa de café". Agro. (Venezuela), 23:31-37. 1952.
- 61 Jarquín, R.; F. A. Rosales, J. M. González, J. E. Braham y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. IX. Uso de la pulpa de café en la alimentación de cerdos en la fase de crecimiento y acabado". Turrialba, 24(4): 41-46. 1974.
- 62 _____; J. M. González, J. E. Braham y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. II. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de rumiantes". Turrialba, 23(1):41-46. 1973.
- 63 _____; R. Gómez Brenes, L. Berducido, J. M. González y R. Bressani. "Uso de la pulpa de café en la alimentación del cerdo criollo". En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual. 1o. enero-31 diciembre, 1974. Guatemala, 1975. p. 8.
- 64 Kawamura, J.; M. Funakoshi, Y. Kasahara y T. Yamamoto. "A study of taste effectiveness of tannic acid solution in the rat". J. Physiol. Soc. Jap., 30(11):865-872. 1968. (Original no consultado; compendiado en Biol. Abst., 50:11064. 1969).
- 65 Kornegay, E. T.; A. J. Chawson, F. H. Smith y E. R. Barric. "Influence of protein source on toxicity of gossypol in swine rations". J. Animal Sci., 20:597-602. 1961.
- 66 León, J. Fundamentos botánicos en los cultivos tropicales. San José, Costa Rica, IICA, 1968. p. 228-234.
- 67 Manna, L. y S. M. Hauge. "A possible relationship of vitamin B13 to erotic acid". J. Biol. Chem., 202:91-96. 1953.
- 68 Matsuzaki, F. y M. S. Raben. "Effect of purines on epinephrine-induced lipolysis in rat adipose tissue". Fed. Proc., 24:342 1965.
- 69 Maynard, L. A. y J. K. Loosli. Animal nutrition. 8th ed. New York. McGraw Hill Book Co., 1969. 613 p.
- 70 Menchú, J.; M. C. de Arriola, A. Fuentes y C. Rolz. "Industrialización de la pectina del mucílago del café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 53.
- 71 Molina, M. R.; G. de la Fuente, H. Gudiel y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. VIII. Estudios básicos sobre la deshidratación de la pulpa de café". Turrialba, 24(3): 280-284. 1974.
- 72 _____; G. de la Fuente, M. A. Batten y R. Bressani. "Decaffeination, a process to detoxify coffee pulp". J. Agric. Food Chem., 22(6):1055-1059. 1974.
- 73 Morrison, F. B. Compendio de alimentación del ganado. México, UTEHA, 1963. 720 p.
- 74 Murillo Beatriz. "Composición química y fraccionamiento de los componentes celulares de pulpa de café ensilada con aditivos". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 40.
- 75 _____. "Metodología y costos de ensilaje de la pulpa de café". Trabajo presentado en la reunión de Exposición Pecuaria del Istmo Centroamericano (EXPICA-76). - San Salvador, El Salvador, 3-8 mayo, 1976. [Guatemala, INCAP, 1976] 9 p. Mimeografiado.

- 76 _____; M. T. Cabezas y R. Bressani. "Aplicación del método de fraccionamiento de paredes celulares de Van Soest en pulpa de café". En: III Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala ciudad agosto, 26-31. 1974. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 1974. 10 p. Mimeografiado.
- 77 _____; M. T. Cabezas y R. Bressani. "Pulpa y pergamino de café. X. Cambios en la composición química del pergamino de café por efecto de diferentes tratamientos alcalinos". Turrialba, 25(2):179-182. 1975.
- 78 _____; M. T. Cabezas, R. Jarquín y R. Bressani. "Efecto de la adición de bisulfito sobre la composición química de pulpa de café deshidratada". En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe anual. 1o. enero-31 diciembre de 1974. Guatemala, 1975. p. 8.
- 79 O'donovan, P. B. "Posibilidades para alimentación del ganado con subproductos en zonas tropicales". Rev. Mundial Zootecnia, 13:32-37. 1975.
- 80 Orozco, R. A. "Obtención de pectina a partir del mucílago del café, subproductos e industrias conexas". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C. R., IICA, 1974. p. 52.
- 81 Osegueda, F. L.; R. A. Quiteño, R. A. Martínez y M. Rodríguez. "Uso de la pulpa de café seca en el engorde de novillos en confinamiento". Agríc. El Salvador, 10:3-9. 1970.
- 82 Ostle, B. Estadística aplicada. México, Ed. Limusa-Wiley, 1965. 628 p.
- 83 Pomenta, J. V. y E. E. Burns. "Factors affecting chlorogenic, chemic and caffeic acid levels in sunflower kernels". J. Food Sci., 36:490-492. 1971.
- 84 Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. 92 p.
- 85 Rodríguez, J. A.; M. E. Ruiz y H. Fonseca. "Calidad del ensilaje de pulpa de café con o sin melaza y efecto del tiempo de exposición al ambiente de la pulpa previo a su ensilado". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 42.
- 86 Rosales, F. A. El uso de la pulpa de café deshidratada en la alimentación del cerdo. Tesis (Magister Scientifcae)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-INCAP/CESNA. Guatemala, 1974. 46 p.
- 87 Rubio, J. y J. Pineda. "Composición química y digestibilidad in vitro de la pulpa de café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C.R., IICA, 1974. p. 16.
- 88 Ruiz, M. E. y C. S. Valente. "Efecto de la temperatura de secamiento sobre la composición químico-estructural de la pulpa de café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C. R., IICA, 1974. p. 15.
- 89 Schaffer, R. E.; D. L. Oswalt y J. D. Axtell. "Effect of supplemental protein on the nutritive value of high and low tannin sorghum bicolor (L.) 40-inch grain for the growing rat". J. Animal Sci., 39:500-505. 1974.
- 90 Schandler, S. H. "Tannins and relatde phenolics". En: Joslyn, M. A. Methods in food analysis. New York, Academic Press, 1950. p. 471-481.
- 91 Silvain, P. G. "The problem of the caffeine content in coffee". Café Lima, 8(3):2-11. 1967. (Original no consultado; compendiado en Biol. Abst., 50:12229. 1967).
- 92 Sivetz, M. Coffee processing technology. Westport, The AVI Publishing Co. Inc., 1963. v. 2, p. 207-215.
- 93 Sollman, R. A manual of pharmacology. Philadelphia, W. B. Saunders, Co., 1957. p. 254-264.
- 94 Suárez de Castro, F. "Utilización de la pulpa de café como abono". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Informe final. Turrialba, C. R. IICA, 1974. p. 43.
- 95 Tagari, H.; Y. Henis, M. Tamir y R. Volcani. "Effect of carob pod extract on cellulolysis, proteolysis, deamination and protein biosynthesis in an artificial rumen". Appl. Microbiol., 13:437-442. 1965.

- 96 Tamir, M. y E. Alumet. "Inhibition of digestive enzymes by condensed tannins from green and ripe carobs". J. Sci, Food Chem., 20:199-202. 1969.
- 97 Underwood, E. J. The mineral nutrition of livestock. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Commonwealth Agricultural Bureau. Aberdeen, Great Britain [Central Press Ltd., 1966] 237 p.
- 98 Van Buren, J. P. y N. B. Robinson. "Formation of complexes between protein and tannic-acid". J. Agro. Food Chem., 17:772-777. 1969.
- 99 Van Soest, P. J. y R. H. Wine. "Determination of lignin and cellulose in acid detergent - fiber with permanganate". J. Assoc. Offic. An, Chemist., 51:780-785. 1968.
- 100 Vargas, E. Valor nutritivo de la pulpa de café. Tesis (Magister Scientifcae)-Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-INCAP / CESNA. Guatemala, 1974. 77 p.
- 101 Vohra, P.; C. H. Kratzer y M. A. Joslyn. "The growth depressing and toxic effects of tannins to chicks". Poultry Sci., 45:135-142. 1966.
- 102 Winton, A. y K. B. Winton. The structure and composition of foods. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1939. v. 4, p. 139-162.
- 103 Yapar, A. y D. R. Clandining. "Effect of tannins to chicks". Poultry Sci., 51:222-228. 1972.
- 104 Zeller, W. "Effect of coffee on fat metabolism". Med. Klin., 63(18):707-709. 1968.

A P E N D I C E

CUADRO 1

COMPOSICION PORCENTUAL Y CONTENIDO PROTEINICO DE LAS RACIONES CON 4 DIFERENTES NIVELES DE PULPA FRESCA, USADAS EN RATAS EN EL ENSAYO BIOLOGICO 1.

Ingredientes	<u>Raciones con 10 % de proteína</u>				<u>Raciones con 15 % de proteína</u>			
	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>
H. de soya	10.00	10.00	10.00	10.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Granillo de trigo	45.00	30.00	15.00	-	45.00	30.00	15.00	-
Pulpa de café fresca	-	15.00	30.00	45.00	-	15.00	30.00	45.00
Aceite de semilla de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Alphacel *	9.15	6.60	4.05	1.50	8.65	6.10	3.55	1.00
Almidón	28.85	28.40	30.95	33.50	16.35	18.90	21.45	24.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Ingredientes	<u>Raciones con 20% de proteína</u>				<u>Raciones con 25 % de proteína</u>			
	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>
H. de soya	30.00	30.00	30.00	30.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Granillo de Trigo	45.00	30.00	15.00	-	42.35	30.00	15.00	-
Pulpa de café fresca	-	15.00	30.00	45.00	-	15.00	30.00	45.00
Aceite de semilla de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Alphacel *	8.15	5.60	3.05	0.50	7.65	5.00	2.55	0.00
Almidón	6.85	9.40	11.95	14.50	-	-	2.45	5.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Todas las raciones fueron suplementadas con solución de vitaminas, 5 ml/100g de ración. (67)

* Alphacel: Celulosa pura.

