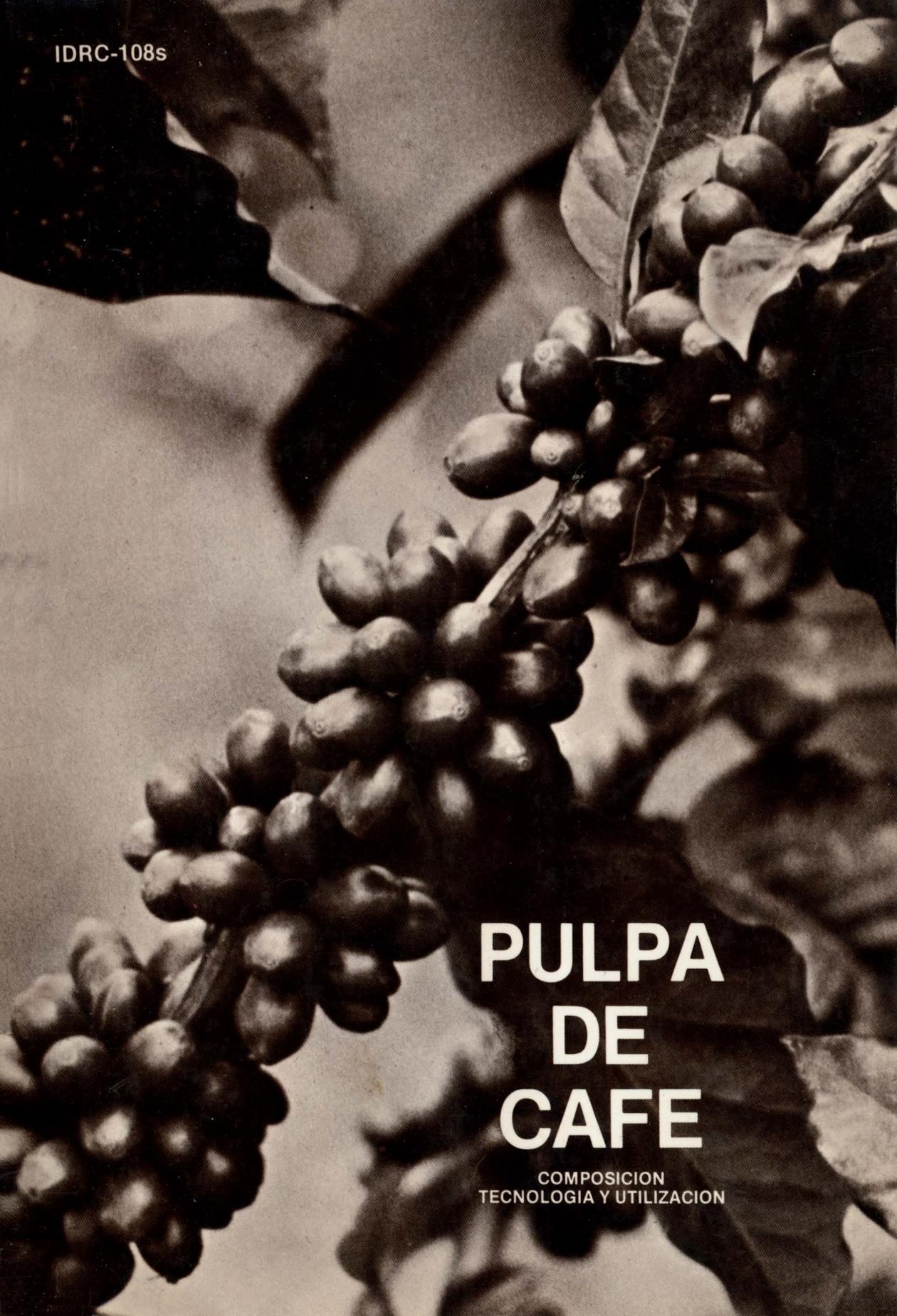


IDRC-108s



PULPA DE CAFE

COMPOSICION
TECNOLOGIA Y UTILIZACION

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá con el objeto de apoyar la investigación destinada a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Su actividad se concentra en cinco sectores: ciencias agrícolas, alimentos y nutrición; ciencias de la salud; ciencias de la información; publicaciones y ciencias sociales y recursos humanos. El Centro es financiado exclusivamente por el Gobierno de Canadá; sin embargo, sus políticas son trazadas por un Consejo internacional de Gobernadores. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, África, Asia y el Medio Oriente.

© International Development Research Centre
Dirección postal: Box 8500, Ottawa, Canadá K1G 3H9
Sede: 60 Queen Street, Ottawa

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Apartado Aéreo 53016, Bogotá, Colombia

Braham, J. E.
Bressani, R.
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala
CIID IDRC - 108s
Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Bogotá,
CIID, 1978. 152 p.: il.

/Publicación CIID/. Compilación de estudios de /investigación agrícola/ sobre la pulpa (/desperdicio agrícola/) del café con especial énfasis en /América Central/ - /análisis químico/ de los componentes del subproducto, uso potencial y procesamiento (/elaboración de alimentos/ /alimento para animales/ y /cerdo/s), ensilaje (/silo/), preservación de la pulpa por /secado/ y /deshidratación/ antes de ser usada como ración o como /producto sustituto/ en la industria, papel fisiológico (/fisiología/) de los componentes químicos de la pulpa en los animales; /bibliografía/, /datos estadísticos/.

UDC: 633.73

ISBN: 0-88936-172-X

PULPA DE CAFE

Composición, tecnología y utilización

Editores:

J. E. Braham

R. Bressani

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP*

*El Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), es un organismo técnico de los seis países que integran el Istmo Centroamericano. Sus funciones incluyen el desarrollo de investigaciones, la capacitación de personal, y la asesoría en materia de nutrición a los gobiernos de los seis países del área. Por decisión de los gobiernos miembros, el INCAP funciona bajo la dirección administrativa de la Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud. Su sede se encuentra en Ciudad de Guatemala (Apartado Postal 1188 Guatemala, Guatemala, C. A.).

CONTENIDO

Prefacio	5
1 Subproductos del fruto de café	9
<i>Ricardo Bressani</i>	
2 Composición química de la pulpa de café y otros subproductos	19
<i>Luiz G. Elías</i>	
3 Posibles usos de los subproductos del grano de café	31
<i>Ricardo Bressani</i>	
4 Uso de la pulpa de café en la alimentación de rumiantes	45
<i>A. Flores y J. I. Egaña</i>	
5 Pulpa de café en alimentación de cerdos	69
<i>Roberto Jarquín</i>	
6 Pulpa de café en otras especies	89
<i>J. Edgar Braham</i>	
7 Ensilaje de pulpa de café	97
<i>Beatriz Murillo</i>	
8 Secado de pulpa de café	111
<i>Mario R. Molina</i>	
9 Procesamiento de pulpa de café: tratamientos químicos	125
<i>Roberto Gómez Brenes</i>	
10 Factores antifisiológicos en la pulpa de café	143
<i>Ricardo Bressani</i>	

PREFACIO

El tema de esta monografía no es de modo alguno nuevo, ya que desde un principio el hombre ha utilizado los desechos agrícolas e industriales como alimentos para animales; no es tampoco la primera vez que la pulpa de café se considera como un material potencial para estos propósitos. Lo que tal vez sí sea novedoso es que esta es la primera vez que dicho subproducto agrícola se convierte en objeto de un estudio serio e integrado, desde los puntos de vista científico y práctico.

La pulpa de café atrajo la atención de los expertos en nutrición animal desde hace varias décadas; sin embargo, los resultados desalentadores obtenidos, unidos a la falta de metodología adecuada y a la indiferencia de los ganaderos, desanimaron el escaso interés que había en proseguir estudios al respecto. Durante los años siguientes se realizaron estudios esporádicos, y aquí y allá aparecieron publicaciones sobre los usos y contraindicaciones de la pulpa de café en la alimentación animal, y sobre los posibles factores que contiene y que producen efectos nocivos en los animales que la consumen. Finalmente, en 1971, la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) —uno de los centros de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), que se dedica a solucionar los problemas nutricionales en el área centroamericana— inició un intenso programa de investigación sobre este desecho agrícola con el objeto de estudiar, desde el punto de vista químico, biológico y tecnológico, las posibilidades de utilizarlo. La empresa contó con la generosa ayuda financiera del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá, la Organización de Estados Americanos (OEA) y la empresa "Pulpa de Café, S. A." de Costa Rica.

Esta monografía constituye un compendio de tales investigaciones. Si bien no hay todavía respuestas definitivas en algunos aspectos, ello se debe al hecho de que el material ha demostrado ser un producto difícil y complejo, pero nos anima la seguridad de que la investigación que se continúa realizando aportará eventualmente respuestas adecuadas a la mayoría de estos interrogantes.

El interés en la pulpa de café no surgió meramente de una simple curiosidad científica por estudiar un material que hasta entonces había demostrado ser de poca importancia práctica, sino que es más bien el resultado de una concomitancia de factores. Por un lado, la apremiante necesidad de alimentos para una población en constante aumento y la igualmente apremiante necesidad de una industria animal acosada por los precios cada vez más altos de los ingredientes para raciones. Por el otro, las fluctuaciones económicas de los países en desarrollo —y muy pocos países productores de café quedan fuera de esta categoría— que han conducido a la búsqueda constante de nuevos productos para exportación como fuente de divisas, entre los que se encuentra la carne de res. A pesar de que la pulpa de café ha presentado y sigue presentando problemas de contaminación ambiental que se agudizan a medida que se producen y procesan mayores cantidades de café en los beneficios centralizados, las políticas de control

de contaminación ambiental han jugado un papel insignificante en la promoción de investigaciones para encontrarle uso a este subproducto, pero su disponibilidad ha sido crucial a este respecto. Aunque el cafeto se cultiva por el grano, que define la economía de su producción, la utilización racional de los subproductos del beneficiado del café, en particular la pulpa, tiene implicaciones económicas que se harán evidentes a medida que aumente su uso. Desde el punto de vista de los insumos energéticos totales en la producción de café, incluyendo el costo de la tierra, el uso de los subproductos de esta industria hará que el proceso, como un todo, sea más eficiente.

De los factores enunciados, es evidente que los dos primeros son los más relevantes y, en base a este concepto, la causa del problema radica en el hecho de que en estos países el hombre y el animal compiten por los mismos alimentos. El maíz es la base de la alimentación para ambos, por lo que cualquier producto que pueda ahorrar maíz para consumo humano debe merecer prioridad, especialmente si se trata de un producto que tenga muy pocas posibilidades de llegar a ser consumido por el hombre. Esta es una consideración de mucha importancia, ya que los subproductos agrícolas e industriales que antaño se utilizaban exclusivamente como alimentos para animales, en la actualidad se están usando con mayor frecuencia, directa o indirectamente, en formulaciones para consumo humano. Tal es el caso de las harinas de algodón y de soya. Debido a esto, los ingredientes que pueden usarse en la elaboración de raciones para animales se hacen cada vez más restrictivos, y el precio del producto final proporcionalmente más alto.

Una manera de romper este círculo vicioso es el uso de materiales de producción local que no tienen posibilidades, por lo menos en el momento presente, de llegar a formar parte de alimentos para consumo humano. Esta es una de las múltiples razones por las que un producto como la pulpa de café, cuyo uso por años y años ha sido el de servir como fertilizante para el cafeto —una práctica dictada más bien por la falta de usos alternativos de la pulpa que por su valor real como fertilizante— debe considerarse como una contribución de importancia para remediar en cierta medida la escasez de este tipo de materiales. Aunque su composición química sugiere que la pulpa puede tener otros usos, sobre todo en la industria, el énfasis de la investigación sobre este producto debe recaer en su potencial como ingrediente de raciones para animales.

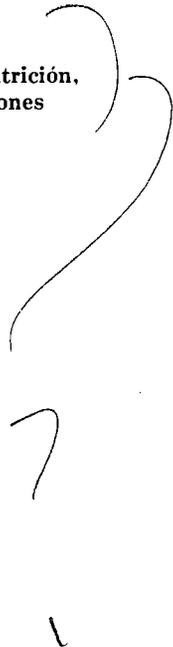
El propósito de esta monografía es revisar los avances logrados, indicar las maneras de utilizarla, señalar los problemas que pueden enfrentarse en su utilización, y delinear las áreas de investigación en que se necesite trabajo adicional. La monografía se compone de 10 capítulos y se inicia con una descripción del subproducto, su obtención, su disponibilidad y su composición química. A continuación se describe el uso potencial de la pulpa y el trabajo de investigación realizado en animales monogástricos y ruminantes. Otros capítulos describen el efecto de la preservación de la pulpa, su procesamiento y las diferentes maneras de deshidratarla antes de ser usada como ingrediente en raciones o como materia prima en la industria. Finalmente, se intenta describir el papel fisiológico que juegan los com-

puestos químicos que contiene la pulpa cuando ésta se administra a animales.

Abrigamos la esperanza de que la información que aquí se presenta estimule la investigación que hará de la pulpa de café un subproducto útil en los sistemas de producción de alimentos en los países menos privilegiados y subdesarrollados.

Ricardo Bressani.
Jefe División de Ciencias Agrícolas
y de Alimentos, INCAP

Barry Nestel,
Director Asociado,
Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición,
Centro Internacional de Investigaciones
para el Desarrollo, CIID



Subproductos del Fruto de Café

Ricardo Bressani*

Introducción

Con el objeto de tener una idea más clara de la naturaleza y relación cuantitativa de los subproductos del fruto del café, esta sección trae primero una descripción general del fruto y del origen de sus diferentes subproductos. Luego se ofrece una descripción del proceso utilizado para obtener el grano, principal componente del fruto del café, y se indica al mismo tiempo cómo se derivan los subproductos. Finalmente, se presenta la información sobre las relaciones cuantitativas entre las diferentes fracciones obtenidas en relación al grano entero, y su significado en términos de la producción actual de café en algunos países de América Central.

Descripción del fruto de café

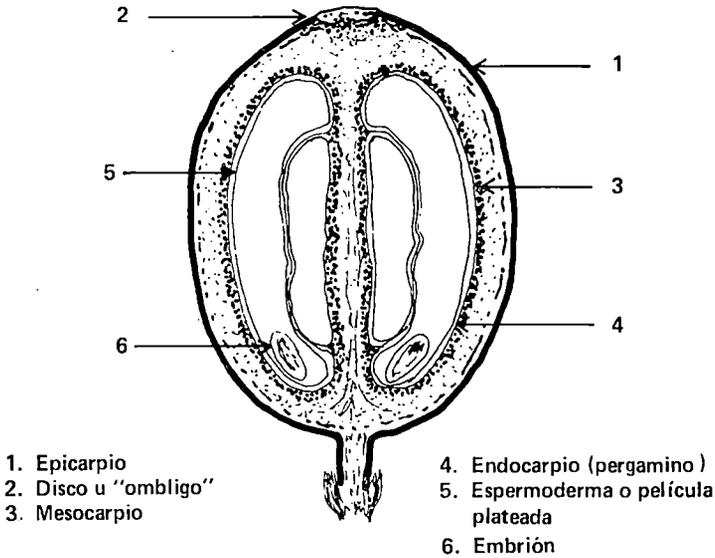
Los frutos del café se cosechan en América Central desde finales de agosto hasta el mes de marzo, dependiendo de la altitud sobre el nivel del mar de la plantación de café. El café de tierra cálida madura más temprano que el de tierra fría. Los frutos se cosechan al llegar a su madurez, lo que se advierte por el color marrón intenso que adquiere el grano, aunque existen también variedades que presentan un color amarillo cuando están maduras.