CUADRO 2

COMPOSICION PORCENTUAL Y CONTENIDO PROTEINICO DE LAS RACIONES CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA ENSILADA, USADAS EN RATAS EN EL ENSAYO BIOLOGICO 2.

Ingredientes	Raciones con 10 % de proteína				Raciones con 15 % de proteína			
	1	2	3	4	5	6	7	8
H. de soya	11.00	11.00	11.00	11.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Granillo de trigo	45.00	30.00	15.00	-	45.00	30.00	15.00	-
Pulpa de café ensilada	-	15.00	30.00	45.00	-	15.00	30.00	45.00
Aceíte de semilla de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceíte de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Alphacel *	8.92	6.45	3.97	1.50	8.42	5.95	3.47	1.00
Almidón	25.08	27.55	30.03	38.50	15.58	18.05	20.53	23.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Ingredientes	Raciones con 20 % de proteína				Raciones con 25 % de proteína			
	9	10	11	12	13	14	15	16
H. de soya	31.00	31.00	31.00	31.00	41.00	41.00	41.00	41.00
Granillo de trigo	45.00	30.00	15.00	-	45.00	30.00	15.00	-
Pulpa de café ensilada	-	15.00	30.00	45.00	-	15.00	30.00	45.00
Aceíte de semilla de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceíte de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Alphacel *	7.92	5.45	2.97	0.50	7.42	4.95	2.47	0.00
Almidón	6.08	8.55	11.03	13.50	0.00	0.00	1.53	4.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	103.42	100.95	100.00	100.00

Todas las raciones fueron suplementadas con solución de vitaminas, 5 ml/100g de ración. (67)

* Ver Cuadro 1

CUADRO 3

DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUIDO PARA LA DISTRIBUCION DE LOS DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFE (FRESCA O ENSILADA) EN CADA GRUPO PROTEICO UTILIZADO EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS CON RATAS EN CRECIMIENTO.

No. de ración	Proteína %	Pulpa fresca o ensilada, %
1	10	0
2		15
3		30
4		45
5	15	0
6		15
7		30
8		45
9	20	0
10		15
11		30
12		45
13	25	0
14		15
15		30
16		45

CUADRO 4

COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LOS INGREDIENTES USADOS EN LAS RACIONES. g/100g

Ingrediente	Humedad	Extracto etéreo	Fibra cruda	Nitrógeno	Proteína (Nx6.25)	Cenizas
Harina de soya	11.7	1.6	5.0	8.00	50.0	5.4
Granillo de trigo	12.5	5.2	4.0	2.35	14.7	3.6
Pulpa de café fresca secada al sol	11.5	2.8	21.0	1.93	12.0	9.9
Pulpa de café ensilada secada al sol	11.7	4.0	19.5	1.60	10.0	9.1

CUADRO 5

SECUENCIA DE MORTALIDAD SEMANAL DE LAS RATAS, OBSERVADA DURANTE LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 1 Y 2.

Mortalidad semanal																		
Ración			1		2		3		4		5		6		P.F.		P.E.	
No.	% Proteína	% Pulpa	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	M.T.	%	M.T.	%
1	10	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
2		15	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	1/8	12.5
3		30	2	-	1	-	1	-	-	1	1	-	-	-	5/8	62.5	1/8	12.5
4		45	5	1	2	-	1	-	-	-	-	1	-	-	8/8	100.0	2/8	25.0
5	15	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
6		15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
7		30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/8	12.5	0/8	0.0
8		45	4	1	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	8/8	100.0	2/8	25.0
9	20	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
10		15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
11		30	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2/8	25.0	0/8	0.0
12		45	3	3	4	1	-	-	1	-	-	-	-	-	8/8	100.0	4/8	50.0
13	25	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
14		15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0/8	0.0	0/8	0.0
15		30	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3/8	37.5	1/8	12.5
16		45	1	1	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	3/8	37.5	4/8	50.0

* Grupos de 8 ratas: 4 machos y 4 hembras.
P.F.= Pulpa fresca
P.E.= Pulpa ensilada
M.T.= Mortalidad total = muertas/vivas.

CUADRO 6

CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO PARA CADA UNA DE LAS RACIONES DE LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 1 Y 2 CON RATAS ALIMENTADAS CON PULPA FRESCA O ENSILADA, RELACIONADO CON EL PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA DE CAFE EN LA RACION

No. Ración	% Proteína	% Pulpa	Consumo de alimento g	
			Pulpa fresca	Pulpa ensilada
1		0	574 ^a	556 ^a
2		15	460 ^b	522 ^b
3	10	30	319 ^c	392 ^c
4		45	*	326 ^c
5		0	616 ^d	696 ^d
6		15	619 ^d	665 ^d
7	15	30	344 ^c	486 ^e
8		45	*	360 ^c
9		0	618 ^d	647 ^d
10		15	695 ^d	698 ^d
11	20	30	436 ^b	606 ^d
12		45	*	443 ^e
13		0	623 ^d	654 ^d
14		15	657 ^d	688 ^d
15	25	30	492 ^b	607 ^d
16		45	496 ^b	471 ^c

* 100% mortalidad

Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05)

CUADRO 7

GANANCIA DE PESO PROMEDIO EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 1 Y 2 CON RATAS ALIMENTADAS CON PULPA FRESCA O ENSILADA, RELACIONADA CON EL PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA DE CAFE EN LA RACION

No. ración	Proteína %	Pulpa %	Ganancia de peso g	
			Pulpa fresca	Pulpa ensilada
1		0	108 ^a	105 ^a
2	10	15	52 ^b	74 ^b
3		30	-12 ^c	18 ^c
4		45	*	-14 ^c
5		0	146 ^d	156 ^e
6		15	128 ^d	129 ^e
7	15	30	34 ^c	74 ^b
8		45	*	14 ^c
9		0	159 ^d	172 ^e
10		15	155 ^d	138 ^e
11	20	30	66 ^b	113 ^a
12		45	*	41 ^c
13		0	167 ^d	175 ^e
14	25	15	160 ^d	157 ^e
15		30	72 ^b	126 ^a
16		45	48 ^c	62 ^b

* 100% mortalidad

Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05)

CUADRO 8

INDICE DE EFICIENCIA ALIMENTICIA (I.E.A.)* PARA LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 1 Y 2 CON RATAS ALIMENTADAS CON PULPA FRESCA O ENSILADA, RELACIONADO CON EL PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA EN LA RACION

No. ración	Proteína %	Pulpa %	I.E.A.	
			Pulpa fresca	Pulpa ensilada
1	10	0	5.4 ^a	5.3 ^a
2		15	9.2 ^b	7.2 ^b
3		30	-	24.2 ^c
4		45	**	-
5	15	0	4.2 ^c	4.4 ^d
6		15	4.8 ^c	5.2 ^a
7		30	10.5 ^b	6.8 ^b
8		45	**	42.0 ^e
9	20	0	3.9 ^c	3.7 ^d
10		15	4.5 ^c	5.0 ^a
11		30	7.1 ^b	5.4 ^c
12		45	**	9.8 ^f
13	25	0	3.8 ^c	3.7 ^d
14		15	4.1 ^c	4.4 ^a
15		30	7.6 ^b	4.8 ^a
16		45	10.6 ^c	8.4 ^f

* I.E.A. = $\frac{\text{alimento consumido g}}{\text{Ganancia en peso g}}$

- : negativo

** 100% mortalidad

Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05)

CUADRO 9

DIGESTIBILIDAD APARENTE (D.A.)* DE LAS RACIONES DE LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 1 Y 2 CON RATAS ALIMENTADAS CON PULPA FRESCA O ENSILADA, RELACIONADA CON EL PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA EN LA RACION

No. ración	Proteína %	Pulpa %	D. A.	
			Pulpa fresca	Pulpa ensilada
1	10	0	78.0	79.6
2		15	69.0	70.8
3		30	65.0	67.7
4		45	**	48.8
5	15	0	76.6	78.1
6		15	68.0	72.5
7		30	65.5	63.7
8		45	**	61.7
9	20	0	78.8	79.2
10		15	71.2	72.9
11		30	66.0	67.0
12		45	**	62.9
13	25	0	79.0	78.9
14		15	70.6	72.3
15		30	71.0	71.2
16		45	70.6	70.4

*% D.A.= $\frac{\text{N. ingerido} - \text{N. fecal}}{\text{N. ingerido}} \times 100$

** 100% mortalidad

CUADRO 10

DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUIDO PARA LA DISTRIBUCION DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS CON HIDROXIDO DE CALCIO, TOMANDO EN CUENTA EL METODO Y TIEMPO DE APLICACION Y LA CONCENTRACION DE CAL, PARA PULPA FRESCA Y ENSILADA

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concentración de cal (%)
Remojo	0	0
		1
		2
		3
		0
	16	1
		2
		3
		0
		-1
Contacto	0	2
		3
		0
	16	1
		2

CUADRO 11

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CALCIO (%) EN MUESTRAS DE PULPA FRESCA Y ENSILADA, TRATADAS POR REMOJO CON CAL

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Pulpa fresca	Pulpa ensilada
Remojo	0	0	1.351	0.882
		1	3.235	2.483
		2	3.902	5.621
		3	4.656	6.064
	16	0	0.783	1.360
		1	4.476	3.953
		2	6.521	7.146
		3	7.991	9.184
			0.817	0.830

CUADRO 12

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CALCIO (%) EN MUESTRAS DE PULPA FRESCA Y ENSILADA, TRATADAS POR CONTACTO CON CAL

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Pulpa fresca	Pulpa ensilada
Contacto	0	0	1.876	1.569
		1	2.003	2.464
		2	5.093	3.325
		3	6.700	4.976
	16	0	1.824	1.179
		1	4.757	2.070
		2	5.798	3.789
		3	7.946	6.461
			0.817	0.830

CUADRO 13

DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUIDO PARA LA ELABORACION DE LAS RACIONES EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 3 Y 4.