La Figura 1, un corte longitudinal de un fruto de café, muestra las fracciones anatómicas del fruto: el grano de café propiamente dicho o endospermo, la cáscara o endocarpio, una capa mucilaginosa o mesocarpio, y la pulpa o esocarpio. La semilla del café presenta una superficie plana que se encuentra con otra parte igual dentro del fruto. Cada mitad está recubierta por un delicado tejido conocido como película. Estas dos fracciones se sostienen dentro del endocarpio, membrana conocida también con el

*Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP

nombre de pergamino o cascarilla de café, que es duro y quebradizo cuando se seca, y el cual rodea individualmente a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano. La cascarilla, en cambio, está cubierta por una gruesa capa de células esponjosas que forman la pulpa. Esta capa tiene un espesor aproximado de 5 mm. Debido a la consistencia viscosa del mucílago, una leve presión sobre el fruto es suficiente para expulsar fuera de él las dos mitades que constituyen el grano. Esta característica ha sido aprovechada en el proceso que desde hace largo tiempo se utiliza para separar los granos del resto de los componentes estructurales del fruto. Detalles adicionales sobre la anatomía de estas fracciones pueden encontrarse en algunos libros relacionados con las prácticas agrícolas y las técnicas de procesamiento del café.

Figura 1
Corte longitudinal de una cereza de café
(C. arábica)

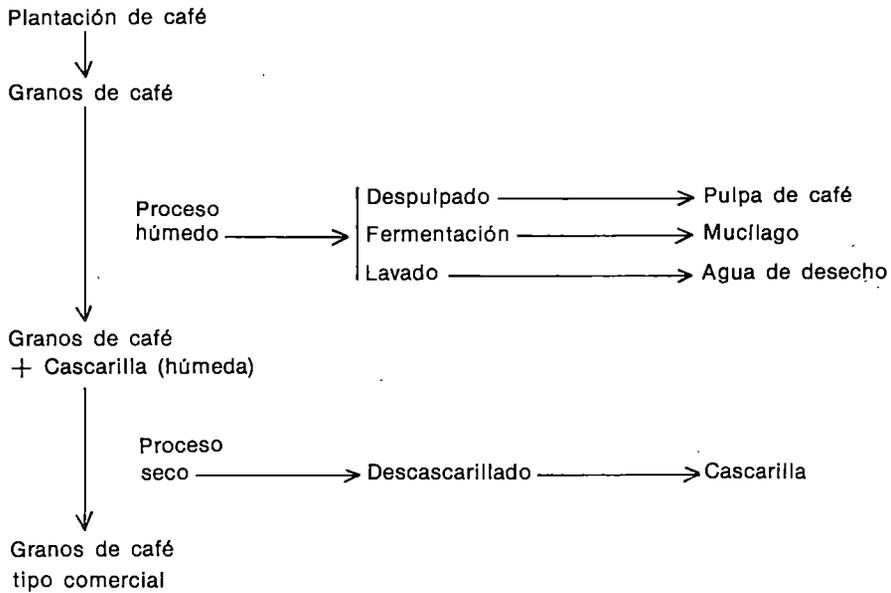


Incap 77-411

Procesamiento del fruto de café

Después de cosechados, los granos de café son llevados a los beneficios y allí se sumergen, primero que todo, en un tanque de agua, con un doble propósito: remover granos dañados, frutos verdes u otros materiales extraños que en estas condiciones flotan, y servir como mecanismo de transporte de los granos. Las principales operaciones a que se someten los granos aparecen en el diagrama de la Figura 2. El procesamiento del fruto del café para obtener los granos comerciales consiste básicamente en dos operaciones. La primera es el remojo o procesamiento húmedo que deja como producto pulpa de café, mucílago y aguas de desecho, por una parte, y por otra, los granos de café y la cascarilla, como unidad. La segunda ope-

Figura 2
 Procesamiento del grano de café y sus subproductos

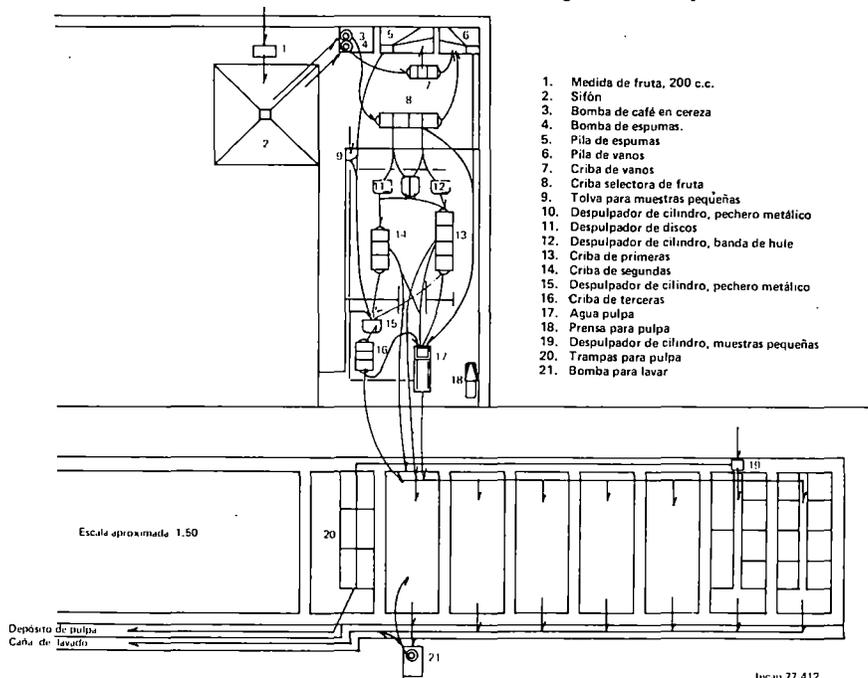


ración es un proceso seco que separa la cascara del grano de café. Un diagrama más detallado de este proceso se muestra en la Figura 3 (Cleves, 1976). Se trata de una planta piloto moderna, establecida con el propósito de introducir operaciones de procesamiento de mayor eficiencia, las cuales básicamente no han sido modificadas desde que el café tomó un lugar de importancia entre las cosechas de mayor ingreso económico para los países de Centroamérica. Como puede observarse, los frutos se sumergen en un tanque de agua al que se le da forma de pirámide invertida. En el fondo del tanque, un tubo que hace las veces de sifón transporta la fruta a los pulperos, los cuales por medio de un mecanismo de fricción, separan los granos de la pulpa.

La pulpa es luego transportada por agua hacia un sistema de recolección de desperdicios, que puede ser un carretón, o simplemente los desperdicios se apilan para ser removidos más tarde. Es importante comprender esta operación, ya que es el comienzo de los pasos a seguir en la utilización de la pulpa de café que se describirán en secciones posteriores.

Una vez separados de la pulpa, los granos de café se transportan por agua, ya sea hacia tanques de fermentación para remover el mucílago, o hacia máquinas que sirven para el mismo propósito. El proceso de fermentación es casi anaeróbico en su naturaleza, y se lleva a cabo durante 48 a 72 horas, lo que causa el desprendimiento del mucílago del grano. Los productos de la hidrólisis quedan en el agua que va a ser descartada. El mucílago también puede separarse mecánicamente por medio de fricción de

Figura 3
Beneficio experimental de cicafé "diagrama de flujo"

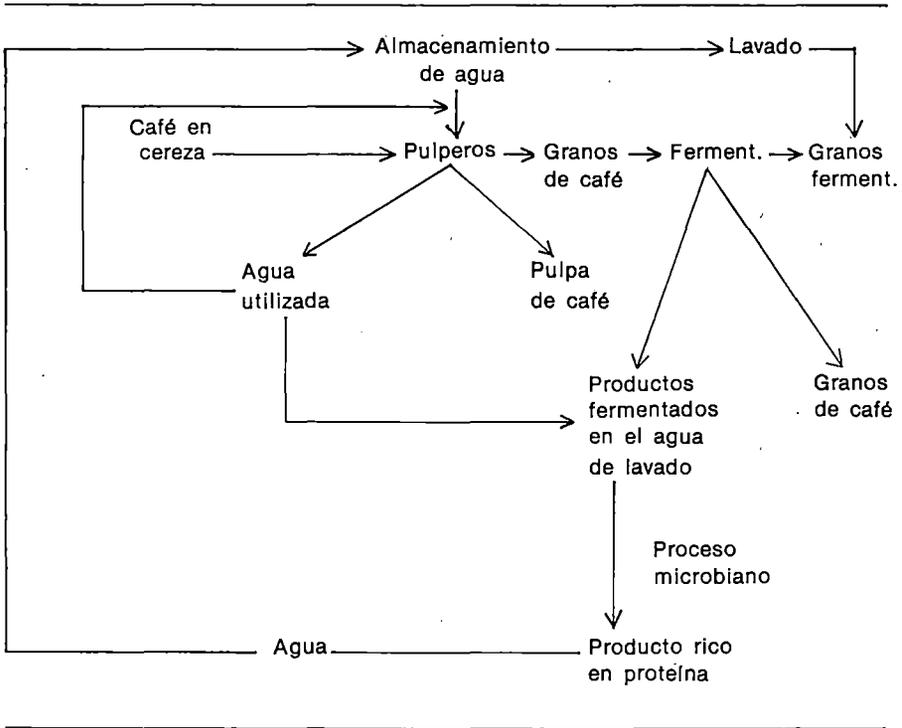


los granos, los cuales después del despulpado, pasan con agua a un cilindro perforado que gira sobre su eje y que contiene un tubo interior, también perforado, con un flujo de agua constante. El mucílago, ya sea completo o hidrolizado, constituye un segundo subproducto del fruto del café. Este proceso es comúnmente utilizado en los beneficios de café que cuentan con abundante agua disponible. En aquellos donde el agua es un factor limitante, se tiende a reciclarla, como se muestra en el diagrama de la Figura 4 que describe dicho proceso, así como también a la posibilidad de utilizarla para propósitos industriales. El resultado de dicho reciclamiento es la disponibilidad de una solución que —según algunos investigadores— contiene solutos con una Demanda Química de Oxígeno (COD) de 20 a 50 g/l, y, consecuentemente, podría ser utilizada para el crecimiento de microorganismos y la posible producción de proteína microbiana (Altamirano, 1973; Rolz, 1973; Cleves, 1975). Por otra parte, al tratar dichas aguas con hidróxido de calcio, disminuye la concentración de COD y, por lo tanto, los carbohidratos del mucílago pueden ser recuperados (Cleves, 1975; Cleves, 1976a).

Luego de la remoción del mucílago, mecánica o químicamente, o por fermentación, los granos de café son lavados antes de pasar al proceso de deshidratación. Este se lleva a cabo mediante un período inicial de secado al sol, en el cual los granos de café se revuelven constantemente, y luego mediante el secado con aire caliente en un tambor de cilindro perforado de diseño especial. Una vez secos, se someten a un proceso de beneficiado, consistente principalmente en la separación de la cascarilla, la cual representa un tercer subproducto.

Figura 4

Utilización de agua en algunos beneficios de café de centroamérica



Balance de materiales

Siguiendo el proceso general descrito en la sección anterior, se han llevado a cabo estudios referentes al rendimiento de granos de café y otras fracciones. El balance del material de este proceso, como se ha demostrado en estudios de laboratorio, aparece en el Cuadro 1 (Bressani, Estrada y Jarquín, 1972). El proceso se describe bajo la primera columna, mientras que las otras indican la cantidad de productos obtenidos, expresados en peso en base húmeda. De 1000 g de frutos de café se obtienen 432 g de pulpa de café por medio del despulpado, lo cual representa 28,7% en peso del fruto en base seca. De los 568 g de café despulpado, el proceso de fermentación y lavado deja como resultado una recuperación de 450 g. La pérdida de peso, expresada en base seca, es de 4,9% lo cual representa el mucílago y los azúcares libres. Procesamientos adicionales de los granos de café, dan como resultado 61 g de cascarilla de café y 389 g de granos de café propiamente dichos. Estos resultados son equivalentes en base seca a 11,9% de cascarilla y 55,4% de granos de café. Los resultados obtenidos por otros investigadores (Aguirre, 1966) se suman en el Cuadro 2. En este ejemplo se compara el porcentaje de distribución de las fracciones de dos variedades bien conocidas de café y, de acuerdo con el ejemplo dado en el Cuadro 1, una mezcla de ellas. Existe muy poca diferencia con la excepción del

mucilago, lo cual puede ser debido al proceso mismo más bien que a la variedad del café. Las fracciones obtenidas se muestran en la Fotografía 1.

Cuadro No. 1
BALANCE DE LOS MATERIALES OBTENIDOS DEL PROCESAMIENTO
DEL CAFE EN CEREZA

	Peso fresco g	Peso %	Humedad %	Peso seco g	%
Café en cereza	1000	00,0	65,5	345	—
↓ pulpero					
Pulpa de café	432	43,2	77,0	99	28,7
+					
Fruto de café + mucilago + cascarilla	568	56,8	56,0	250	72,2
↓ fermentación y lavado					
Mucilago	—	—	—	17	4,9
+					
Fruto de café + cascarilla	450	—	50,0	225	—
↓ Descascarillado					
Cascarilla	61	6,1	32,0	41	11,9
+					
Fruto de café	389	38,9	51,0	191	55,4

Bressani y col. Turrialba 22:299, 1972

En resumen, de 100 g de frutos de café, alrededor de 29% de su peso seco representa pulpa de café, 12% cascarilla de café, 55% granos de café y alrededor de 4% mucilago.

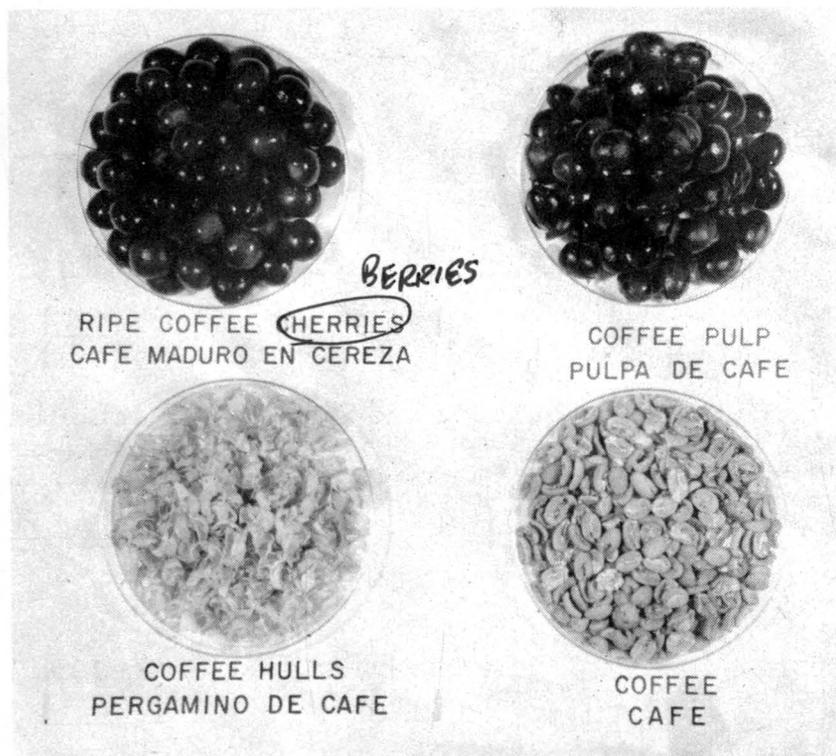
A pesar de que este documento está relacionado específicamente con la pulpa de café, es de sumo interés presentar los cambios en relación con peso que se llevan a cabo en el café, al ser éste tostado y percolado. Este último proceso es el que se utiliza para hacer la bebida y el cual deja, a su vez, subproductos que podrían ser utilizados. El café verde, que constituye el producto final del proceso descrito, se tuesta para la preparación de la bebida, con lo que ocurre una pérdida en peso de alrededor de 16%. Esta pérdida está condicionada por la humedad inicial del grano y el grado de tostación. Para propósitos de pruebas de sabor tendientes a evaluar la calidad del café, se utiliza generalmente 7,5 g de café molido por taza (Men-

chú, 1975). De esta cantidad, solamente 1,8 g de sólidos por taza se recuperan, lo cual es un 23,5% constituido casi en su totalidad por el residuo de la infusión.

Cuadro No. 2

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES DEL CAFE EN CEREZA

ψ	(Base seca)		
	Arábigo	Borbón	Mezcla
Pulpa	26,5	29,6	28,7
Cascarilla	10,0	11,2	11,9
Mucílago	13,7	7,5	4,9
Fruto de café	50,0	51,7	55,4



Fotografía No. 1.