Ensayo Biológico No.	Tipo de Pulpa Ensilada	Contenido de pro- teína en la ración	Contenido de pul- pa en la ración	Método de aplicación	Tiempo de aplicación (horas)	Concentración de cal (%)
3		15%	15 y 30%	Remojo y contacto	0 y 16	0, 1, 2 y 3
4	Fresca					

CUADRO 14

COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA ENSILADA O PULPA FRESCA, UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 3 Y 4 CON RATAS EN CRECIMIENTO.

Ingredientes

Harina de soya	21.00	21.00	20.00	20.00
Granillo de trigo	30.00	15.00	30.00	15.00
Pulpa de café ensilada tratada con cal	15.00	30.00	-	-
Pulpa de café fresca tratada con cal	-	-	15.00	30.00
Aceite de semilla de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00
Alphacel *	5.95	3.47	6.10	3.55
Almidón	18.05	20.53	18.90	21.45
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

Todas las raciones fueron suplementadas con solución de vitaminas, 5ml/100g de ración. (67).

* Ver Cuadro 1.

CUADRO 15

SECUENCIA DE LA MORTALIDAD SEMANAL DE LAS RATAS * OBSERVADA DURANTE EL ENSAYO BIOLOGICO 4, USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEÍNA Y 15 Y 30% DE PULPA DE CAFE FRESCA TRATADA CON CAL.

<u>Método de Aplicación</u>	<u>Tiempo de Aplicación</u>	<u>Concent. de cal %</u>	<u>Semanas de Experimentación</u>												<u>TOTAL</u>	
			<u>1</u>		<u>2</u>		<u>3</u>		<u>4</u>		<u>5</u>		<u>6</u>		<u>TOTAL</u>	
			15%	30%	15%	30%	15%	30%	15%	30%	15%	30%	15%	30%	15%	30%
Remojo		0	1	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5
		1	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
		2	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
		3	1	1	-	6	-	1	-	-	-	-	-	-	1	8
		0	-	4	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	7
		1	-	2	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	5
		2	-	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	4
		3	-	3	-	1	-	1	-	3	-	-	-	-	-	8
		0	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
		1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Contacto		2	-	6	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7
		3	-	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4
		0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1
		3	-	2	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	4

* 8 ratas por grupo (4 machos y 4 hembras)

** Horas.

CUADRO 16

CONSUMO PROMEDIO DE ALIMENTO OBSERVADO EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 3 Y 4 CON RATAS EN CRECIMIENTO USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA TRATADA CON CAL

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Alimento consumido g			
			Pulpa fresca		Pulpa ensilada	
			15%	30%	15%	30%
Remojo		0	700 ^a	352 ^a	833 ^a	618 ^a
		1	708 ^a	481 ^b	820 ^a	663 ^a
		2	645 ^a	373 ^a	815 ^a	559 ^b
		3	650 ^a	*	800 ^a	526 ^b
		0	690 ^a	301 ^a	858 ^a	706 ^c
		1	711 ^a	466 ^b	856 ^a	707 ^c
		2	667 ^a	365 ^a	798 ^a	673 ^a
		3	648 ^a	*	804 ^a	606 ^a
Contacto		0	718 ^a	440 ^b	806 ^a	611 ^a
		1	666 ^a	431 ^b	808 ^a	563 ^b
		2	667 ^a	466 ^b	830 ^a	588 ^b
		3	646 ^a	393 ^a	806 ^a	575 ^b
		0	692 ^a	422 ^b	799 ^a	559 ^b
		1	666 ^a	404 ^b	812 ^a	582 ^b
		2	633 ^a	383 ^a	821 ^a	540 ^b
		3	561 ^b	326 ^a	769 ^b	506 ^b

* 100% mortalidad
Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05)

CUADRO 17

GANANCIA DE PESO PROMEDIO OBSERVADA EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 3 Y 4 CON RATAS EN CRECIMIENTO USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA TRATADA CON CAL.

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Ganancia de peso g			
			Pulpa fresca		Pulpa ensilada	
			15%	30%	15%	30%
Remojo	0	0	117.5 ^a	16.5	144.0 ^a	76.7 ^a
		1	102.7 ^a	31.7	143.0 ^a	83.2 ^a
		2	99.8 ^b	-2.5	145.5 ^a	58.8 ^a
		3	104.6 ^a	*	145.6 ^a	53.7 ^b
	16	0	114.6 ^a	29.2	141.2 ^a	94.7 ^a
		1	113.1 ^a	37.2	137.7 ^a	86.5 ^a
		2	101.3 ^b	6.2	124.7 ^a	61.7 ^a
		3	100.7 ^b	*	127.7 ^a	42.8 ^b
Contacto	0	0	129.5 ^c	40.0	137.7 ^a	84.5 ^a
		1	108.7 ^a	26.2	104.2 ^b	68.7 ^a
		2	104.0 ^a	17.5	142.2 ^a	74.0 ^a
		3	77.2 ^d	27.7	131.2 ^a	68.8 ^a
	16	0	121.1 ^c	22.5	134.1 ^a	69.1 ^a
		1	113.0 ^b	17.7	134.3 ^a	78.5 ^a
		2	93.9 ^e	14.3	141.1 ^a	58.0 ^a
		3	61.2 ^d	0.0	117.2 ^b	46.6 ^b

* 100% mortalidad
Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05)

CUADRO 18

INDICE DE EFICIENCIA ALIMENTICIA (I.E.A.) * OBSERVADO EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 3 Y 4 CON RATAS EN CRECIMIENTO USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA TRATADA CON CAL

Método de aplicación	Tiempo de aplicación (horas)	Concent. de cal %	I.E.A.			
			Pulpa fresca		Pulpa ensilada	
			15%	30%	15%	30%
Remojo	0	0	6.0 ^a	38.5	5.8 ^a	8.2
		1	6.9 ^a	16.2	5.9 ^a	8.1
		2	6.4 ^a	-	5.6 ^a	9.8
		3	6.3 ^a	**	5.5 ^a	10.7
		0	6.0 ^a	11.5	6.0 ^a	7.4
	16	1	6.3 ^a	14.3	6.3 ^a	8.2
		2	6.6 ^a	58.4	6.4 ^a	12.5
		3	6.4 ^a	**	6.4 ^a	15.4
		0	5.6 ^b	11.6	5.9 ^a	7.2
		1	6.2 ^a	60.8	5.8 ^a	8.2
Contacto	0	2	6.6 ^a	46.6	5.9 ^a	8.2
		3	6.9 ^a	24.3	6.3 ^a	8.4
		0	5.7 ^b	27.1	6.0 ^a	8.3
		1	5.9 ^b	40.1	6.1 ^a	7.8
	16	2	6.7 ^a	114.2	5.8 ^a	10.2
		3	9.4 ^c	-	6.6 ^a	11.1

* I.E.A.= $\frac{\text{Alimento consumido g}}{\text{Ganancia en peso g}}$

** 100% mortalidad

Letras diferentes indican diferencias significativas (P 0.05)

CUADRO 19

DIGESTIBILIDAD APARENTE (D.A.) * OBSERVADA EN LOS ENSAYOS BIOLOGICOS 3 Y 4, CON RATAS EN CRECIMIENTO USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA TRATADA CON CAL.