Producción de café en América Central y disponibilidad de pulpa

Como ya ha sido indicado, el café representa una cosecha de gran importancia económica para los países productores de Centroamérica. Por dicha razón, las Asociaciones Nacionales del Café han trabajado activamen-

te para promover la producción mayor de café por hectárea, y, por lo tanto, la tendencia de los últimos años ha sido la de aumentar la productividad de las cosechas. A este respecto se presenta en el Cuadro 3 la información obtenida de algunos países de Centroamérica (Oficina del Café, 1977; ISIC, 1976; ANACAFE, 1974; IH Café, 1977) para los años 1970/71 a 1975/76. Los datos que se presentan muestran la producción de fruto de café y, en base al porcentaje de distribución de pulpa de café, cascarilla y mucílago, los resultados de disponibilidad promedio de esas fracciones aparecen en el Cuadro 4. Los datos indican que la disponibilidad de pulpa de café seca, cascarilla y mucílago es relativamente alta y que, por lo tanto, son de enorme significación económica.

Cuadro No. 3

PRODUCCION DE CAFE EN PAISES SELECCIONADOS DE CENTROAMERICA*

Año	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras
1970/71	396.922	757.523	64.436.068	192.273
1971/72	483.652	917.214	73.958.862	202.273
1972/73	427.505	860.152	70.367.265	250.000
1973/74	519.459	822.329	—	250.000
1974/75	460.398	995.354	—	272.727
1975/76	431.845	784.500	—	305.682
Promedio	453.297	857.679	69.587.398	245.492

*Café en cereza en toneladas métricas.

Por tanto, aunque el precio del fruto del café sea la razón principal para seguir cosechándolo y tratando de aumentar su producción, la disponibilidad de la pulpa de café, así como la de otros subproductos en cantidades grandes, como ha sido demostrado, merecería ser investigado para propósitos rentables.

Cuadro No. 4

DISPONIBILIDAD PROMEDIO DE SUBPRODUCTOS DE CAFE EN PAISES SELECCIONADOS DE CENTROAMERICA

(T.M. - Seco)

País	Pulpa de café	Cascarilla	Mucílago
Costa Rica	45.330	18.132	9.066
El Salvador	85.768	34.307	17.153
Guatemala	6.958.398	2.783.496	1.391.748
Honduras	24.549	9.820	4.910

Bibliografía

- AGUIRRE, F. La utilización industrial del grano de café y de sus subproductos. Investigaciones tecnológicas del ICAITI No. 1. 1966, Guatemala, C.A.
- ALTAMIRANO, J. O. Consideraciones sobre los desechos del beneficiado del café. Universidad de El Salvador, Ingeniería Química, San Salvador, El Salvador, 1973.
- ANACAFE, Boletín Estadístico. Asociación Nacional del Café, Guatemala, octubre 1974.
- BRESSANI, R.; E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de Café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba 22:299-304, 1972.
- CLEVES, R. Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectinas a partir del mucílago del café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificación. Proyecto 1, sub-Proyecto 5. Oficina del Café, San José, Costa Rica, 1975.
- CLEVES, R. Comunicación de la Asociación del Café. San José, Costa Rica, 1976.
- CLEVES, R. Tratamiento de las aguas residuales y productos de desecho del beneficiado de café. Posibilidad de utilización de los mismos como valiosos subproductos. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificados. Oficina del Café. San José, Costa Rica, 1976a.
- IH Café. Instituto Hondureño del Café. Comunicación personal. Enero, 1977.
- ISIC. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Boletín Informativo No. 126, enero/febrero, 1976.
- MENCHU, J. F. La determinación de la calidad del café. Revista Cafetalera No. 149. p. 13, octubre 1975. Asociación Nacional del Café, Guatemala.
- OFICINA DEL CAFE. San José, Costa Rica. Comunicación personal. Febrero, 1977.
- ROLZ, C. Utilization of cane and coffee processing by-products as microbial protein substrates. The International Conference on SCP. Mass. Inst. Tech. Cambridge, Mass., May, 1973.

Composición Química de la Pulpa de café y otros Subproductos

Luiz G. Elías*

Introducción

Desde el punto de vista económico, el café ha sido por muchos años uno de los cultivos más rentables tanto en América Latina como en otras áreas del mundo. Es interesante señalar también que aunque la productividad ha venido aumentando, el método usado para procesar el fruto de café no ha sufrido mayor cambio a través de los años. De otra parte, poca atención se ha prestado en el pasado a la utilización de los subproductos derivados del procesamiento del fruto. Recientemente, sin embargo, debido a problemas tales como la eliminación de estos subproductos, la contaminación ambiental, y la escasez de materia prima para la elaboración de raciones para animales, estos materiales han recibido una mayor atención que en el pasado. Es obvio que para utilizar estos subproductos más eficientemente se necesita una etapa preliminar e importante de investigación sobre su potencial como fuente de nutrientes o de otros compuestos que puedan ser utilizados para diferentes fines.

El objetivo de esta sección es revisar y discutir la composición química de los diferentes subproductos derivados del beneficiado del fruto de café.

Subproductos del grano de café

Los métodos usados en el beneficiado del grano de café, así como el balance de materiales, y los diferentes subproductos que se obtienen son descritos en otras secciones de esta monografía. Es suficiente enumerar aquí los diferentes subproductos que serán objeto de revisión en esta sección: la pulpa de café, el mucílago, y el pergamino o cascarilla.

* División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.

Composición química

Pulpa de café

Composición química proximal. La pulpa de café es el primer producto que se obtiene en el método usado para el procesamiento del grano de café, y representa, en base seca, alrededor del 29% del peso del fruto entero. Valores representativos de la composición química proximal de la pulpa de café se muestran en el Cuadro 1, datos que corresponden a la pulpa fresca, pulpa deshidratada, y una muestra de pulpa almacenada por dos o tres días después de haber sido obtenida. Como se puede observar, el contenido de humedad en la pulpa es muy alto. En realidad, el nivel de agua de este material representa una de las mayores desventajas en su utilización, desde el punto de vista de transporte, manejo, procesamiento y uso directo en la alimentación animal. Sin embargo, el material ya deshidratado contiene cerca de 10% de proteína cruda, 21% de fibra cruda, 8% de cenizas y 4% de extracto libre de nitrógeno. Es de interés indicar también que la composición química de la pulpa de café fermentada y deshidratada es muy similar a la de la pulpa de café deshidratada no fermentada. Otros investigadores (Aguirre 1966) han informado valores similares en el contenido de proteína de la pulpa de café deshidratada, aunque también se han encontrado valores que varían de 9,2 a 11,2% (Aguirre 1966; Bressani y col. 1972). Con respecto al contenido de fibra cruda se ha informado de valores que varían de 13,2 a 27,6% (Aguirre 1966) y un promedio de 18,1% (Jaffé y Ortiz 1952) en la pulpa de café deshidratada. También se han encontrado variaciones en la fracción de carbohidratos, con un valor promedio de 43% (Jaffé y Ortiz 1952) mientras que otros datos informan variaciones desde 57,8 a 66,1% (Aguirre 1966). El contenido de grasa parece ser menos variable (Jaffé y Ortiz 1952), con valores que van desde 2,3 a 2,5% con base al peso seco. Desde luego, estos valores cambiarán de acuerdo a la variedad de café, a la localidad y a las diferentes prácticas agrícolas.

Compuestos orgánicos de interés. Otros compuestos orgánicos que están presentes en la pulpa de café se muestran en el Cuadro 2. Estas sustancias son de interés con respecto a su uso potencial como materia prima para uso industrial y para la formulación de dietas para animales, ya que se cree que estos compuestos son los responsables de la toxicidad observada en la pulpa de café. Los valores que se encuentran en la literatura para estas sustancias son variables. El contenido de cafeína puede ser de 0,51% con base al peso seco (Jaffé y Ortiz 1952) aunque otros resultados han indicado valores de 1,3% (Bressani y col. 1972; Bressani y col. 1974), datos éstos también calculados en base seca.

Con respecto al contenido de taninos se han encontrado los siguientes valores en la literatura: 4,5% (Aguirre 1966), 1,44% (Jaffé y Ortiz 1952), y 2,4% (Molina y col. 1974). En lo que se refiere a los ácidos clorogénico y caféico, las cifras informadas han sido 2,71% y 0,31% (Molina y col. 1974), mientras que otros autores (Bressani y Elías 1976) han encontrado valores de 2,6% y 1,6% para estos mismos compuestos, respectivamente. Debido a las implicaciones previamente descritas, se necesita información

Cuadro No. 1

COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA DE CAFE

(%)

	Fresca	Deshidratada	Fermentada naturalmente y deshidratada
Humedad	76,7	12,6	7,9
Materia seca	23,3	87,4	92,1
Extracto etéreo	0,48	2,5	2,6
Fibra cruda	3,4	21,0	20,8
Proteína cruda N x 6.25	2,1	11,2	10,7
Cenizas	1,5	8,3	8,8
Extracto libre de nitrógeno	15,8	44,4	49,2

adicional sobre la concentración de estas sustancias con el propósito de asociarlas con variedades de café, prácticas agrícolas o técnicas de procesamiento. El posible papel de estos compuestos en la utilización de la pulpa de café en nutrición animal, o por parte de la industria, se discute en otra parte de esta monografía.

Cuadro No. 2

CONTENIDO DE OTROS COMPUESTOS EN LA PULPA DE CAFE

Compuesto	% base seca
Taninos	1,80 - 8,56
Sustancias pécticas totales	6,5
Azúcares reductores	12,4
Azúcares no reductores	2,0
Cafeína	1,3
Acido clorogénico	2,6
Acido cafeico total	1,6

Minerales. El Cuadro 3 resume el contenido promedio de minerales en la fracción de cenizas de la pulpa de café. Es evidente por los valores que se muestran en esta tabla que el contenido de potasio en este material es alto, cerca de 1,765 mg%, cantidad que puede representar un obstáculo para el uso de la pulpa de café como alimento para animales. Además del alto contenido de potasio, otros investigadores (Aguirre 1966) han encontrado también un contenido de ácido salicílico de 11,1% en la fracción de cenizas de este material. Se puede también observar que la relación de calcio a fósforo es de alrededor de 4 a 1; además, la pulpa de café contiene otros elementos en diferentes concentraciones, los cuales probablemente no tengan ninguna implicación nutricional.

1.765%
or 1765 mg%

Cuadro No. 3

CONTENIDO DE CENIZAS Y DE MINERALES EN LA PULPA DE CAFE

Compuesto	Contenido
Ceniza, g%	8,3
Ca, mg%	554
P, mg%	116
Fe, mg%	15
Na, mg%	100
K, mg%	1765
Mg	Trazas
Zn, ppm	4
Cu, ppm	5
Mn, ppm	6,25
B, ppm	26

Bressani y col. Turrialba 22:299, 1972.

Carbohidratos. La concentración de los principales constituyentes de la fracción de carbohidratos expresados en porcentaje y en base seca ha sido la siguiente: celulosa 27,65; azúcares reductores como glucosa 12,40; azúcares no reductores 2,02 y sustancias pécticas totales 6,52 (Wilboux 1956).

En el Cuadro 4 se muestran resultados del fraccionamiento de la pared celular y de los polisacáridos de la pulpa de café utilizando el método de Van Soest. El contenido celular de 63% sugiere que este material contiene niveles relativamente altos de nutrientes. Los niveles de lignocelulosa, hemicelulosa y lignina indican que este producto es superior a otros tipos de materiales utilizados en raciones para animales. Es también interesante indicar que el contenido de proteína, que es alrededor de 3%, se encuentra en forma lignificada y probablemente no sea disponible al animal (Murrillo y col. 1976).

Por consiguiente, el método de Van Soest indica los verdaderos constituyentes de la pared celular además del contenido de celulosa y lignina.

Cuadro No. 4

CONSTITUYENTES DE PAREDES CELULARES Y POLISACARIDOS
ESTRUCTURALES EN LA PULPA DE CAFE

(g %)	
Contenido celular	63,2
Fibra detergente neutra	36,8
Fibra ácida detergente	34,5
Hemicelulosa	2,3
Celulosa	17,7
Lignina	17,5
Proteína lignificada	3,0
Proteína cruda	10,1
Cenizas insolubles	0,4

El fraccionamiento también muestra que, en las paredes celulares de este material, parte de la celulosa, hemicelulosa y lignina es solubilizada por el tratamiento ácido y alcalino que se lleva a cabo durante la determinación de la fibra cruda. Esta metodología ha sido de utilidad para mostrar una disminución en la fracción de la fibra cruda de la pulpa de café ensilada y secada al sol, debido al proceso de fermentación (Murillo y col. 1976).

77

Como ha sido discutido en otra parte de esta monografía, estos hallazgos pueden tener implicaciones nutricionales en la utilización de la pulpa de café para la alimentación animal. Otro componente de la fracción de los carbohidratos es el mucílago, y su composición así como su importancia serán discutidas posteriormente.

Cuadro No. 5

CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN LA PROTEINA DE LA PULPA DE CAFE
(g/16 gN)

Aminoácido	Pulpa de café	Maiz	Harina de soya	Harina de semilla de algodón
Lisina	6,8	1,7	6,3	4,3
Histidina	3,9	2,8	2,4	2,6
Arginina	4,9	3,1	7,2	11,2
Treonina	4,6	3,3	3,9	3,5
Cistina	1,0	1,0	1,8	1,6
Metionina	1,3	1,6	1,3	1,4
Valina	7,4	5,0	5,2	4,9
Isoleucina	4,2	4,3	5,4	3,8
Leucina	7,7	16,7	7,7	5,9
Tirosina	3,6	5,0	3,2	2,7
Fenilalanina	4,9	5,7	4,9	5,2
Hidroxiprolina	0,5	—	—	—
Acido aspártico	8,7	—	—	—
Serina	6,3	—	—	—
Acido glutámico	10,8	—	—	—
Prolina	6,1	—	—	—
Glicina	6,7	—	—	—
Alanina	5,4	—	—	—

Bressani y col. Turrialba 22:299, 1972

Contenido de aminoácidos. Con respecto a la fracción proteínica, el Cuadro 5 muestra el contenido de los aminoácidos esenciales y no esenciales de la proteína de la pulpa de café (Bressani y col. 1972). Para propósitos de comparación se presenta también el contenido de aminoácidos de otras fuentes importantes de proteína. Los datos indican que la proteína de la pulpa de café contiene niveles similares o más altos de aminoácidos que otros productos, tales como la harina de algodón y la harina de soya. Por otro lado, la pulpa de café muestra concentraciones generalmente más altas de aminoácidos que el maíz pero es deficiente en los aminoácidos azufrados. Es de interés hacer notar el contenido relativamente alto de lisina en la pulpa, el cual es tan alto como el de la harina de soya cuando se ex-

ST in list
presa como mgs. por gramo de nitrógeno. Se necesita, sin embargo, mayor investigación sobre la composición de los aminoácidos de la pulpa de café ya que existe muy poca información al respecto. Recientemente Bendaña y Gómez-Brenes (1977) estudiaron la composición de aminoácidos de la pulpa de café fresca tratada con hidróxido de calcio y estos valores se muestran en el Cuadro 6. En general, los autores encontraron valores más bajos que aquellos previamente descritos (Bressani y col. 1972) para la pulpa de café. De acuerdo con estos investigadores, alrededor de 40% del nitrógeno total de la pulpa de café, determinado por el método de Kjeldhal, es nitrógeno no protéico. Este nitrógeno no protéico incluye cafeína, trigonelina, niacina, purinas, pirimidinas, nitrógeno inorgánico, y otras fracciones que todavía no han sido identificadas. Por consiguiente, la menor concentración de los aminoácidos puede deberse al hecho de que solamente alrededor del 60% del nitrógeno proviene de la proteína, ya que estos autores también encontraron que la recuperación de nitrógeno a partir de la suma de todos los aminoácidos representaba solamente el 60% de la concentración de nitrógeno total en la pulpa de café.