Método de Aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Pulpa fresca		Pulpa ensilada	
			15%	30%	15%	30%
Remojo	0	0	69.0	66.0	65.0	66.2
		1	68.5	63.0	70.6	62.1
		2	68.0	62.5	70.9	66.3
		3	66.0	**	68.9	61.2
		0	68.0	65.8	68.8	67.9
	16	1	68.1	61.0	69.4	58.6
		2	67.0	60.0	69.4	69.3
		3	66.2	**	69.7	63.9
		0	69.0	64.0	72.7	66.9
		1	68.1	61.0	71.0	72.0
Contacto	0	2	67.6	59.5	71.5	61.5
		3	67.0	63.0	69.4	62.4
		0	69.2	65.0	73.5	65.4
		1	68.0	63.0	70.2	61.1
	16	2	69.5	62.5	69.7	62.3
		3	68.2	61.0	69.9	60.7

* % D.A. = $\frac{\text{N. ingerido}-\text{N. tecal}}{\text{N. ingerido}} \times 100$

** 100% mortalidad

CUADRO 20

RELACION CALCIO/FOSFORO ENCONTRADA EN LAS MUESTRAS DE PULPA FRESCA O ENSI-
LADA, DESPUES DE SOMETERLAS A TRATAMIENTOS ALCALINOS

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Relación calcio/fósforo	
			Pulpa fresca	Pulpa ensilada
Remojo	0	0	8.2/1	7.6/1
		1	30.2/1	21.5/1
		2	36.4/1	48.4/1
		3	43.5/1	52.7/1
	16	0	7.3/1	6.3/1
		1	41.8/1	34.7/1
		2	60.8/1	62.1/1
		3	74.6/1	79.8/1
	0	0	7.5/1	6.5/1
		1	18.7/1	21.4/1
Contacto	0	2	47.5/1	28.9/1
		3	62.6/1	43.2/1
	16	0	7.7/1	6.4/1
		1	44.4/1	18.0/1
		2	54.1/1	32.9/1
		3	74.2/1	56.1/1

CUADRO 21

RESULTADOS DE LOS AMINOGRAMAS EN PULPA DE CAFE FRESCA, SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS.

g AA/16 g de N

Tipo de aplicación	Remojo								Contacto								Testigo
	0 h.				16 h.				0 h.				16 h.				
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	
Concentración de Ca(OH) ₂	3.82	6.98	4.49	6.06	5.34	6.06	7.37	7.61	6.60	6.52	6.10	5.18	6.50	4.85	7.23	8.20	6.45
Aminoácidos	1.89	2.89	1.80	2.92	2.47	2.42	2.40	2.63	2.55	2.01	2.58	2.26	3.09	2.11	2.67	3.56	2.94
Ac. aspártico	1.69	2.47	1.38	2.44	2.28	2.18	1.78	2.41	1.72	1.57	2.18	1.93	2.32	1.76	2.07	2.57	2.14
Treonina	6.81	9.50	5.60	8.25	7.34	7.50	8.28	8.40	7.91	8.75	8.63	7.07	8.41	7.35	9.16	9.90	8.73
Serina	4.96	4.48	3.17	5.55	5.37	4.57	2.44	6.00	4.30	4.53	4.85	4.61	5.27	4.18	5.07	5.65	4.40
Ac. glutámico	3.13	3.87	2.65	4.41	4.14	3.15	1.94	4.66	3.95	4.00	4.16	3.99	4.48	3.49	4.72	5.17	3.46
Glicina	4.66	5.33	3.26	6.01	5.44	4.33	5.00	5.37	4.84	5.15	4.71	4.95	5.62	2.28	5.14	5.68	4.89
Alanina	T	-	-	-	T	0.18	-	0.42	-	-	-	-	-	0.28	0.26	0.25	0.33
Valina	T	-	-	-	0.22	0.11	-	0.17	-	-	0.09	-	-	-	0.33	0.19	0.10
Cistina	4.05	4.73	2.67	5.05	4.01	4.50	4.42	3.12	3.59	4.93	3.95	3.89	4.05	3.34	5.34	4.76	4.60
Metionina	4.96	5.82	4.03	5.52	4.80	4.52	4.89	6.19	4.84	4.11	5.33	5.45	5.18	5.37	4.98	5.79	4.73
Isoleucina	2.13	2.30	1.56	2.56	2.35	2.22	2.35	2.40	1.33	2.14	2.24	1.74	2.49	2.08	2.96	2.81	2.29
Leucina	3.12	3.89	2.19	3.80	3.14	3.49	3.52	3.61	2.60	3.13	3.38	3.34	3.46	2.91	3.47	3.73	3.24
Tirosina	1.66	0.91	0.80	0.84	1.53	1.02	1.08	1.06	0.96	0.95	1.42	0.90	1.09	0.85	1.13	1.35	1.15
Fenilalanina	4.08	5.26	2.82	4.13	4.40	3.93	3.36	4.14	3.75	4.08	4.36	3.59	5.15	4.11	3.32	3.97	3.96
Amonifaco	2.54	2.60	1.82	3.12	2.83	2.35	2.88	3.29	1.34	1.94	1.88	2.40	2.20	2.39	2.89	2.62	2.64
Lisina	2.86	3.61	4.33	3.41	3.67	3.25	3.47	3.56	1.84	2.60	3.44	3.20	3.42	3.30	3.03	3.69	3.82
Histidina																	
Arginina																	

T = trazas.

CUADRO 22

RESULTADOS DE LOS AMINOGRAMAS EN PULPA DE CAFE ENSILADA, SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS

gAA/16g de N

Tipo de aplicación	Remojo								Contacto								Testigo
	0 h.				16 h.				0 h.				16 h.				
Concentración de Ca(OH) ₂	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	-----
Aminoácidos																	
Ac. aspártico	5.18	4.18	6.12	4.61	4.74	6.62	4.87	6.20	6.64	7.21	4.17	6.52	6.77	5.92	7.05	5.45	7.75
Treonina	1.94	1.40	2.17	1.77	1.58	2.02	1.32	2.21	2.32	2.11	1.26	1.96	2.08	1.80	2.24	1.83	3.78
Serina	0.94	0.86	1.23	0.95	1.36	0.85	0.66	1.15	1.04	1.14	0.77	0.92	1.12	0.72	1.07	0.83	1.19
Ac. glutámico	6.68	6.81	8.03	6.53	8.51	7.77	6.20	9.19	7.98	9.67	5.96	7.29	8.86	5.83	8.95	8.19	7.44
Glicina	3.95	3.75	4.92	4.08	4.03	4.55	3.52	5.77	4.16	3.63	4.02	4.57	4.85	3.98	5.02	4.70	3.37
Alanina	4.03	3.56	4.33	3.87	3.57	4.22	2.79	4.49	4.11	5.57	3.83	3.84	4.21	3.34	4.81	4.06	3.42
Valina	4.84	3.31	4.58	3.58	5.07	4.94	3.58	5.30	5.26	4.92	3.58	4.42	4.88	3.74	4.50	4.20	2.59
Cistina	0.25	0.21	0.35	0.77	0.47	0.67	0.49	0.64	0.25	0.22	0.24	0.24	0.17	0.16	T	0.53	0.32
Metionina	0.23	0.25	T	0.09	0.38	0.34	0.29	0.26	0.19	0.18	0.23	0.15	0.18	0.20	T	T	0.22
Isoleucina	3.41	3.15	3.79	2.64	4.09	3.18	4.61	3.64	3.13	3.56	2.57	3.12	3.48	2.47	3.38	3.06	3.10
Leucina	4.64	4.11	5.07	4.53	5.12	5.55	4.98	5.31	4.11	4.44	4.49	3.89	4.86	4.24	5.36	4.87	4.59
Tirosina	1.52	1.44	1.51	1.58	1.83	1.89	1.74	2.12	1.93	1.44	1.34	1.20	1.60	1.22	1.44	1.24	1.48
Fenilalanina	2.67	2.51	2.84	2.51	2.95	3.60	2.79	4.01	3.07	2.78	2.82	2.36	2.97	2.16	3.42	2.54	3.04
Amoníaco	1.15	0.88	1.29	0.82	1.36	0.50	0.97	1.07	1.28	1.62	1.08	1.04	1.35	1.13	1.34	1.07	1.32
Lisina	3.50	3.69	3.17	2.90	5.82	5.38	2.76	3.84	3.90	3.80	2.60	3.79	4.70	2.71	3.42	3.33	4.42
Histidina	2.10	1.76	2.44	1.80	2.36	2.32	2.28	3.07	2.70	2.44	1.52	2.45	2.34	1.63	2.26	2.53	3.06
Arginina	2.13	1.93	3.16	2.50	2.89	3.11	2.36	3.20	2.89	3.17	1.94	2.92	2.63	1.53	3.04	2.59	2.70

T = trazas.

CUADRO 23

CONTENIDO DE CAFEINA, TANINOS, ACIDO CLOGENICO Y ACIDO CAFEICO EN PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA, SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS.

%

Método de Aplicación	Tiempo de Apli- cación (horas)	Concent. de Ca(OH) ₂ %	Cafeína		Taninos		Ac. Clorogénico		Ac.Cafeico	
			P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.
Remojo	0	0	0.68	1.08	1.50	2.27	1.40	1.67	0.14	0.15
		1	0.68	1.08	1.46	1.46	1.35	1.65	0.15	0.13
		2	0.73	1.20	1.34	0.89	1.33	1.55	0.11	0.16
		3	0.68	0.98	1.35	0.69	1.28	1.52	0.16	0.16
	16	0	0.69	0.98	1.34	1.89	1.38	1.70	-	0.17
		1	0.63	0.98	1.33	1.50	1.37	1.70	0.09	0.15
		2	0.62	0.98	1.31	0.92	1.25	1.49	0.10	0.17
		3	0.71	1.05	1.28	0.63	1.33	1.45	0.10	0.17
	0	0	0.63	1.10	1.35	2.10	1.49	1.71	0.16	0.18
		1	0.63	0.96	1.30	1.54	1.46	1.68	0.15	0.17
		2	0.62	0.98	1.31	1.21	1.41	1.65	0.16	0.19
		3	0.70	0.98	1.30	1.31	1.41	1.68	0.15	0.19
Contacto	16	0	0.63	0.96	1.35	2.54	1.39	1.74	0.16	0.19
		1	0.65	0.98	1.37	1.46	1.40	1.69	0.13	0.17
		2	0.65	1.20	1.33	0.94	1.40	1.61	0.14	0.19
		3	0.67	0.98	1.29	0.96	1.38	1.63	0.14	0.19
Testigo		0.65	0.98	1.35	2.20	1.48	1.73	0.16	0.19	

P.E. = Pulpa ensilada.
P.F. = Pulpa fresca.