W?
Estos resultados parecen explicar parcialmente el comportamiento de la pulpa de café en la alimentación animal, donde varios estudios han encontrado (Bressani 1975) que existe un efecto del nivel de proteína en contrarrestar la toxicidad de la pulpa de café. Estos hallazgos pueden relacionarse con el hecho de que los valores de proteína en las dietas experimentales han sido calculados en base a que todo el nitrógeno en la pulpa de café es proteína. Por lo tanto, para dilucidar los efectos fisiológicos adversos de la pulpa de café, así como para conocer la digestibilidad de la fracción que realmente es proteína, es importante identificar y determinar los compuestos que constituyen la fracción del nitrógeno no protéico. Se concluyó también de este mismo estudio, que el tratamiento químico aplicado a la pulpa de café no alteró el contenido de aminoácidos de este material. Además de la composición de aminoácidos, es también de interés indicar que la disponibilidad biológica de estos tampoco es bien conocida. Debido al contenido relativamente alto de taninos en la pulpa de café, y al hecho conocido de que este compuesto puede reaccionar con la proteína (Tamir y Alumet 1969; Van Baren y Robinson 1969), es posible que esta reacción hiciera que parte de los aminoácidos no fuera disponible al animal; por consiguiente, representa también un aspecto que amerita investigaciones futuras.

Mucílago

El otro subproducto de interés es el mucílago el cual está localizado entre la pulpa y la cáscara del grano de café y representa alrededor del 5% del peso seco de éste (Bressani y col. 1972).

El mucílago constituye una capa de aproximadamente 1/2 a 2 mm de espesor que está fuertemente adherida a la cáscara del grano de café. Desde el punto de vista físico, el mucílago es un sistema coloidal líquido, liofílico, siendo, por lo tanto, un hidrogel. Químicamente, el mucílago contiene agua, pectinas, azúcares y ácidos orgánicos. Durante la maduración del grano de café, el pectato de calcio, localizado en la laminilla media, y la protopectina de la pared celular son convertidos en pectinas.

Cuadro No. 6

CONTENIDO DE AMINOACIDOS EN PULPA DE CAFE FRESCA Y CON TRATAMIENTO ALCALINO

g AA/16 g. N

Tratado con Ca(OH) ₂	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%	
Aminoácido																	-----
Acido aspártico	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
Treonina	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
Serina	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
Acido glutámico	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
Glicina	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
Alanina	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
Valina	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
Cistina	T	—	—	—	T	0,18	—	0,42	—	—	—	—	—	0,28	0,26	0,25	0,33
Metionina	T	—	—	—	0,22	0,11	—	0,17	—	—	0,09	—	—	—	0,33	0,19	0,10
Isoleucina	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
Leucina	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
Tirosina	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
Fenilalanina	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
Amoniaco	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
Lisina	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
Histidina	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
Arginina	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

T = Trazas

Ammoniz²⁵??
 not an amino
 acid

Cuadro No. 7

COMPOSICION QUIMICA DEL PERGAMINO DE CAFE

Componente	Pergamino de café (%)	Olote de maíz	Cascarilla de semilla de algodón
Humedad	7,6	8,1	10,4
Materia seca	92,8	91,9	89,6
Grasa	0,6	0,9	1,1
Nitrógeno	0,39	0,39	0,58
Cenizas	0,5	1,6	2,5
Extracto libre de nitrógeno	18,9	48,1	56,7
Ca, mg.	150	765	160
P, mg	28	274	80

Bressani y col. Turrialba 22:299, 1972

Esta transformación o hidrólisis de las protopectinas resulta en la desintegración de la pared celular, dejando un plasma celular libre. En este plasma además de pectinas, se encuentran azúcares y ácidos orgánicos, derivados del metabolismo y la conversión del almidón en azúcares (Carborell y Vilanova 1952).

La composición de este material está indicada en el Cuadro 9. Las sustancias pécticas totales pueden alcanzar valores tan altos como 39%, con un valor promedio de 35,8%. La mayoría de los azúcares totales está en la forma reductora. La composición química del mucílago ha sido también informada por otros investigadores (Nadal 1959), indicando que este material contiene 84,2% de agua, 8,9% de proteína, 4,1% de azúcar, 0,91% de ácido péctico, y 0,7% de ceniza. Esta fracción aparentemente no contiene taninos ni cafeína, pero contiene enzimas pectinolíticas las cuales, hasta el momento no han sido perfectamente identificadas (Aguirre 1966).

Estas enzimas pectinolíticas pueden hidrolizar los constituyentes pécticos de este material, y su actividad parece ser muy importante en la fermentación que ocurre durante el procesamiento del café (Wilbaux 1956). Sin embargo, se cree que ellas no están en el mucílago, sino que se originan en el pericarpio o endosperma, a través de un proceso de ósmosis y difusión (Wilbaux 1956). Se ha informado también (Wilbaux 1956) que estas enzimas catalizan solamente la eliminación de los grupos metoxilos de la molécula de la pectina, sin tener acción alguna sobre la unión glucosídica del ácido poligalacturónico (ácido péctico). Por consiguiente, y de acuerdo a esta información, las enzimas que están presentes en el mucílago pertenecen principalmente al grupo de la pectina metil-esterasa.

Se ha encontrado también que el pH del mucílago varía de acuerdo con el grado de madurez, así como con el método usado para el procesamiento de café (Wilbaux 1956). En *C. arabica* el procesamiento manual de los granos de café maduro resulta en un pH del mucílago de cerca de

Cuadro No. 8

FRACCIONAMIENTO DEL CONTENIDO DE
CARBOHIDRATOS DEL PERGAMINO DE CAFE

(%)

Carbohidratos solubles, hexosas	0,45
Carbohidratos estructurales	
Pentosas	20,30
Hexosas	45,90
Lignina	24,40
TOTAL	91,05
NFE + Fibra cruda	96,21

Murillo y col. 1977

5,6 a 5,7, mientras que el proceso mecánico que usa agua con un pH 6,4 resulta en un material con valores de pH de 5,0-5,2. Las variaciones en valores del pH deben tener una influencia significativa sobre la actividad de las enzimas en el proceso de fermentación, así como sobre los componentes de estos subproductos.

Cuadro No. 9

COMPOSICION QUIMICA DEL MUCILAGO DEL FRUTO DE CAFE

(%)

Sustancias pécticas totales	35,8
Azúcares totales 1/2	45,8
Azúcares reductores	30,0
Azúcares no reductores	20,0
Celulosa + cenizas	17,0

Se requiere, por lo tanto, de estudios adicionales para establecer el efecto de las variedades, época de cosecha y condiciones de procesamiento sobre la composición química del mucílago. Este aspecto debe ser dilucidado no sólo desde el punto de vista académico, sino también porque la utilización industrial de este material como una fuente comercial de pectinas ha sido propuesta por varios investigadores (Bressani y Elías 1976; Cleves 1974). Estos métodos se basan en la precipitación de fracciones de pectinas por el uso de hidróxido de calcio, el cual forma pectato de calcio, o en agregar alcohol seguido de un proceso de agitación. En este último proceso se forman grumos de pectinas precipitadas (Cleves, R. 1974).

De otra parte, los estudios sobre este aspecto se justifican porque se ha observado que el mucílago debe retirarse tan pronto como sea posible después de separar durante el proceso la pulpa de café del grano. El contacto prolongado de estos dos materiales en esta etapa en una desventaja para la deshidratación del grano de café, ya que el producto final deshidratado se obtiene manchado, y también porque el mucílago constituye un excelente sustrato para el crecimiento de hongos, bacterias y otros microorganismos, los cuales deterioran los granos de café haciendo que el control de calidad sea muy difícil.

Pergamino de café

Como se ha descrito en otra parte de esta monografía, el pergamino del café es la parte anatómica que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa, y representa alrededor de 12% del grano de café en base seca. En el Cuadro 7 se muestra la composición química de este material (Bressani, Estrada, Jarquín, 1972) comparada con la del olote de maíz y la de la cascarilla de algodón. La concentración proteínica es similar entre los tres subproductos, mientras que el contenido de fibra cruda es significativamente mayor en el pergamino de café. El contenido de extracto libre de nitrógeno del pergamino de café es el más bajo y, por consiguiente, su valor como alimento para animales deja mucho que desear. El Cuadro 8 resume algunos resultados referentes al fraccionamiento de los carbohidratos del pergamino de café. La concentración de lignina es muy alta así como el contenido de pentosas y hexosas, sugiriendo que a través de algún tratamiento químico, el valor energético de esta materia prima potencial podría ser aumentado (Murillo y col. 1976). Este enfoque se discute también en otra sección de esta monografía.

Bibliografía

- AGUIRRE, B. F. La utilización industrial del grano de café y de sus productos. Guatemala, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (Investigaciones Tecnológicas del ICAITI, No. 1). 43 p. 1966.
- BRESSANI, R., E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba, 22:299-304, 1972.
- BRESSANI, R. "Composición química de los subproductos del café". En: Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos Agrícolas e Industriales. 1a. Turrialba, Costa Rica, 11-14 de junio, 1974. Informe Final. C. R. IICA. p. 13. 1974.
- BRESSANI, R. Use of coffee processing waste as animal feed and industrial raw material. Presentado en la Reunión Anual del IFT llevada a cabo en Chicago, Ill. Junio 8-12, 1975. Patrocinado por el Instituto de Tecnólogos de Alimentos.
- BRESSANI, R. y L. G. Elías. "Utilización de desechos de café en alimentación de animales y materia prima industrial". Documento presentado en Exposición Pecuaria del Istmo Centroamericano (EXPICA) 76. San Salvador, El Salvador 3-8 mayo de 1976. Guatemala, INCAP, 1976. 25 p. Mimeografiado.
- CARBONELL, Alberto J., y M. Vilanova. Beneficiado rápido y eficiente del café mediante el uso de soda cáustica. Citado por Cleves, R. In: Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectina a partir del mucílago del café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificación. Proyecto 1. Sub-proyecto 5. Oficina del Café, San José, Costa Rica. 1974.
- CLEVES, R., Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectina a partir del mucílago del café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificación. Proyecto 1. Sub-proyecto 5. Oficina del Café. San José, Costa Rica. 1974.

JAFFE, W. y D. S. Ortiz. "Notas sobre el valor alimenticio de la pulpa de café". Agro. (Venezuela), 23: 31-37, 1952.

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.

MURILLO, B., E. Estrada, M. T. Cabezas, E. Vargas, L. Daqui y R. Bressani. Composición de carbohidratos estructurales en diferentes muestras de pulpa y pergamino de café. Manuscrito en preparación, 1977.

NADAL, N. G. M. Coffee mucilage, its chemical composition. Coffee and Tea Ind. 82 (no. 8) 17-18, 1959.

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.

VAN BUREN, J. P. y N. B. Robinson. Formation of complexes between protein and tannic acid. J. Agric. Food Chem. 17: 772/777. 1969.

WILBAUX, René. Les caféirs au Congo Belge. Technologie du Café Arabica et Robusta. Pub. de la Direction de l'Agriculture, des Forêts et de l'Élevage Bruxelles, 1956.

é
l.c.
é
all l.c.
(Or all u.c.)
Bruxelles

Posibles Usos de los Subproductos del Grano de Café

Ricardo Bressani*

Introducción

Como se ha indicado, el café es procesado en Centroamérica, bien en los beneficios de las propias plantaciones, bien en beneficios localizados a distancias relativamente cortas dentro de las áreas cafetaleras. En el primer caso, el beneficio tiene la capacidad para procesar todo el café cosechado en la finca o plantación. Las cantidades procesadas son variables, pero en la mayoría de los casos no son suficientemente grandes para ameritar inversiones adicionales en equipo de procesamiento con el fin de asegurar la utilización adecuada de sus subproductos. Sin embargo, el hecho de que la cosecha de café dura muchas veces hasta cinco meses —debido a que toda la fruta no madura a la vez— hace más promisorio la posibilidad de utilizar la pulpa de café para propósitos de alimentación animal. Bajo estas condiciones, las cantidades pequeñas pero constantes de pulpa que se producen pueden ser fácilmente manejadas y secadas sin equipo adicional.

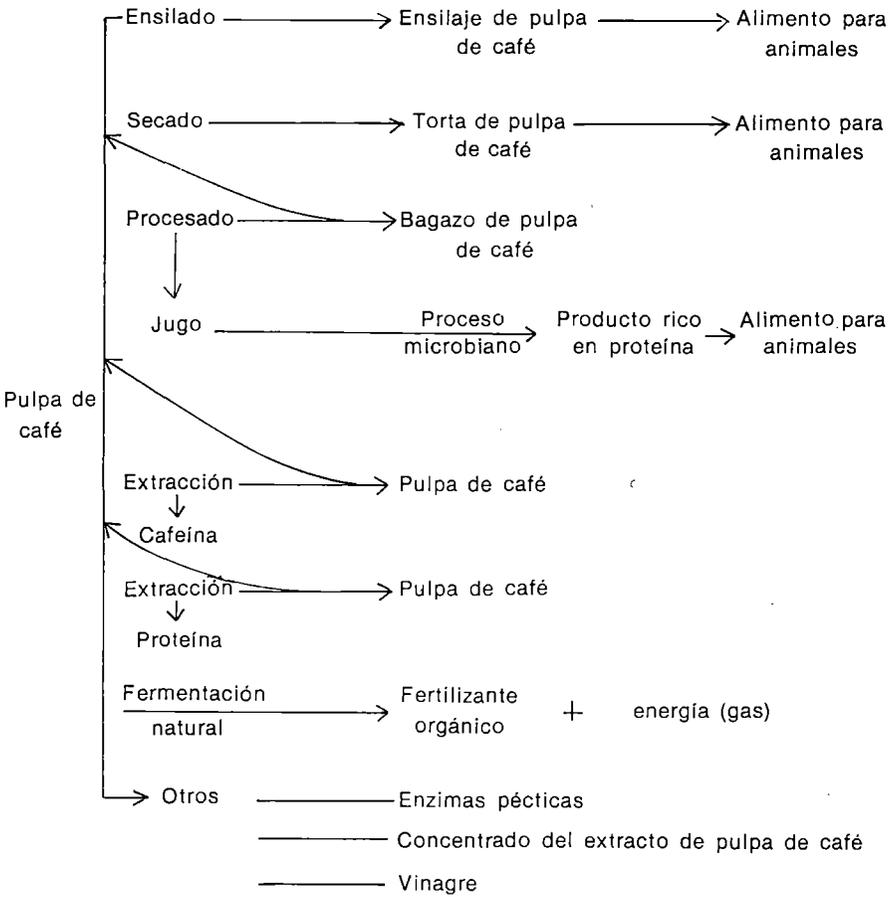
Por otra parte, los beneficios industriales centralizados tienen una mayor capacidad y en ellos se procesa el café que se produce tanto en pequeñas como en grandes plantaciones. Debido a que las cantidades procesadas son relativamente grandes, la posibilidad de una inversión económica para la industrialización de los subproductos de café, es mucho más factible que en el primer caso. Basados en esas consideraciones, así como en la disponibilidad de los subproductos y su composición química, se han publicado varias sugerencias para la utilización de los subproductos del café. La Figura 1 resume una serie de posibilidades respaldadas por el trabajo experimental llevado a cabo en este rubro.

En la mayoría de los casos, los procesos estudiados han estado encaminados a hacer de la pulpa de café un producto apto para consumo ani-

*Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP

mal, en forma de ensilaje o bien secada (Bressani y col. 1974; Ruiz 1974). Este aspecto será discutido en capítulos subsiguientes de esta publicación. La pulpa de café contiene de 80 a 88% de agua (Bressani y col. 1972) pero se ha encontrado que una operación de prensado puede reducir la humedad a 55-60%. El residuo de esta operación podrá entonces utilizarse como alimento para animales tal cual o bien ensilado o secado y, a la vez, el jugo extraído podría convertirse en otros productos o ser utilizado para otros propósitos.

Figura 1
Posibilidades para la utilización de los subproductos del café



La pulpa de café puede también ser extraída con agua o solventes orgánicos, como se describirá más adelante, para obtener cafeína y otros compuestos. El residuo de este proceso puede, de nuevo, utilizarse como alimento para animales. Se han hecho algunos ensayos para extraer la proteína de la pulpa de café, así como las sustancias pécticas e incluso las enzimas pectinolíticas. Otras posibilidades podrían ser la hidrólisis de la pul-

pa para producir melaza, la fermentación para producir alcohol, y la obtención de una variedad de extractos para bebidas gaseosas, mermeladas y otros tipos similares de alimentos (Aguirre 1966). Por medio de la fermentación natural puede hacerse un buen fertilizante orgánico, proceso en que se libera gas biológico. Esta última posibilidad es atractiva debido a la escasez constante y al alto costo de las fuentes de energía comúnmente utilizadas.