CUADRO 24

DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUIDO PARA LA DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS ALCALINOS APLICADOS A LA PULPA FRESCA ENTERA O MACERADA

Tipo de pulpa	Tiempo y método de aplicación	Concentración de Ca(OH) ₂
Pulpa fresca entera	0 horas, remojo	0
		1
		2
		3
		0
	16 horas, remojo	1
		2
		3
		0
Pulpa fresca macerada	0 horas, remojo	1
		2
		3
		0
		1
	16 horas, remojo	2
		3
		0
		1

CUADRO 25

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE LA PULPA FRESCA ENTERA Y MACERADA SE-CADAS AL SOL %

	Pulpa fresca	
	Entera	Macerada
Humedad	11.00	10.30
Extracto etéreo	3.70	3.70
Fibra cruda	20.00	20.00
Nitrógeno	1.76	1.57
Proteína (N.x 6.25)	11.00	9.80
Cenizas	4.70	4.90

CUADRO 26

CONTENIDO DE CAFEINA Y TANINOS EN PULPA FRESCA ENTERA Y MACERADA,
SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS.
%

Método de aplicación	Tiempo de aplicación, (horas)	Concent. de cal %	Cafeína		Taninos	
			P.F.E.	P.F.M.	P.F.E.	P.F.M.
Remojo	0	0	0.98	1.00	2.00	2.10
		1	1.05	1.05	1.65	1.68
		2	1.03	1.04	1.10	1.00
		3	1.04	1.05	1.00	1.05
	16	0	1.05	1.00	2.00	2.03
		1	1.00	1.00	1.50	1.65
		2	1.06	1.03	0.95	0.90
		3	1.05	1.05	0.84	0.88
	Testigo		1.05	1.05	2.18	2.17

P.F.E.= Pulpa fresca entera
P.F.M.= Pulpa fresca macerada

CUADRO 27

CONSUMO DE ALIMENTO, GANANCIA DE PESO, E INDICE DE EFICIENCIA ALIMENTICIA (I.E.A.)* OBSERVADOS EN EL ENSAYO BIOLOGICO 5 , USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15% DE PULPA FRESCA ENTERA O MACERADA, TRATADAS CON CAL.

Método de Aplicación	Tiempo de aplicación (horas)	Concent. de Ca(OH) ₂	Consumo de Alimento, g		Ganancia de Peso, g		I.E.A.	
			P.F.E.	P.F.M.	P.F.E.	P.F.M.	P.F.E.	P.F.M.
Remojo	0	0	537 ^c	565 ^c	85 ^a	93 ^b	6.7 ^a	6.0 ^a
		1	567 ^c	584 ^b	91 ^b	89 ^a	6.3 ^a	6.6 ^a
		2	585 ^b	585 ^b	89 ^a	96 ^b	6.6 ^a	6.2 ^a
		3	574 ^b	608 ^b	83 ^a	82 ^a	7.0 ^b	7.6 ^b
	16	0	621 ^b	525 ^a	103 ^b	81 ^a	6.1 ^a	6.5 ^a
		1	562 ^c	600 ^b	94 ^a	95 ^b	6.0 ^a	6.3 ^a
		2	626 ^b	600 ^b	96 ^b	95 ^b	6.5 ^a	6.3 ^a
		3	617 ^b	578 ^b	93 ^b	76 ^a	6.8 ^a	7.6 ^b

P.F.E.= Pulpa fresca entera
P.F.M.= Pulpa fresca macerada.
* I.E.A. = $\frac{\text{Alimento consumido, g}}{\text{Ganancia en peso, g}}$

Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05)

CUADRO 28

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE PULPA DE CAFE FRESCA, CON Y SIN TRATAMIENTOS ALCALINOS Y SECADA AL SOL.

Tipo de Aplicación	Tiempo de Aplicación (horas)	Concent. de Ca(OH) ₂ %	Análisis Proximal g %						
			Humedad	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Nitrógeno	Proteína N.x 6.25	Cenizas	Extracto libre de* Nitrógeno
Remojo	0	0	11.2	3.9	18.8	1.609	10.1	5.8	50.2
		1	10.2	3.6	16.4	1.474	9.2	8.8	51.8
		2	9.8	3.9	15.6	1.657	10.4	12.9	47.4
		3	10.3	3.8	15.5	1.325	8.3	13.9	48.2
	16	0	9.4	3.9	18.1	1.674	10.5	4.8	53.3
		1	8.3	3.6	17.5	1.506	9.4	8.7	52.5
		2	9.5	3.0	14.8	1.374	8.6	12.7	51.4
		3	10.8	3.0	14.2	1.220	7.6	14.2	50.2
Contacto	0	0	7.8	4.0	18.3	1.973	12.3	6.8	50.8
		1	8.5	3.4	17.6	1.626	10.2	8.5	51.8
		2	11.1	3.1	16.7	1.728	10.8	9.9	48.4
		3	10.1	3.3	16.3	1.560	9.8	10.9	49.6
	16	0	9.5	3.8	17.6	1.756	11.0	5.5	52.6
		1	9.7	3.1	17.4	1.652	10.3	10.5	49.0
		2	9.7	3.0	17.6	1.604	10.0	12.2	47.5
		3	9.8	3.0	15.8	1.509	9.4	13.4	48.6
Testigo			11.5	2.8	21.0	1.970	12.3	6.6	45.8

* Calculado por diferencia.

CUADRO 29

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE PULPA DE CAFE ENSILADA, CON Y SIN TRATAMIENTOS ALCALINOS, SECADA AL SOL.

Método de Aplicación	Tiempo de Aplicación (horas)	Concent. de Ca(OH) ₂ %	Humedad	Extracto Etéreo	Fibra Cruda	Nitrógeno	Proteína N.x 6.25	Cenizas	Extracto libre de* Nitrógeno
Remojo	0	0	9.1	3.5	16.5	1.653	10.6	10.0	50.3
		1	9.0	2.7	15.6	1.554	9.7	11.7	51.3
		2	9.3	2.8	15.3	1.479	9.2	13.7	49.7
		3	7.8	2.8	15.6	1.478	9.2	14.5	50.1
	16	0	9.3	3.1	20.5	1.687	10.5	7.4	49.2
		1	8.6	2.8	20.3	1.623	10.1	9.9	48.3
		2	9.3	2.4	17.6	1.457	9.1	12.7	48.9
		3	8.8	2.6	14.5	1.507	9.4	12.8	51.9
Contacto	0	0	10.8	3.7	16.8	1.673	10.4	9.5	48.8
		1	10.7	3.3	15.5	1.574	9.8	11.0	49.7
		2	9.1	3.0	12.1	1.660	10.4	13.5	51.9
		3	10.0	2.5	11.9	1.513	9.5	13.9	52.2
	16	0	9.6	3.3	14.6	1.547	9.7	12.4	50.4
		1	9.6	4.2	14.8	1.546	9.7	10.9	49.3
		2	10.5	2.7	16.1	1.377	8.6	14.7	47.4
		3	9.6	2.9	13.7	1.410	8.8	15.4	49.6
Testigo			11.7	4.0	19.6	1.602	10.0	9.1	51.0

* Calculado por diferencia.

CUADRO 30
CONTENIDO DE FOSFORO, CALCIO, SODIO Y POTASIO (mg/100g) EN PULPA DE
CAFE FRESCA Y ENSILADA

Mineral	Tipo de Pulpa	
	Fresca	Ensilada
Fósforo	107	115
Calcio	817	830
Sodio	82	90
Potasio	1650	1715

Figura 1. EFECTO DEL PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA FRESCA O ENSILADA EN LA RACION SOBRE EL CONSUMO TOTAL DE ALIMENTO DE RATAS EN CRECIMIENTO. ENSAYOS BIOLOGICOS 1 Y 2.