El segundo subproducto del café, la cascarilla o cascabillo, es importante en términos de las cantidades que se encuentran disponibles, y sus posibles usos se muestran en la Figura 2. Debido a su composición química, la cascarilla de café no ofrece tantas posibilidades de utilización como la pulpa de café. Como alimento para animales, la cascarilla puede jugar un papel importante como material de relleno únicamente en raciones para rumiantes. Su composición química (Bressani y col. 1972) indica que existen cantidades muy pequeñas de sustancias solubles en éter, que por ser tan pequeñas no son importantes económicamente. En nuestros días, la cascarilla se utiliza como combustible en el proceso de secado del fruto del café (Aguirre 1966).

La posible utilización del mucilago del café, así como de las aguas del procesamiento de éste, se muestran en las Figuras 2 y 3. El uso de este material para producir pectinas es atractivo. Por otra parte, estos subproductos han sido ensayados como sustratos para el crecimiento de microorganismos para la producción de proteína unicelular (Aguirre 1966; Rolz 1973).

A continuación, se hará una revisión de la investigación llevada a cabo sobre los usos industriales de los subproductos del café, es decir pulpa de café, cascarilla de café, y aguas de desecho del procesamiento del café.

Pulpa de café

Crecimiento de microorganismos

Debido a que la pulpa de café es una fuente rica en azúcares, su utilización como medio de crecimiento para microorganismos es de mucho interés. En 1951 se realizaron algunos trabajos en Colombia (Calle, 1951, 1954) para la producción de levadura. La pulpa de café fresca se hirvió por cerca de una hora, se filtró, el filtrado se ajustó a un pH de 4,5 y se inoculó con *Torulopsis utilis*. El filtrado extraído fue previamente suplementado con 0,5% de fosfato de amonio. Después de 24 horas la producción de levadura ascendió a 7,5 mg (base seca) por cc de jugo, el cual originalmente contenía alrededor de 1,2% de azúcar. En pruebas realizadas a nivel de planta piloto se obtuvo alrededor de 750 g de levadura seca por 100 kg de bayas de café. La composición química de la levadura se muestra en el Cuadro 1. Muestras producidas en Colombia y Costa Rica han demostrado tener prácticamente la misma composición química, con una concentración de proteína superior a 45%. Otros resultados (INCAP 1970; Calle 1974) han sugerido que la pulpa de café es también relativamente buena como sustrato para *Aspergillus oryze*, *Bacillus megatherium* y *Saccharomyces cerevisiae*.

zal?

Figura 2
Posibles usos del cascabillo y del mucílago del café

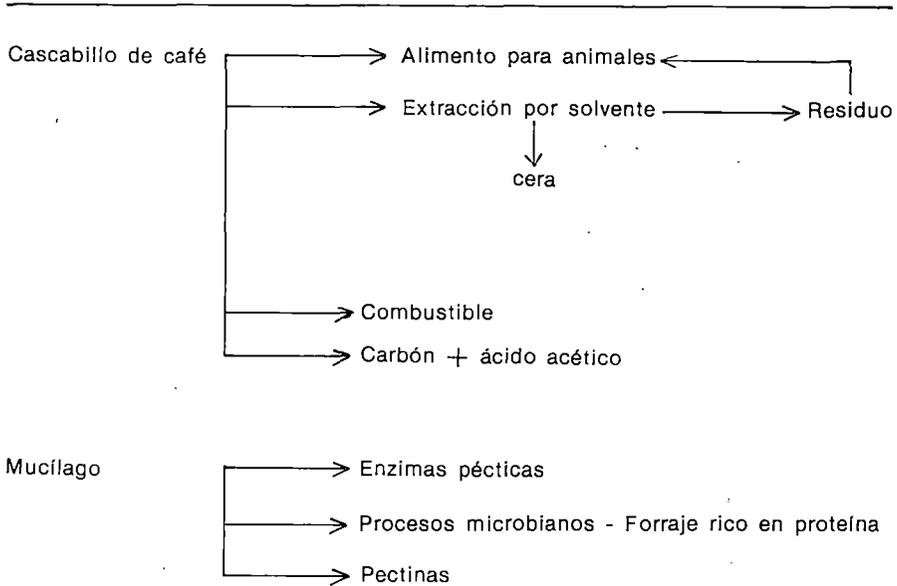
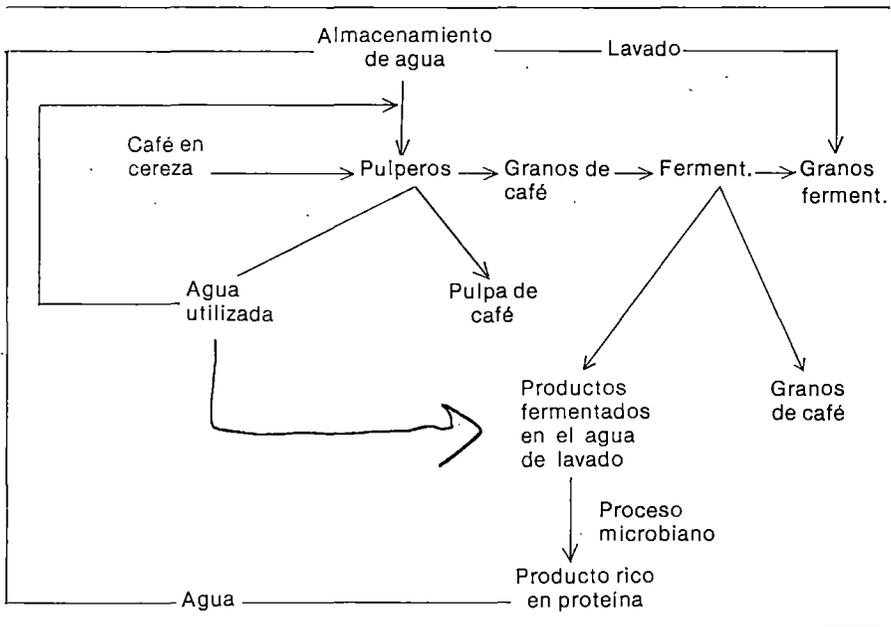


Figura 3
Utilización del agua en algunos beneficios de café de Centroamérica



Cuadro No. 1

COMPOSICION PROXIMAL DE LA LEVADURA TORULA CULTIVADA EN
PULPA DE CAFE

(Peso seco, %)

	Colombia	Costa Rica	Otros
Extracto etéreo	—	1,3	1,0
Fibra cruda	3,4	7,5	0,8
Cenizas	8,5	8,9	9,1
Proteína cruda	44,8	46,4	47,4

Calle, 1951

INCAP, 1970

Extracción de la proteína de la pulpa de café

Debido al patrón atractivo de aminoácidos de la proteína de la pulpa de café mostrado anteriormente, se ha intentado preparar concentrados proteínicos de pulpa de café fresca en nuestros laboratorios (De la Fuente y col. 1974). Los estudios llevados a cabo hasta la fecha indican que aunque se pueden obtener extracciones de nitrógeno relativamente altas, solamente pueden recuperarse pequeñas cantidades de proteína. Algunos resultados representativos se muestran en el Cuadro 2. La extracción de agua con agitación constante liberó un promedio de alrededor de 42% del nitrógeno original. Al aumentar el pH de la extracción, la cantidad de nitrógeno extraído descendió. Para determinar si podían obtenerse cantidades mayores, la pulpa se trató con celulasa y maceroenzimas por diferentes períodos de tiempo. Estos tratamientos aumentaron la extracción total por arriba de 71% del nitrógeno en la pulpa. Ha sido difícil obtener mayores extracciones, y se encontraron problemas en la precipitación de la proteína. La razón es que la pulpa de café contiene niveles altos de taninos, los cuales recubren la proteína dificultando su extracción y precipitación. Un problema adicional es que los fenoles libres en la pulpa de café se oxidan a quinonas que son agentes oxidantes capaces de actuar sobre los grupos esenciales de las proteínas. Más importante aun, los fenoles se polimerizan rápidamente, y reaccionan formando enlaces covalentes con la proteína. Actualmente se llevan a cabo estudios para bloquear estas reacciones, lo cual podría resultar en una mayor extracción del nitrógeno, así como en la precipitación de la proteína en una forma más concentrada. En estos experimentos se utiliza el tratamiento con sulfito para inhibir la oxidación de los fenoles y el polivinil pirrolidón reacciona preferentemente con los taninos, dejando así libre la proteína para ser extraída.

Extracción de cafeína

Como se demostrará más adelante, la cafeína ha sido identificada como uno de los componentes de la pulpa de café responsable de algunos de los efectos físicos adversos observados en nutrición animal. Por otra parte,

Cuadro No. 2

RESULTADOS PRELIMINARES DE LA EXTRACCION DE LA PROTEINA
DE LA PULPA DE CAFE

Solvente	Número de extracciones	pH	pH de la extracción
Agua	1	5,0	41,7
Agua	2	5,0	51,6
Agua	2	6	36,6
Agua	2	9	35,1
Agua	2	10	32,1
3% de Cloruro de Sodio	2	—	30,2
Celulosa + maceroenzima (5)	—	7	70,6

Bressani, 1975

el precio de mercado de la cafeína es relativamente alto, y este alcaloide tiene una extensa variedad de usos. Se han llevado a cabo estudios para conocer si la extracción de la cafeína de la pulpa de café es un proceso económicamente factible (Molina y col. 1974; Cuevas 1976). Se han ensayado, para este propósito, varios solventes y métodos de extracción de la pulpa de café fresca y seca. Estos fueron, extracción con alcohol, con agua a 25°C y extracción con agua a 25°C seguida de alcohol. El efecto de los varios métodos utilizados sobre la composición química del residuo de extracción se resume en el Cuadro 3. Como puede verse, el proceso de percolación llevado a cabo en 3 pasos de 1 hora de duración cada uno, deja un residuo menor de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido caféico, que la extracción con agua a 25°C, extracción con agua a 25°C y alcohol, y extracción solamente con alcohol.

El Cuadro 4 presenta la eficiencia de extracción de los cuatro procesos usados. Los datos revelan que el proceso de percolación resulta en la remoción casi total de la cafeína, con 29% de extracción de sólidos totales. Este proceso ya está optimizado a nivel de planta piloto en nuestros laboratorios (Cuevas 1976), y el extracto se encuentra bajo estudio para posibles aplicaciones en la industria de alimentos para extracción de cafeína.

Fertilizante orgánico

El mantenimiento de materia orgánica en los suelos tropicales ha sido considerado particularmente importante debido a que dichos suelos se agotan muy rápidamente por la actividad bacteriológica que se mantiene durante todo el año. Por esta razón, y para evitar los problemas ambientales que causa la descomposición de la pulpa de café cuando se acumula, ésta se utiliza como fertilizante orgánico en las plantaciones de café. Se usan diferentes métodos, siendo uno de ellos la aplicación de pulpa fresca directamente de los pulperos a los cafetos. Un segundo método es secar la pulpa antes de su aplicación. Suárez de Castro (1960) indicó que 100 lbs de pulpa de café seca equivalen, en base a su composición química, a 10 lbs de un fertilizante inorgánico 14-3-37 ó 20 lbs de 7-1,5-18,5. Esto refleja

Cuadro No. 3

**ANALISIS QUIMICO DE LA PULPA DE CAFE EXTRAIDA POR
DIFERENTES TECNICAS**

(%)

Componente	Pulpa seca	Percola- ción	Extracto a 25C al- cohol	Extracto a 25C alcohol	Extracción con alcohol
Agua	5,02	6,21	7,02	8,43	8,63
Proteína	11,90	11,19	11,25	9,75	11,19
Cafeína	1,27	0,02	0,31	0,29	0,76
Taninos	2,40	0,53	1,81	0,93	1,00
Acido Clorogénico	2,60	0,35	1,42	0,35	0,90
Acido cafeico	0,24	0,00	0,35	0,00	0,10
Acido cafeico total	1,56	0,18	1,06	0,18	0,56
Azúcares solubles totales	8,83	1,54	3,70	3,21	6,04

Molina y col. 1974

la cantidad alta de potasio que contiene la pulpa de café (Bressani y col. 1972). Para tener una mejor perspectiva de este subproducto como fertilizante orgánico, se presenta el Cuadro 5 (Suárez de Castro, 1960). Puede observarse que la materia orgánica de la pulpa de café contiene más nitrógeno y potasio. Los resultados de varios experimentos han indicado que la pulpa de café es un fertilizante orgánico de mucho valor, particularmente para el cafeto; el problema principal para su uso efectivo reside en el manejo, ya que su contenido de humedad es muy alto (Bressani y col. 1972).

Otros usos

La pulpa de café se ha usado en forma cruda para producir una gran variedad de productos (Aguirre, 1966). Es de particular interés la producción de melaza de pulpa de café (Molina y col. 1974). Esta ha sido producida por medio de hidrólisis de la pulpa durante 4-6 horas con una solución de HCl al 6% a 121°C y 15 psi. Además de este tipo de melaza, se han producido también otros tipos por medio de la concentración de los azúcares y productos de hidrólisis derivados del mucílago y de los extractos de pulpa de café. Este tipo de compuesto se ha evaluado a través de cerdos, incorporándolo en niveles de hasta 30% en la dieta. Los resultados sugieren que es tan bueno como la melaza de caña de azúcar (Buitrago y col. 1966). De interés es también el hecho de que al tostar la pulpa de café, o los granos de café, aumenta significativamente el contenido de niacina (Bressani y col. 1962). En la pulpa de café, después de 20 minutos de tostación, se encontró un aumento de 15 veces el contenido de esta vitamina mientras que en el grano de café, el aumento fue alrededor de 19 veces. La niacina producida durante el proceso de tostación es biológicamente disponible, como se ha demostrado en estudios con pollos en crecimiento.

Es también de interés mencionar la utilización de la pulpa de café para producir gas biológico. Calle (1955) informó de la producción de 670 li-

Cuadro No. 4

**EFICIENCIA DE EXTRACCION DE LA PULPA DE CAFE CON
DIFERENTES PROCEDIMIENTOS**

Procedimiento de extracción	Cafeína % extracción	Sólidos totales extraídos, %
Alcohol	69,53	19,10
Agua (25°C)	78,11	28,33
Agua (25°C) + alcohol	84,65	35,50
Percolación	99,06	29,01

tros de metano en 72 días a partir de 30 kg de pulpa de café mezclada con estiércol de vaca. El residuo de dicho proceso demostró ser rico en nitrógeno y muy adecuado como fertilizante orgánico.

Cuadro No. 5

**COMPOSICION QUIMICA PORCENTUAL DE DIFERENTES FERTILIZANTES
ORGANICOS**

Componente	Pulpa de café (El Salvador)	Estiércol de vaca	Compost Residuos Agrícolas (El Salvador)	Estiércol de pollo	Compost (Pto. Rico)	Compost (El Salvador)
Materia orgánica	91,20	—	15,60	—	36,42	54,37
Nitrógeno	1,94	0,50	1,20	1,6	2,28	1,23
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,28	0,25	0,83	1,5	4,71	0,79
Potasio (K ₂ O)	3,61	0,50	0,98	0,8	2,87	0,87
Calcio (CaO)	—	—	—	—	—	5,32

Suárez de Castro, 1960. (14)

Cascarilla de café

La cascarilla de café se caracteriza químicamente por su alto contenido de fibra cruda y, en este sentido, es similar a otros subproductos utilizados como material de relleno en raciones para animales (Bressani y col. 1972). A este respecto se ha informado que el contenido celular de la cascarilla de café es de 12%, mientras que los componentes de las paredes celulares, esto es la fibra neutro detergente y ácido detergente, se encuentra en cantidades de 88 y 67%, respectivamente (Jarquín y col. 1974).

La celulosa, como es ampliamente conocido, puede utilizarse como fuente de energía para rumiantes; sin embargo, la utilización de la cascarilla de café está limitada por la lignina, sílice y otros compuestos. El contenido de lignina puede ser tan alto como 18% y las cenizas insolubles alcanzan niveles de hasta 5%.

Para aumentar la utilización metabólica de la cascarilla de café, sería necesario hidrolizar la celulosa y otros compuestos similares. Algunos resultados preliminares, presentados en el Cuadro 6, indican que el tratamiento con álcali aumenta los carbohidratos solubles. La hidrólisis con soluciones al 10% de hidróxido de sodio o de calcio, reducen la fibra cruda de 62,1% a 34,1% y 35,8%, respectivamente (Murillo y col. 1975).

Debido a su estructura y composición química, la cascarilla de café no ofrece muchas otras posibilidades de utilización; sin embargo, también se ha considerado su utilización como combustible. Este último es el uso que más comúnmente se le da a la cascarilla de café en los beneficios, ya que se necesita mucha energía para la deshidratación final del grano de café (Aguirre 1966).

Cuadro No. 6

TRATAMIENTO ALCÁLINO DE LA FIBRA ACIDO DETERGENTE
DEL CASCABILLO DE CAFE

Tratamiento	Porcentaje de hidróxido			
	0	2,5	5,0	10,0
Hidróxido de sodio	62,1	50,5	42,5	34,1
Hidróxido de calcio	62,1	52,6	45,6	35,8

Aguas de desecho del procesamiento del café

Cómo se ha indicado anteriormente, en muchos beneficios de café centralizados es un serio problema deshacerse del agua utilizada para despulpar y lavar los granos de café fermentados. Por lo tanto, se hacen esfuerzos para utilizar estas aguas como sustrato para crecimiento microbiano; la proteína microbiana producida se utilizaría para la alimentación de animales. El Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) está trabajando activamente en este proyecto (Buitrago y col. 1968) (ICAITI 1973). En cooperación con el Instituto de Investigación de Denver, se ha desarrollado un proyecto para diseñar un proceso por medio del cual un microorganismo que se ha cultivado en un fermentador simple y no aséptico, podría reducir significativamente el COD (demanda química de oxígeno) de las aguas de desecho del café. De un grupo de 21 hongos y levaduras, cuatro se seleccionaron en términos de reducciones aceptables de COD y crecimiento de micelio. Los cuatro seleccionados fueron: *Aspergillus oryzae* I-14, *Myothecium verrucaria* P-9, *Palcitomyces elegans* I-134 y *Trichoderma viride* I-189. Con estos microorganismos, se obtuvieron reducciones de COD entre 56 y 83% cuando se cultivaron en balones con agitación. El aumento en sólidos insolubles varió de 3,95 a 5,32. En trabajos adicionales se seleccionó el *A. oryzae* (I-14), ya que éste dio un micelio con un contenido alto de proteína y niveles de celulosa menores que los otros. Usando operaciones de "batch", con muestra para fermentador, los niveles específicos experimentales variaron de 0,04 a 0,1 g/h.

Handwritten signature

En los estudios llevados a cabo utilizando operaciones continuas se encontraron varios problemas, sin embargo, la reducción de COD varió entre 50 y 75%, y los resultados de producción de materia seca fueron cerca de 0,40 g/g COD removido. La composición química y el contenido de aminoácidos del producto obtenido se muestran en el Cuadro 7. El contenido de proteína fue 41,2%, grasa 4,2%, celulosa 4,7% y 15,3% de cenizas. El contenido de aminoácidos arrojó valores similares a los informados para otros hongos, con 4,7 y 1,1 g/100 g de proteína de lisina y metionina, respectivamente. Estudios realizados en ratas no evidenciaron síntomas agudos de toxicidad cuando se administraron dietas que contenían el micelio seco (Buitrago y col. 1968; ICAITI, 1973).

Cuadro No. 7

COMPOSICION QUIMICA Y CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL MICELIO
SECO DE *A. oryzae* (I-14) CRECIDO EN LAS AGUAS DE DESECHO
DEL PROCESAMIENTO DEL CAFE

Análisis	%	Aminoácidos	g/16 g N
Humedad	1,7	Alanina	6,0
Nitrógeno, (N)	7,5	Arginina	2,9
Nitrógeno inorgánico	0,9	Acido aspártico	7,9
Nitrógeno orgánico	6,6	Acido glutámico	9,3
Proteína		Glicina	4,7
(N orgánico x 6,25)	41,2	Histidina	1,2
Extracto etéreo	4,2	Isoleucina	4,0
Celulosa	4,7	Leucina	5,8
Cenizas	15,3	Lisina	4,7
		Metionina	1,1
		Fenilalanina	3,5
		Prolina	3,6
		Serina	3,2
		Treonina	3,8
		Tirosina	2,4
		Valina	4,9

Rolz, C. 1973. (6).

En base a estos resultados de laboratorio, se diseñó y construyó una planta piloto en El Salvador, con una capacidad para procesar 10.000 galones de aguas de desecho en 24 horas. Esta planta ha estado operando desde 1973, lo cual ha permitido el cálculo del balance de materiales y los costos de operación. Estos resultados se muestran en el Cuadro 8. De un total de 33,8 toneladas métricas de COD procesado se obtuvieron 13,5 TM de micelio total, equivalentes a 4,7 TM de proteína. Cada libra de micelio que se produjo tuvo un costo aproximado de \$0,09 (ICAITI, 1973). Estos resultados demuestran, por lo tanto, la posibilidad de utilizar las aguas de desecho para la producción de concentrados proteínicos para consumo animal.

El mismo grupo de investigadores está tratando de aislar enzimas pécticas; sin embargo, la actividad enzimática es baja en comparación con las preparaciones comerciales. Se llevan a cabo estudios adicionales para

concentrar las enzimas por medio de saturación con sulfato de amonio (ICAITI 1973).

Mucílago

Como se ha indicado, el mucílago del fruto del café es muy rico en sustancias pécticas, de las que se podría obtener pectina. Estas sustancias, sin embargo, son difíciles de recuperar actualmente debido a que el despulpado y lavado, operaciones inherentes al proceso del beneficiado (ver Capítulo II), deben llevarse a cabo utilizando grandes cantidades de agua, y casi siempre en un estado de fermentación. Por lo tanto, si se desea obtener las sustancias pécticas será necesario reciclar el agua como se describe en el Capítulo II, o utilizar la pulpa de café como materia prima.

Existen varios estudios publicados sobre la posibilidad de recuperar las sustancias pécticas del mucílago de café. En uno de estos estudios (Menchú y col. 1974) se acidificó el mucílago extraído a un pH2 inmediatamente después de la extracción, para así reducir la separación enzimática. El material fue entonces centrifugado para separar las impurezas de las sustancias pécticas y luego se trató con alcohol etílico para precipitar la pectina. La recuperación de las pectinas se logró por medio de filtración, seguida de un secado a temperaturas bajas. El total de pectinas obtenidas, expresado como ácido galacturónico, fue 17 g/100 g de mucílago. El problema con este proceso es el costo del alcohol etílico.

En otro estudio (Orozco 1974), cuyo objetivo fue el de purificar las aguas residuales del procesamiento del café, se agregó óxido de calcio a pH12. El óxido de calcio coaguló las sustancias pécticas, las cuales se sedimentaron como pectato de calcio que subsecuentemente fue filtrado.

En base a lo anterior, así como en base a otros estudios y también al precio de la pectina, se calculó la factibilidad económica (Cleves 1975) demostrando que las posibilidades son prometedoras. Se requiere, sin embargo, mucho trabajo todavía para poner en práctica este proceso.

Cuadro No. 8

BALANCE DE MATERIALES Y COSTOS PARA LA PRODUCCION DE PROTEINA MICROBIANA EN LAS AGUAS DE DESECHO DEL PROCESAMIENTO DEL CAFE

Base:	100 días de operación continua	
	10.000 galones/día	
	COD inicial: 15 g/l	
	Reducción de COD, %: 60	
	Producción: 40%	
COD total procesada:		33,8 M.T.
Micelio total producido:		13,5 M.T.
Proteína total producida:		4,7 M.T.
Costo de instalación del equipo, US\$:	8240	
Costos operacionales, US\$:	1790	
Costo de micelio/libre, US\$:		0,90

Conclusiones

La información discutida en este capítulo indica que debido a su relativa riqueza en carbohidratos y otros compuestos orgánicos, la pulpa y otros subproductos del café pueden tener aplicaciones industriales de importancia, tales como su utilización como materia prima para la obtención de sustancias específicas, o como sustrato para la producción de otros materiales. La investigación llevada a cabo hasta ahora no ha sido suficientemente exhaustiva para permitir la aplicación de los resultados al establecimiento de industrias apropiadas. Además, debido al precio relativamente alto del grano de café, ha habido muy poco interés en la utilización industrial de sus subproductos. Existe, sin embargo, más conciencia en los países productores de café sobre los problemas de contaminación ambiental que pueden derivarse de los subproductos del procesamiento del café y también sobre la necesidad de utilizar el fruto al máximo. Si los estudios de factibilidad económica demuestran que es posible la industrialización de estos productos, la pulpa de café podrá encontrar otras aplicaciones además de su uso actual como fertilizante orgánico o como alimento para animales.

Bibliografía

- AGUIRRE, F. La utilización industrial del grano de café y de sus subproductos. Investigaciones tecnológicas del ICAITI. No. 1 ICAITI, Guatemala, 1966.
- BRESSANI, R.; 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. de Nutrición 12:93-104, 1962.
- BRESSANI, R.; E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba 22:299-304, 1972.
- BRESSANI, R.; M. T. Cabezas, R. Jarquín, y B. Murillo. The use of coffee processing waste as animal feed. p. 107-117. 1975. Proc. Conf. on Animal Feeds of Tropical and Sub-Tropical Origin. Held at the London School of Pharmacy, Brunswick Square, London 1-5 April, 1974.
- BUITRAGO, J.; J. T. Gallo, M. Corzo y N. Calle. Evaluation of coffee molasses in the diet for growing hogs. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia. Memorias ALPA (Abst) 3:159, 1968.
- CALLE, V. H. Ensayo sobre cultivo de levaduras alimentarias en pulpa de café. Centro Nacional de Investigaciones de café. Chinchiná. Colombia, Boletín Informativo 2: 33-36, 1951.
- CALLE, V. H. Propagación de microorganismos alimenticios en la pulpa y mucílago de café. Bol. Inf. (CENICAFE, Chinchiná) 50: 22-27, 1954.
- CALLE, V. H. Producción de gas combustible por fermentación metánica de la pulpa de café. Bol. Inf. (CENICAFE, Chinchiná) 6: 198-205, 1955.
- CALLE, V. H. Proceso industrial para propagación de levaduras. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Centro Nacional de Inves-

- tigaciones de Café. Chinchiná, Caldas, Colombia. Junio 1974.
- CLEVES, R. Justificación de un proyecto para investigar la obtención de pectina a partir del mucílago del café. Departamento de Estudios Técnicos y Diversificación. Proyecto 1. Sub-proyecto 5. Oficina del Café. San José, Costa Rica. 1975.
- CUEVAS, R. Optimización y factibilidad económica del proceso de decafeinización de la pulpa de café. Tesis. M. Sc. Centro de Estudios Superiores de Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA). Curso de postgrado en Ciencias y Tecnología de Alimentos y Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias, Química y Farmacia. INCAP, Guatemala, 1976.
- DE LA FUENTE, G. INCAP, Informe Anual 1974.
- EXPICA-76. Recopilación de datos de la reunión llevada a cabo durante la Exposición Pecuaría del Istmo Centroamericano, San Salvador, El Salvador, C. A. 3-8 mayo, 1976.
- ICAITI. Informe Anual de Actividades. División de Investigación Aplicada. ICAITI. Guatemala, 1973.
- INCAP. Datos sin publicar, 1970.
- JARQUIN, R.; B. Murillo, J. M. González y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VII. Utilización de pergamino de café en la alimentación de rumiantes. Turrialba 24: 168-172, 1974.
- MENCHU, J. F.; M. C. de Arriola, A. Fuente, C. Rolz. Posibilidad de recuperación de la pectina del mucílago del café. En: Utilización de subproductos del café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales. IICA. Turrialba, Costa Rica, 1974.
- MOLINA, M. INCAP. Informe Anual, 1974.
- MOLINA, M.; G. de la Fuente, M. A. Batten y R. Bressani. Decaffeination. A process to detoxify coffee pulp. Agr. and Food Chem. 22: 1055-1059, 1974.
- MURILLO, B.; M. T. Cabezas y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. X. Cambios en la composición química del pergamino de café por efectos de diferentes tratamientos alcalinos. Turrialba 25: 179-182, 1975.
- OROZCO, R. Obtención de pectina a partir del mucílago del café, subproductos e industrias conexas. En: Utilización de subproductos del café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales. IICA. Turrialba, 1974.
- ROLZ, C. Utilization of cane and coffee processing by-products as microbial protein substrates. The International Conference on SCP. Mass. Inst. Tech. Cambridge, Mass. 1973.
- RUIZ, M. R. Utilización de subproductos del café en la alimentación animal y otras aplicaciones agrícolas e industriales. IICA. Turrialba, Costa Rica, 1974.
- SUAREZ DE CASTRO, F. Valor de la pulpa de café como abono. Boletín Informativo. Suplemento No. 5. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, El Salvador, C. A. Diciembre 1960.

Uso de Pulpa de Café en Alimentación de Rumiantes

M. T. Cabezas*, A. Flores** y J. E. Egaña**

Introducción

En este capítulo se hará una revisión de la información que existe sobre las características nutricionales de la pulpa de café para animales rumiantes, tratando de llegar a conclusiones sobre el potencial y las limitaciones que tiene para su empleo en sistemas de alimentación en los países del área centroamericana. La mayor parte de la información se ha obtenido en ensayos con ganado bovino por lo que se hará énfasis en los resultados obtenidos con esta especie. En todos los casos se ha empleado ya sea pulpa de café deshidratada al sol directamente después de ser producida (PCD) o después de ser ensilada (PCED), o pulpa de café ensilada fresca (EPC). Como hasta la fecha no se han realizado ensayos con pulpa procesada por otros medios, solamente se hará referencia a los materiales procesados en la forma antes indicada.

Calidad nutritiva de la pulpa de café

Consumo voluntario

Uno de los principales factores que determinan el valor nutritivo de un alimento, es la cantidad que los animales consumen voluntariamente cuando tienen acceso libre a él. Los primeros estudios realizados con pulpa de café, revisados por Squibb (1950), indicaron que una de las limitaciones para el uso de este material como alimento para el ganado, es la renuencia de los animales a consumirlo cuando es suministrado como principal alimento de la ración. Mostraron también que el consumo voluntario mejora cuando la pulpa es suplementada con alimentos de alta palatabilidad, forrajes y concentrados protéicos, pero no especificaron las cantidades de estos materiales necesarios para balancear una ración adecuada con

*Jefe del Programa de Nutrición Animal, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.
**Técnicos del mismo Programa.

base en dicho subproducto. Indicaron, sin embargo, que la disminución en consumo producida por la pulpa de café es originada por su baja palatabilidad y, posiblemente, por efectos adversos sobre la digestión y el metabolismo de los animales.

Estudios más recientes realizados por Osegueda y col. (1970) Ayala (1971), Ledger y Tillman (1972), Jarquín y col. (1972) Cabezas y col. (1974b, 1976), Vargas (1974), Flores Recinos (1973, 1976) y Ruiz y Ruiz (1975), han suministrado mayor información acerca de los efectos negativos de la pulpa sobre el consumo voluntario y la mejor forma de suplementarla para contrarrestar estos efectos. Estos trabajos han tenido como principal objetivo conocer los efectos de la pulpa sobre el rendimiento de ganado de carne al substituir otros ingredientes de la ración en ensayos de alimentación. Este tema será abordado con detalle en la sección correspondiente a alimentación de ganado bovino de carne.