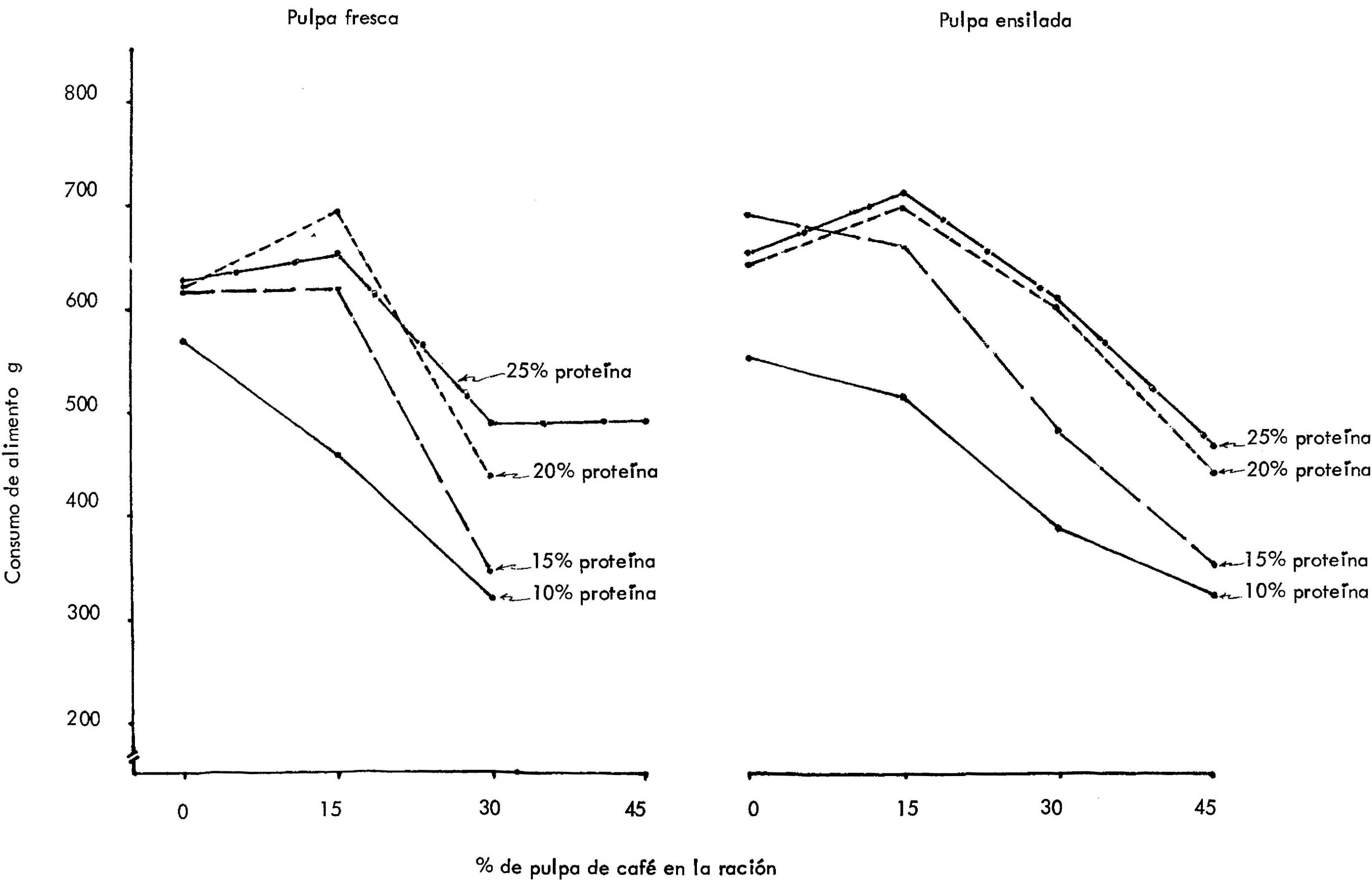


Figura 2. EFECTO DE PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA DE CAFE FRESCA EN LA RACION, SOBRE LA GANANCIA EN PESO DE RATAS EN CRECIMIENTO. ENSAYO-BIOLOGICO 1.

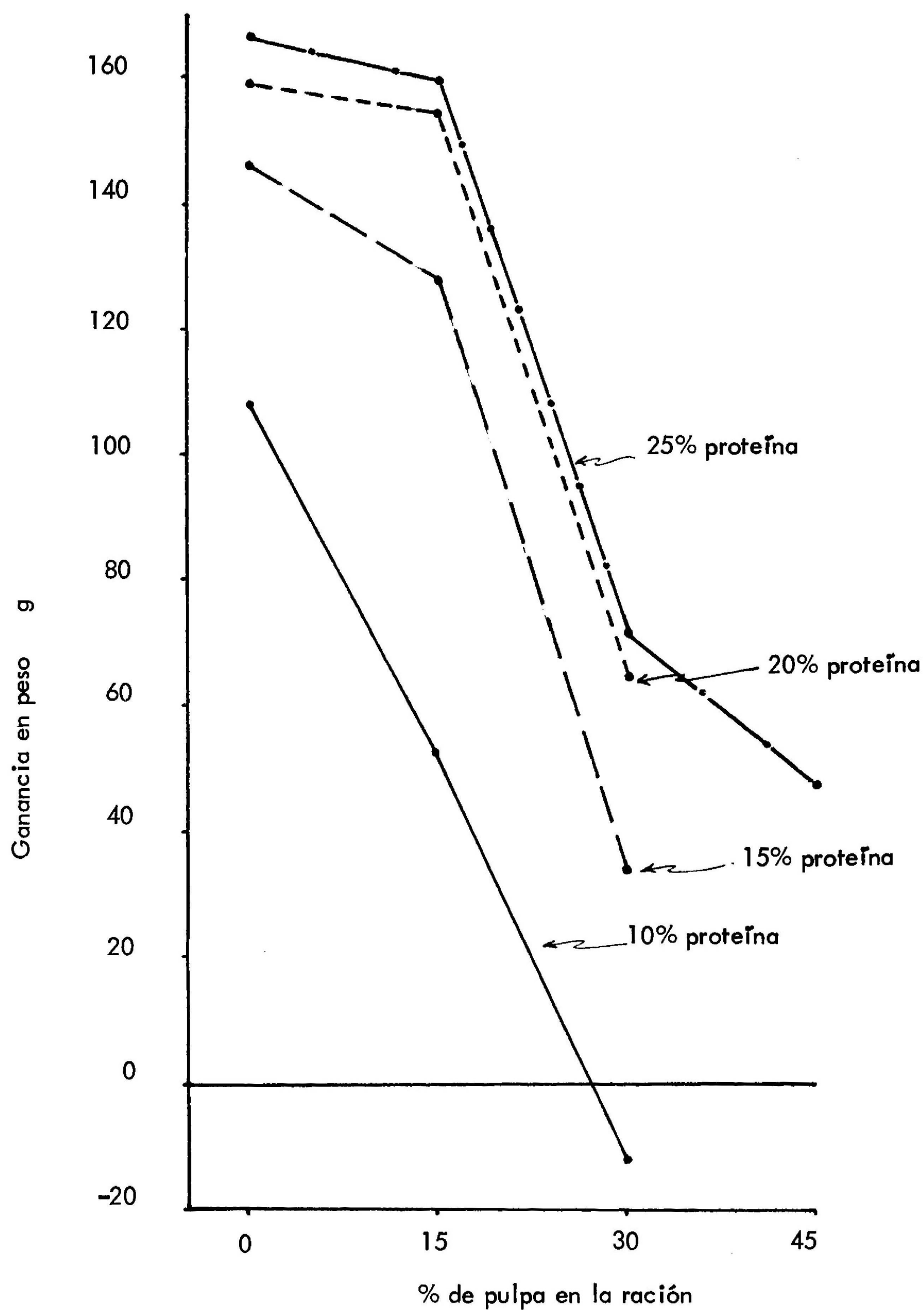


Figura 3. COMPARACION ENTRE LAS GANANCIAS DE PESO DE RATAS EN CRECIMIENTO ALIMENTADAS CON PULPA DE CAFE FRESCA O ENSILADA, EN RELACION AL - PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA EN LA RACION.