Digestibilidad de la pulpa de café y su efecto sobre la digestibilidad de las raciones

El primer estudio que se conoce sobre digestibilidad de la pulpa de café fue realizado por Lewy Van Severen y Carbonell (1949), quienes utilizaron cabras de año y medio de edad, alimentadas con una ración que contenía 62% PCD y 38% de hoja de banano. Los coeficientes de digestibilidad calculados para proteína cruda, materia seca, extracto libre de nitrógeno, grasa y fibra cruda de PCD, fueron de 34,0 - 76,3 - 76,4 - 97,9 y 87,7% respectivamente. En un ensayo con ovejas, Rogerson (1965) obtuvo coeficientes de 7 a 13% para proteína cruda de PCD. Caielly y col. (1974) alimentaron ovejas de dos años de edad con raciones a base de heno de pasto bermuda y melaza de caña que contenían 0-10-20 y 30% de PCD, y determinaron que los nutrientes digeribles totales (NDT) de estas raciones fueron, 41,8 - 44,8 - 42,9 y 44,2% respectivamente. La digestibilidad de la materia seca de la pulpa y del heno, calculadas por regresión, fue de 57,1 y 46,5% en cada caso.

Los valores antes mencionados muestran una gran variabilidad en la digestibilidad de los nutrientes presentes en la pulpa de café, la cual puede haber sido ocasionada por diferencias en origen y procesamiento de la pulpa, composición de las raciones basales y metodología empleada.

En un trabajo llevado a cabo por Cabezas y col. (1977), se determinó la digestibilidad de raciones que contenían 0 - 20 - 40 - y 60% de PCD, suministradas a diferentes grupos de novillos en crecimiento. La pulpa fue incorporada en las raciones experimentales en substitución parcial de cascarrilla de algodón y harina de algodón, que conjuntamente con melaza de caña y una mezcla de minerales, constituían la ración basal. Los resultados del ensayo se muestran en el Cuadro 1. El consumo de materia seca total disminuyó linealmente ($\gamma = ,89$) a medida que la PCD aumentó en las raciones, pero el consumo de este material fue más alto ($P < 0,05$) con las raciones que lo contenían en mayor proporción. La digestibilidad de la materia orgánica fue superior ($P < 0,05$) con las raciones que contenían 40 y 60% de PCD que con las otras dos raciones. La misma tendencia se

Cuadro No. 1

CONSUMO DE MATERIA SECA Y DIGESTIBILIDAD POR NOVILLOS DE
RACIONES CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFÉ
DESHIDRATADA (1)

	% de pulpa de café en la ración			
	0	20	40	60
Contenido de proteína de la ración completa (% de MS ²)	14,4	14,4	15,0	15,0
Consumo de MS/día (kg/100kg de peso vivo)				
Ración completa	3,5 ^a	3,2 ^b	2,6 ^c	2,1 ^d
Pulpa de café	0,0	0,6 ^a	1,0 ^b	1,3 ^c
Digestibilidad (% de MS)				
Materia orgánica	51,2 ^a	50,6 ^a	54,0 ^b	53,9 ^b
Energía gruesa	48,0	48,4	49,6	51,4
Proteína	47,0 ^a	45,7 ^a	38,7 ^b	36,2 ^b

a, b, c, d, Cifras en la misma línea con letras diferentes son diferentes significativamente (P<0,05).

(1) Tomado de Cabezas y Col. (1977)

(2) Materia seca

observó con la digestibilidad de la energía gruesa, aunque la diferencia no fue significativa. La digestibilidad de la materia orgánica y la energía de la PCD, calculadas por diferencia, fueron de 54,8 y 51,1%, respectivamente (Cuadro 2).

Los aumentos en digestibilidad observados en las raciones que contenían mayores proporciones de PCD, fueron posiblemente una consecuencia de la reducción en consumo producida por la pulpa. Sin embargo, a los mismos niveles de consumo, la digestibilidad de la proteína disminuyó significativamente de 47,0 y 45,7% en las raciones con 0 y 20% de PCD, a 37,8 y 36,2% en las que contenían 40 y 60% de PCD. Esta disminución puede ser atribuida a la baja digestibilidad de la proteína de la PCD, que fue de 27% (Cuadro 2).

En el Cuadro 2 se resumen los valores de digestibilidad de la PCD encontrados por Cabezas y col. (1977). De acuerdo a estos valores, la materia seca de la PCD contiene 2,2 Mcal de energía digerible (ED)/kg y 3% de proteína digerible, lo que significa que en términos de digestibilidad, este material es equivalente a un pasto tropical de buena calidad.

En un estudio realizado por Daqui (1974) se determinó con novillos la digestibilidad de una mezcla de ensilajes que contenían en base seca, 61% de pulpa de café y 39% de planta de maíz (EM) ensilada cuando el grano se encontraba en su fase lechosa. Se determinó, además, la digestibilidad de la misma mezcla de forraje suplementada con cuatro concentrados isocalóricos y diferente contenido de proteína. La cantidad de concentrado suministrada diariamente a cada animal fue de 1,5 kg por lo que la energía suplementaria fue igual en todos los casos (4,2 Mcal ED/día) mientras que

la proteína suplementaria fue diferente en cada caso. De esta forma las raciones contenían niveles de proteína cruda que variaron desde 9,0% cuando la mezcla de ensilajes no fue suplementada, hasta 18% cuando se empleó el suplemento con mayor contenido de proteína. En el mismo experimento se aplicaron los tratamientos excluyendo el EPC, con el fin de determinar la influencia de este material sobre la digestibilidad de los nutrientes por los animales.

Cuadro No. 2

DIGESTIBILIDAD APARENTE Y CONTENIDO DE NUTRIENTES DIGERIBLES DE LA PULPA DE CAFÉ

	Pulpa de café deshidratada	Pulpa de café ensilada
Digestibilidad aparente (% de MS ³)		
Materia orgánica	54,8	64,1
Energía gruesa	51,1	58,4
Proteína	27,0	40,3
Contenido de energía digerible (Mcal/kg de MS)	2,2	2,6
Contenido de proteína digerible (% de MS)	3,8	4,5

1. Datos de Cabezas y col. (1977)
2. Datos de Daqui (1974)
3. Materia seca

La digestibilidad de los nutrientes de la ración aumentó con la suplementación, alcanzando su máximo cuando el contenido de proteína de la materia seca fue de 13,6% en la ración que contenía EPC, y de 14,6% en la que contenía sólo EM. En el Cuadro 3 se comparan los datos obtenidos a tales niveles de proteína con los ensilajes no suplementados. El porcentaje de proteína de la mezcla de ensilajes fue más alto que el del ensilaje de maíz, debido a que, en base seca, la pulpa de café contenía 11,1% de dicho nutriente. El consumo de materia seca de los ensilajes fue controlado a un nivel equivalente al 90% del consumo *ad-libitum*, siendo superior el registrado en la presencia de EPC. Los coeficientes de digestibilidad de la materia orgánica y la energía de EPC + EM suplementados y no suplementados fueron superiores a los correspondientes coeficientes determinados sólo con EM. El efecto inverso se obtuvo en lo referente a la digestibilidad de la proteína, aun cuando el valor obtenido en este caso fue más alto que el informado por Cabezas y col. (1977) para PCD con raciones de similar contenido de proteína.

La digestibilidad de los nutrientes de EPC calculada por Daqui (1974) al nivel de 13,6% de proteína de la ración total se muestra en el Cuadro 2. Al comparar estos datos con los obtenidos por Cabezas y col. (1977) con

OK

PCD, que aparecen en el mismo cuadro, se aprecia una mayor digestibilidad de los nutrientes de EPC, desconociéndose si esta diferencia es debida a un efecto del proceso de ensilaje o a diferencias en la composición original de los materiales empleados en ambos estudios.

Cuadro No. 3

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION ENERGETICA Y PROTEICA SOBRE EL CONSUMO Y LA DIGESTIBILIDAD DE RACIONES A BASE DE ENSILAJES DE PULPA DE CAFE Y MAIZ (1)

	Ensilajes y suplementación diaria			
	Ensilajes	EPC + EM ²		EM ³
Concentrado (kg)	0	1.5	0	1.5
ED4 (Mcal)	0	4.2	0	4.2
Contenido de proteína de la ración completa (% de MS ⁵)	9,1	13,6	7,3	14,6
Consumo de MS/día (kg/100kg de peso)				
Ración completa	1,73	2,38	1,49	2,02
EPC	1,19	1,20	—	—
EM	0,54	0,54	1,49	1,48
Consumo de EPC o EM (% de la ración completa)	68,8	50,4	100,0	73,3
Digestibilidad (% de MS)				
Materia orgánica	56,3 ^b	63,1 ^a	50,9 ^x	59,8 ^y
Energía gruesa	51,7 ^b	57,8 ^a	44,4 ^x	55,7 ^y
Proteína	20,1 ^b	48,7 ^a	32,6 ^x	62,0 ^y

(1) Tomado de Daqui (1974)

(2) Mezcla de ensilajes de pulpa de café y maíz en la proporción de 69:31 en base seca

(3) Ensilajes de maíz

(4) Energía digerible

(5) Materia seca

a, b, x, y: Cifras con letras diferentes en cada línea y en cada ensilaje son diferentes estadísticamente

(0.05)

P

Utilización del nitrógeno de raciones que contienen pulpa de café

Los efectos de la PCD sobre el balance de nitrógeno de novillos en crecimiento fueron estudiados por Cabezas y col. (1977) como complemento del ensayo de digestibilidad a que se hizo referencia anteriormente. Los resultados de este estudio se muestran en la Figura 1. Puede apreciarse que las cantidades de nitrógeno ingerido, absorbido y retenido, disminuyeron significativamente con cada incremento de PCD en la ración. Las proporciones de nitrógeno ingerido que fueron absorbidas y retenidas, así como la proporción del nitrógeno absorbido que fue retenido, no fueron afectadas por el nivel de 20% de PCD, pero disminuyeron significativamente cuando el porcentaje de PCD de la ración fue mayor. El nivel de 60% de PCD produjo disminuciones todavía más acentuadas que el nivel de 40%

Cuadro No. 4

EXCRECION DE ORINA Y NITROGENO URINARIO POR NOVILLOS
ALIMENTADOS CON RACIONES QUE CONTENIAN DIFERENTES NIVELES
DE PULPA DE CAFE DESHIDRATADA (1)

	% de pulpa de café en la ración			
	0	20	40	60
Excreción de orina				
Lt/día	8,2 ^a	10,7 ^b	11,4 ^b	18,6 ^c
Lt/kg de la MS ⁽²⁾ ingerida	1,0 ^a	1,4 ^b	1,8 ^c	3,8 ^d
Excreción de nitrógeno urinario				
g/lit de orina	7,3 ^a	4,9 ^b	3,3 ^c	2,1 ^d
% de nitrógeno absorbido	59,8 ^a	58,8 ^a	64,8 ^b	89,1 ^c

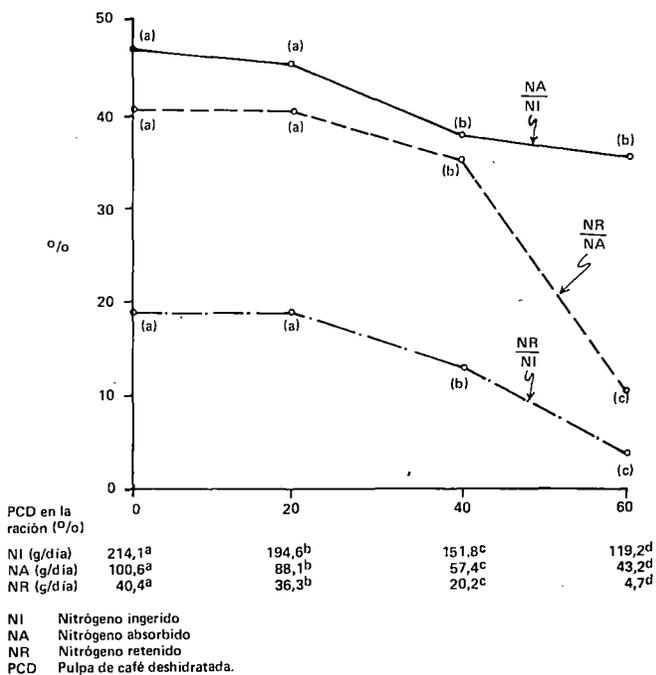
a, b, c, d: Cifras en la misma línea con letras diferentes son diferentes estadísticamente ($P \leq 0,05$).

(1) Tomado de Cabezas y col. (1977).

(2) Materia seca

Figura 1

Utilización del nitrógeno por novillos alimentados con raciones que
contenian diferentes niveles de pulpa de café deshidratada (1)



(1) Adaptada de: Cabezas y col. (1977).

Incap 77-419

($P/0,05$) en las proporciones de nitrógeno ingerido y absorbido que fueron retenidas. Los efectos de los mismos tratamientos sobre la excreción de orina y nitrógeno urinario se muestran en el Cuadro 4. Se observa que la pulpa de café produjo incrementos significativos en la orina excretada por día y por unidad de materia seca ingerida. Estos incrementos redujeron la concentración de nitrógeno urinario; sin embargo, la proporción de nitrógeno absorbido excretado por la orina, aumentó ($P/0,05$) a los niveles de 40 y 60% de PCD, lo cual produjo los efectos sobre la retención de nitrógeno ya mencionados.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Cabezas y col. (1974a) con terneros alimentados con una ración que contenía 24% de PCD, en un ensayo en el que la cantidad de nitrógeno ingerida fue igual a la del grupo control, que no recibió PCD. García Rodríguez (1975) también encontró una disminución en la retención de nitrógeno y un aumento en la excreción de orina en ovejas alimentadas con gallinaza que contenía aproximadamente 31% de cama de PCD.

En el ensayo realizado por Daqui (1974) para determinar la digestibilidad de EPC + EM y de EM con y sin suplementación también se determinó el grado de retención del nitrógeno por los novillos. Tanto con EPC + EM como con EM por sí solos, el balance de nitrógeno fue negativo, pero la cantidad de nitrógeno retenido (NR) aumentó con los incrementos de nitrógeno ingerido (NI) en la forma descrita por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{EPC} + \text{EM: (NR)} &= -154,18 + (0,7970) (\text{NI}); r=0,96 \\ \text{EM: (NR)} &= -79,54 + (0,3643) (\text{NI}); r=0,90 \end{aligned}$$

Las ecuaciones siguientes definen las relaciones entre NR y el nitrógeno absorbido (NA) encontradas en el mismo ensayo:

$$\begin{aligned} \text{EPC} + \text{EM: (NR)} &= -44,35 + (0,5232) (\text{NA}) \\ \text{EM: (NR)} &= -37,11 + (0,4624) (\text{NA}) \end{aligned}$$

Estas ecuaciones indican que la pulpa de café indujo mayores pérdidas de nitrógeno por medio de la orina, pero que el nitrógeno suplementario fue aprovechado más eficientemente por los animales que recibieron dicho material.

En el mismo trabajo Daqui (1974) se encontró que el nitrógeno fecal metabólico y nitrógeno urinario endógeno, fueron más altos con EPC + EM que con EM, siendo la diferencia significativa únicamente en el primero de los casos mencionados. Así también se estableció que la utilización óptima del nitrógeno dietético se dio cuando las raciones contenían 10 y 9% de proteína cruda en los casos de EPC + EM y de EM, respectivamente. La excreción de orina fue más alta en los animales que consumieron pulpa de café, pero tanto en éstos como en los que recibieron EM, la suplementación proteica produjo disminuciones en las cantidades de orina excretadas.

Parámetros bioquímicos en suero sanguíneo y contenidos ruminales

En algunos estudios de alimentación se han realizado determinaciones de metabolitos del suero sanguíneo para tratar de evaluar en forma indirecta los efectos de la pulpa de café sobre el metabolismo de los rumiantes. Braham y col. (1973) y Cabezas y col. (1976) no encontraron diferencias en las concentraciones de glucosa, proteína, albúmina, nitrógeno de úrea, calcio, fósforo y transaminasas glutámico - oxaloacética y glutámico - pirúvica en terneros alimentados con y sin pulpa de café. Los hallazgos de Braham y col. (1973) mostraron un incremento significativo en la concentración de ácidos grasos libres del suero de los animales alimentados con pulpa de café lo cual, de acuerdo a los mismos autores, podría afectar el apetito de los animales y ayudar a explicar las disminuciones en consumo de alimento que produce la pulpa de café.