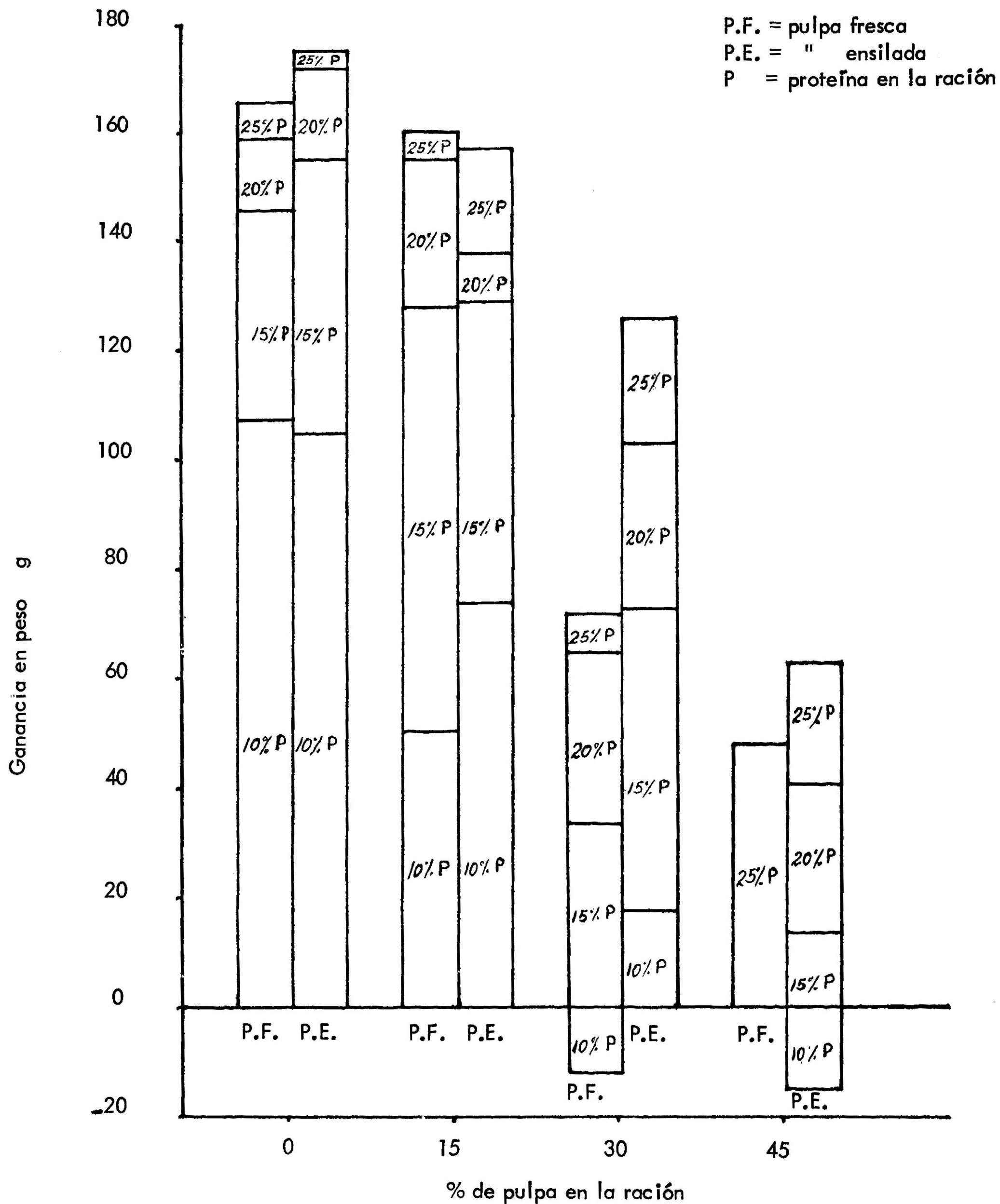


Figura 4. EFECTO DEL PORCENTAJE DE PROTEINA Y DE PULPA DE CAFE ENSILADA EN LA RACION, SOBRE LA GANANCIA EN PESO DE RATAS EN CRECIMIENTO. ENSAYO BIOLOGICO 2.

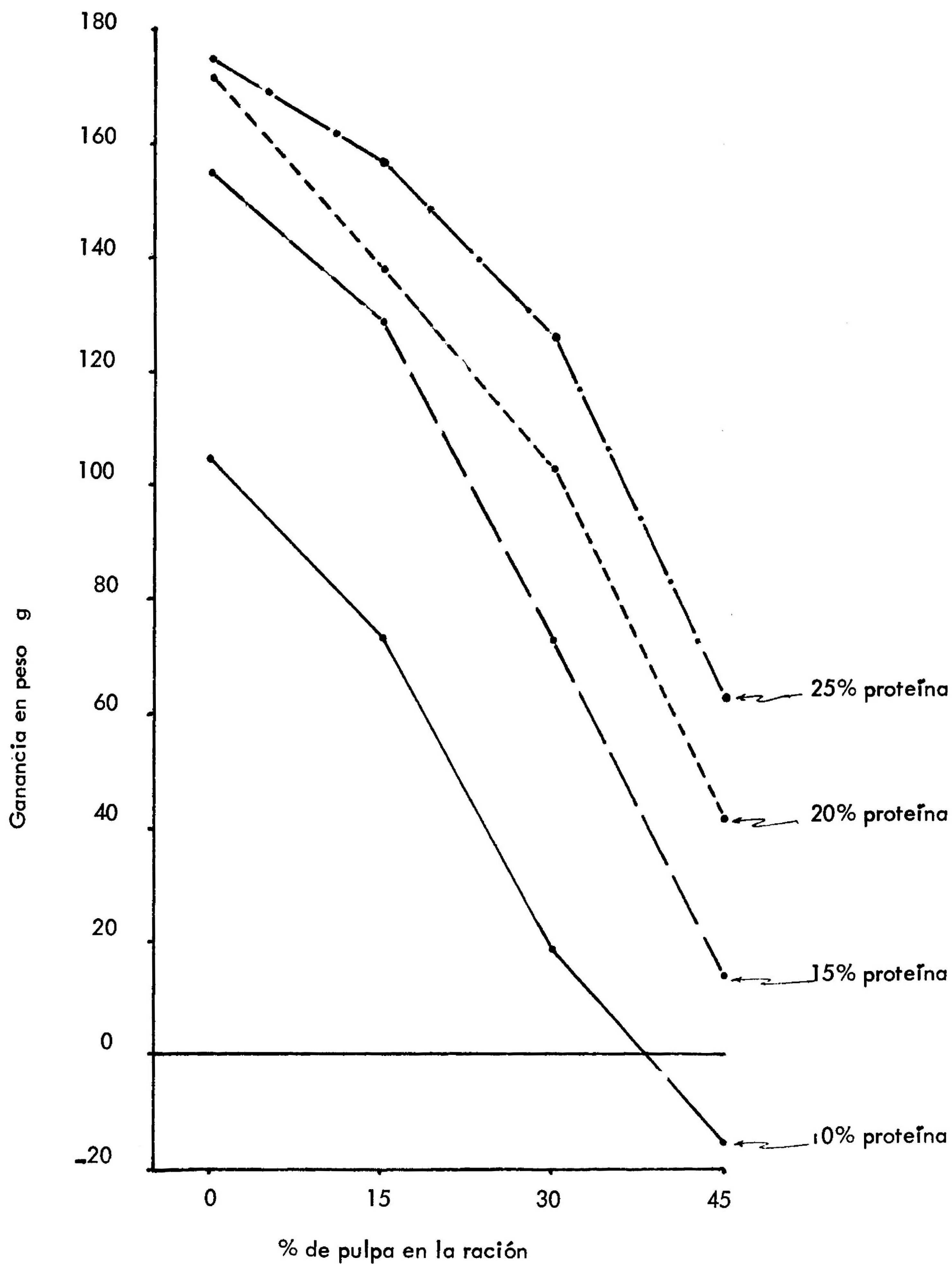
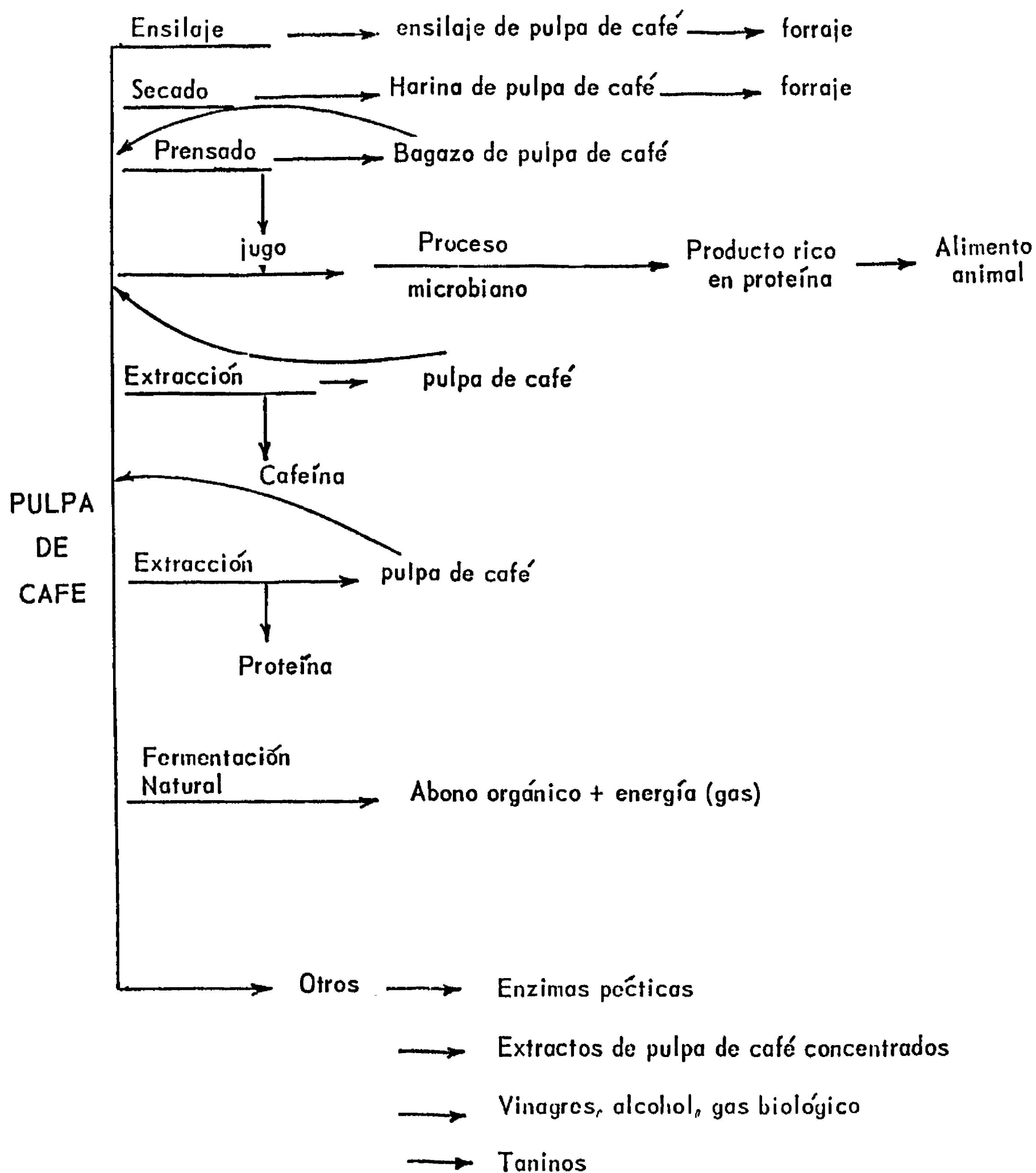
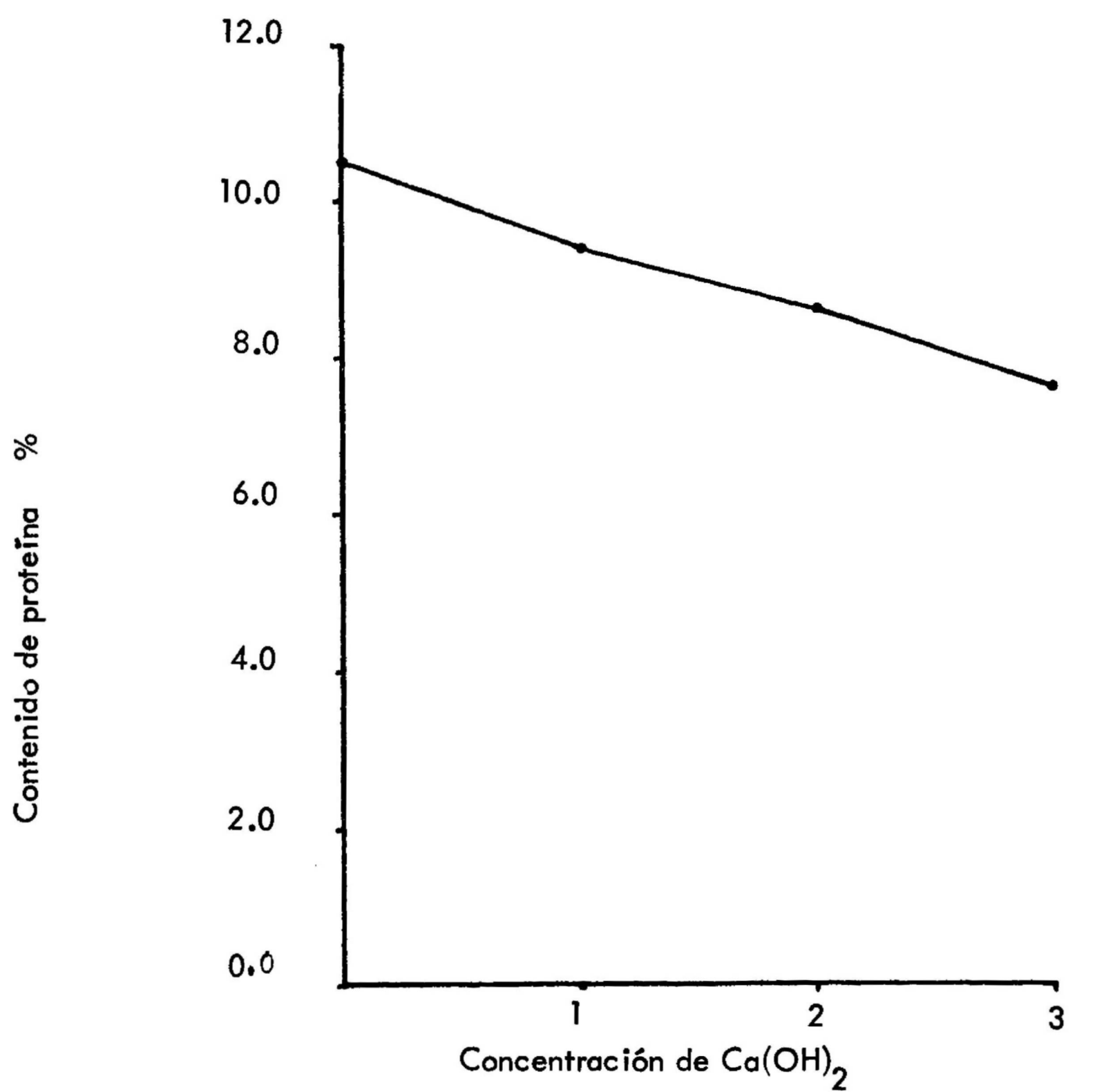


Figura 5. USOS POTENCIALES DE LA PULPA DE CAFE



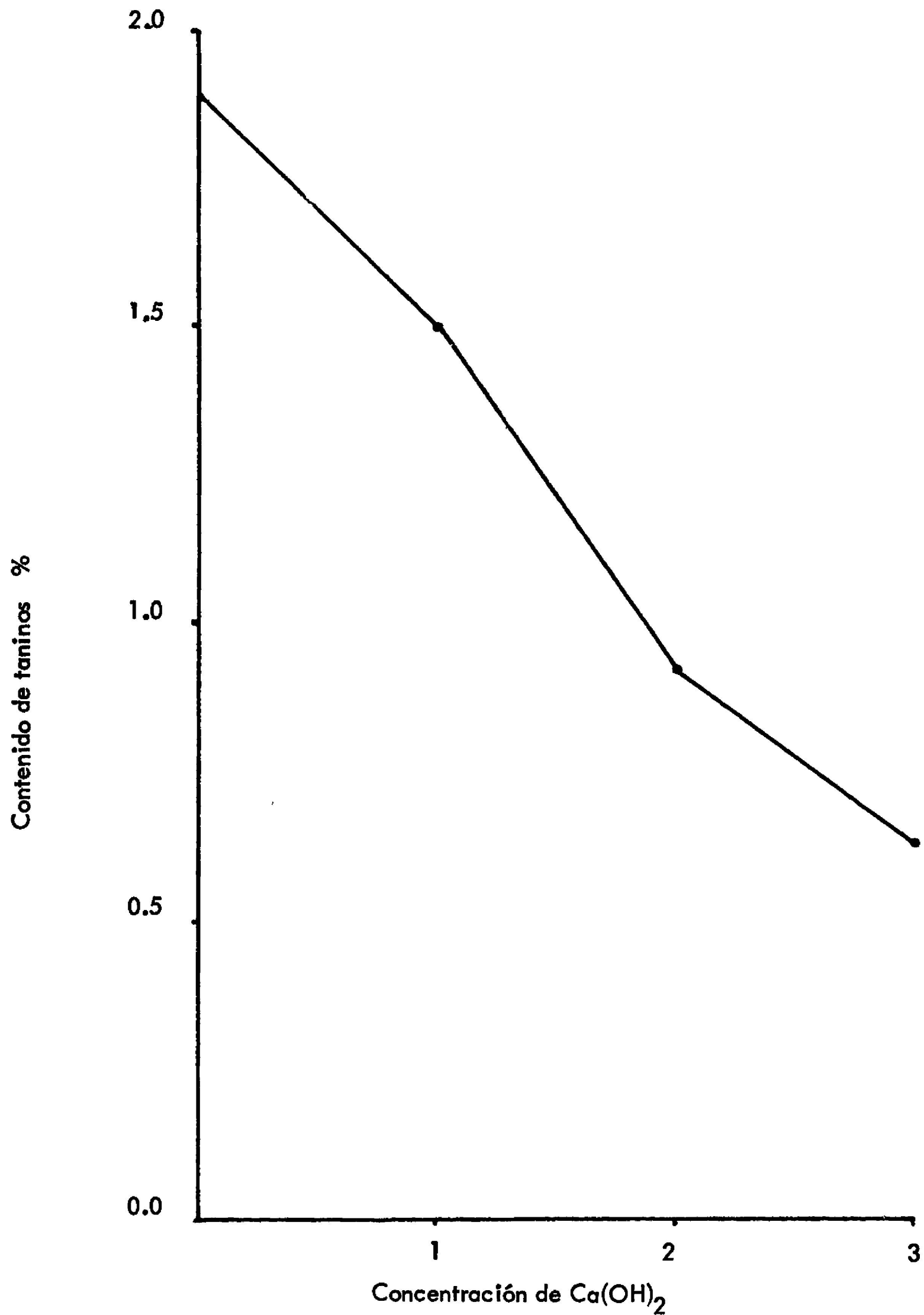
Tomado de Bressani (17)

Figura 6. EFECTO DE REMOJO (16 HORAS) y tratamiento alcalino sobre la disminución en el contenido de proteína en pulpa de café fresca.



Contenido de proteína de la pulpa testigo: 12.3%

Figura 7. Efecto de remojo (16 horas) y tratamiento alcalino sobre la disminución en el contenido de taninos en pulpa de café fresca.





Guillermo Bendaña

Vo.Bo. Comité de Tesis



Dr. Roberto Gómez Brenes
(Asesor)



Ing. Roberto Jarquín
(Asesor)



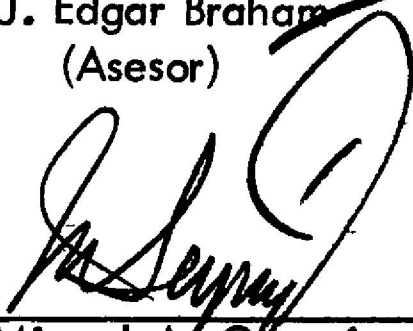
Dr. Mario R. Molina
(Asesor)



Dr. Ricardo Bressani
(Asesor)




Dr. J. Edgar Braham
(Asesor)



Dr. Miguel A. Guzmán
(Asesor)

Imprimase:


Dr. Víctor Manuel Orellana
Facultad de Medicina Veterinaria
y Zootecnia