Determinaciones de sodio y potasio en el suero sanguíneo de novillos que consumieron diferentes cantidades de PCD (Vargas, 1974), no revelaron diferencias en las concentraciones séricas de dichos elementos, no obstante que a medida que aumentó la ingesta de PCD disminuyó el consumo de sodio y aumentó el de potasio, así como también aumentó la cantidad de sodio excretada por la orina.

En los ensayos de Vargas (1974) y Daqui (1974) se determinó el pH y la concentración de ácidos volátiles en los contenidos ruminales de novillos alimentados con PCD y EPC, obteniendo valores similares a los encontrados con raciones que no contenían pulpa de café (Cuadro 5). Estos resultados indican que la fermentación ruminal que produce la pulpa de café no es diferente de la producida por forrajes altamente fibrosos (Church,

Cuadro No. 5

RENDIMIENTO DE NOVILLOS DE ENGORDE ALIMENTADOS CON RACIONES QUE CONTENIAN GRANO DE SORGO MOLIDO, PULPA DE CAFE DESHIDRATADA O PULPA DE CAFE ENSILADA (1)

	Tratamientos		
	30% sorgo	30% ² PCD	30% ³ EPC
Tiempo de alimentación, días	140	168	168
Peso inicial, kg	298,5	305,4	299,9
Peso final, kg	422,8	415,0	445,8
Aumento de peso/día, kg	0,89 ^a	0,65 ^b	0,87 ^a
Consumo de MS ⁽⁴⁾ /día, kg	9,5	10,4	10,2
Kg de MS consumida/kg de aumento de peso	10,7	16,0	11,9
Rendimiento de canal en frío, %	53,1	52,0	52,1

a, b, Cifras con letras diferentes en la misma línea son diferentes estadísticamente (P<0,05).

- (1) Tomado de Cabezas y col. (1976)
 (2) Pulpa de café deshidratada
 (3) Ensilaje de pulpa de café
 (4) Materia seca

Table
6
actually
?

D.C., 1969). Estudios más detallados son necesarios para conocer los efectos de la pulpa de café sobre el patrón de fermentación ruminal y su posible relación con el rendimiento de los animales.

Sustancias presentes en la pulpa de café que pueden afectar su valor nutritivo

Se desconocen las causas específicas de los efectos adversos de la pulpa de café sobre el consumo, la digestión y el metabolismo de los animales. Sin embargo, existen en la pulpa algunas sustancias que podrían ser las responsables de esos efectos, tales como los taninos y otros polifenoles, la cafeína y el potasio.

El efecto del ácido tánico y la cafeína sobre el consumo y el rendimiento de terneros rumiantes fue estudiado por Cabezas y col. (1977). Cafeína y ácido tánico puros fueron agregados a raciones a niveles representativos de los suministrados por pulpa de café cuando ésta es incluida en las raciones a niveles superiores al 20%. Las concentraciones de cafeína variaron entre 0,12 y 0,24% y los de ácido tánico, entre 0,75 y 1,50% de la ración, ya sea por sí solos o en combinaciones en las que el ácido tánico se mantuvo a 0,75% y la cafeína se incrementó de 0,12 a 0,24% de la ración. En las concentraciones a que fue empleado, el ácido tánico por sí solo no afectó el rendimiento de los animales. Al nivel de 0,12% la cafeína no produjo efectos negativos pero a niveles superiores produjo disminuciones significativas en el crecimiento de los animales como respuesta a un menor consumo de alimentos. Las combinaciones de ambos compuestos produjeron efectos adversos en el rendimiento de los terneros que fueron más severos a medida que aumentó la cafeína (Figura 2), indicando con ello su importancia como factores condicionantes del valor nutritivo de la pulpa de café.

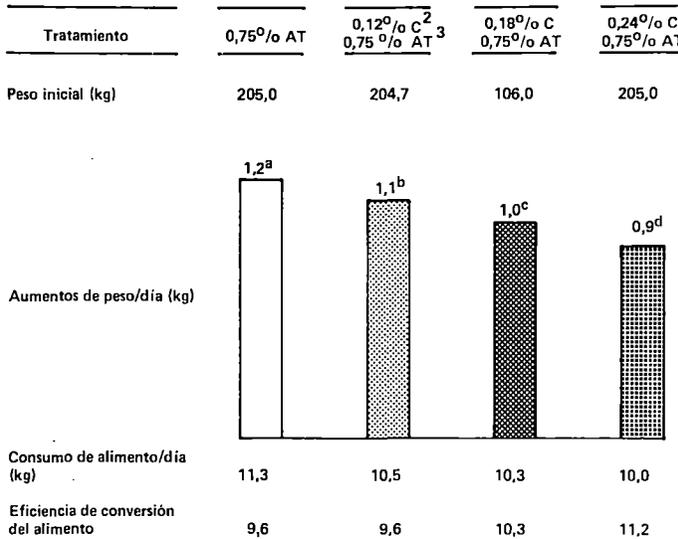
En el ensayo de Vargas (1974) se encontró que el consumo diario de 8,9 g de cafeína y 76,5 g de taninos provenientes de PCD, produjeron efectos adversos en el comportamiento de novillos en crecimiento. Estas cantidades correspondieron a raciones que contenían 40% de PCD que suministró lo equivalente a 0,15 y 1,24% de cafeína y taninos, respectivamente.

El sitio y la forma en que la cafeína y los polifenoles afectan el valor nutritivo de la pulpa, es desconocida. Ambas sustancias pueden disminuir la palatabilidad y, por consiguiente, el consumo de alimento. Por otra parte, la baja digestibilidad de la proteína de la pulpa puede ser atribuida a la formación de complejos con los polifenoles, los cuales se incorporan a la fracción analizada como lignina que no es digerible. Determinaciones del nitrógeno lignificado en PCD y EPC (Murillo y col. 1977 y Dacqui 1974) muestran que esta fracción puede llegar a constituir más del 50% de nitrógeno total de la pulpa, afectando con ello no sólo la digestibilidad de la proteína, sino también la de la materia orgánica en general.

La cafeína podría ser la causante de las disminuciones en retención de nitrógeno producidas por la pulpa de café, en vista de su reconocido efecto diurético (Sollmann, 1957) y de la evidencia (Bressani y Braham 1972) de que incrementos en la excreción de orina aumentan las pérdidas de nitrógeno por esta vía en otras especies. Así también, de acuerdo a Bra-

ham y col. (1973), los incrementos en ácidos grasos libres que ellos observaron en terneros alimentados con pulpa de café, puede ser atribuido a la acción lipolítica de la cafeína, tal como ha sido demostrado por Bellet y col. (1965) y por Hawkins y Davis (1970) en estudios con monogástricos y rumiantes, respectivamente.

Figura 2
Efecto de la cafeína y el ácido tánico sobre el comportamiento de terneros (1)



a, b, c, d Las cifras con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

1. Tomada de Cabezas y col. (1977).
2. Cafeína.
3. Ácido tánico.

Incap 77-418

Se sabe también (Sollmann, 1957) que la cafeína ejerce un efecto acelerador sobre el metabolismo basal, lo cual podría ser la causa del nerviosismo de los animales informado por Flores Recinos (1976). Este fenómeno ha sido observado también en los ensayos de Jarquín y col. (1972); Braham y col. (1973), Cabezas y col. (1974a, 1976) y Vargas (1974), sin que se conozca su magnitud ni sus consecuencias sobre el rendimiento de los animales.

Los resultados de Vargas (1974) indican que los incrementos en consumo de potasio debido a la ingestión de pulpa de café, podrían afectar el equilibrio iónico en los tejidos, lo que podría tener efectos negativos en el rendimiento de los animales. En este sentido cabe mencionar que Osegueda y col. (1970) encontraron que el consumo de sal mineralizada, concha molida y harina de hueso, aumentó en un 100% o más en novillos de engorde alimentados con raciones que contenían 30% de PCD.

Otro aspecto en que podrían estar involucradas las sustancias antes mencionadas es en el proceso de adaptación de los animales a la pulpa de café que fue descrito anteriormente. De acuerdo a Vargas (1974) las cantidades de pulpa necesarias para propiciar la adaptación es determinada por su contenido de cafeína y polifenoles, el cual varía de acuerdo al origen y al procesamiento de la pulpa (Bressani 1972). Esta podría ser la causa de las diferencias en las respuestas de adaptación encontradas en los diferentes experimentos mencionados anteriormente.

En el Capítulo 10 de esta monografía, Bressani (1977) expone en forma más completa, los diferentes mecanismos mediante los cuales algunas sustancias presentes en la pulpa de café pueden actuar para producir efectos adversos en los animales y reducir su valor nutritivo.

Patología

De acuerdo a Flores Recinos (1976), la ausencia de forraje en las raciones con altos niveles de pulpa y melaza, provoca timpanismo en los animales. Este efecto, conjuntamente con el pobre rendimiento observado cuando la pulpa de café es el único material fibroso de la ración (Ruiz y Ruiz 1975), indican que la fibra de este material tiene características diferentes a la de otros forrajes. Esta diferencia debe ser confirmada mediante estudios químicos y de digestibilidad de la fracción fibrosa de la pulpa.

Otros problemas que Flores Recinos (1976) ha encontrado en bovinos de carne confinados y alimentados con raciones a base de pulpa de café, son la inflamación de las extremidades y la aparición de llagas o úlceras en la piel. El primero de los problemas mencionados ha sido observado en aquellos casos en que los corrales tienen piso de concreto y sin drenaje adecuado, lo que favorece la acumulación de orina que es excretada en mayores cantidades por los animales que consumen pulpa de café (Cabezas y col. 1974a, 1977). Aparentemente, el contacto de las pezuñas con la orina produce las inflamaciones, sin que se conozca la causa fundamental de tal efecto. En todo caso, la dolencia desaparece cuando los animales son trasladados a corrales con pisos de tierra y buen drenaje.

La aparición de llagas en la piel ha sido observada esporádicamente en grupos bajo condiciones experimentales y comerciales (Flores Recinos 1976). De acuerdo a este autor, tal fenómeno podría ser causado por las aflatoxinas producidas por hongos que crecen en la pulpa de café que es deshidratada o ensilada después de varios días de haber sido producida y acumulada al medio ambiente.

Alimentación de ganado bovino de carne

La PCD ha sido empleada ya sea como sustituto de diferentes ingredientes en raciones complejas o como parte de suplementos para forrajes en ensayos de alimentación de ganado de carne estabulado. No se conoce de estudios en que haya sido empleada bajo condiciones de pastoreo.

En una serie de trabajos realizados por Jarquín y col. (1972), Braham y col. (1973), Cabezas y col. (1974b, 1976) y Vargas (1974), PCD o PCED

fue incorporada en raciones completas para terneros y novillos de lechería raza Holstein, dentro de un sistema intensivo de producción de carne que requería altos rendimientos de los animales. En estos ensayos la edad de los animales osciló entre 3 y 12 meses y su peso inicial entre 90 y 232 kg. Las raciones control fueron elaboradas a base de melaza, harina de algodón y cascarilla de algodón, utilizándose también afrecho de trigo en el caso de los terneros más jóvenes. El NDT y la proteína cruda de estas raciones fueron desde 50 a 60% y 13 a 17,8% de la materia seca, respectivamente. Bajo las condiciones de manejo y alimentación empleadas, el consumo de materia seca de la ración control sobrepasó el 3,5% del peso vivo, produciendo ganancias de peso de por lo menos 1,0 kg/día y eficiencias de conversión que variaron entre 6,3 y 8,6. En las raciones experimentales la pulpa fue incluida a niveles que variaron desde 10 hasta 60% en sustitución parcial o total de cascarilla de algodón y, en el caso del estudio de Vargas (1974), de una parte de la harina de algodón. El tiempo de duración de los experimentos varió de 84 a 168 días. La pulpa fue obtenida de un beneficio que procesa diferentes variedades de café provenientes de distintas fincas y que son luego deshidratadas al sol, antes o después de haber sido ensiladas. La composición química de la pulpa después de ser deshidratada al sol fue similar a la informada por Bressani y col. (1972).

En todos los ensayos la PCD y la PCED indujeron descensos en el consumo de alimentos que estuvieron relacionados directamente con su concentración en las raciones, y que afectaron negativamente las ganancias de peso y la eficacia de conversión del alimento por los animales. Estos efectos fueron más severos cuando el nivel de pulpa sobrepasó el 20% de la ración, lo que puede estar relacionado a las menores retenciones de nitrógeno observadas con altos niveles de pulpa (Cabezas y col. 1974a, 1977).

En el ensayo llevado a cabo por Vargas (1974) con novillos de 232 kg de peso inicial que recibieron raciones con 0 - 20 - 40 ó 60% de PCD, se encontró que las correlaciones existentes entre nivel de pulpa de café en la ración y el rendimiento de los animales fueron las siguientes:

$$Y_1 = 4,24 - 0,030X; r = 0,79$$

$$Y_2 = 1,63 - 0,023X; r = 0,91$$

En donde:

Y_1 = Consumo de materia seca por 100 kg de peso

Y_2 = Aumento de peso por día

X = Porcentaje de PCD en la ración

Las disminuciones en ganancias de peso fueron debidas principalmente al efecto negativo de la PCD y la PCED sobre el consumo de alimento, como lo indica el alto índice de correlación ($r = 0,92$) encontrado entre ambos parámetros. Una correlación similar fue obtenida por Flores Recinos (1973) en un ensayo con EPC.

El efecto adverso de la PCD sobre el consumo de alimento y las ganancias de peso de ganado en crecimiento y engorde ha sido informado por otros autores que la han empleado en raciones completas en sustitución

de cereales o forrajes (Echeverría 1947); (Osegueda y col. 1970; Ayala 1971; Ledger y Tillman 1972).

Tal como se mencionó anteriormente, los datos revisados por Squibb (1950) indicaron que el consumo de pulpa de café mejora cuando la ración contiene alimentos de alta palatabilidad, forrajes y concentrados proteínicos.

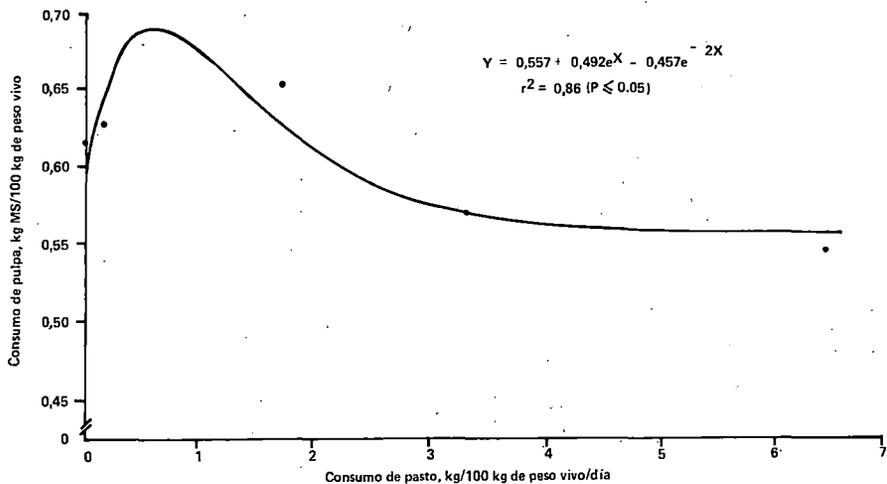
En lo que respecta al primero de los factores mencionados, Flores Recinos (1976) recomienda incluir por lo menos un 20% de melaza de caña en las raciones a base de pulpa de café, para asegurar un consumo adecuado por los animales. La adición de melaza al ensilaje de pulpa, mejora su palatabilidad (González, 1973); sin embargo, los animales no consumen este ensilaje a no ser que sea mezclado con un forraje verde, ensilado o seco (González J. M., División Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP, comunicación personal).

Con el propósito de estudiar el efecto del consumo de pasto verde sobre el consumo de PCD, Ruiz y Ruiz (1977) alimentaron novillos en crecimiento con una mezcla de pastos Alemán, Estrella y Gamalote en cantidades que decrecieron desde libre consumo hasta cero. Todos los grupos experimentales tuvieron libre acceso a un suplemento que contenía 66,8% de PCD, 24,6% de melaza, 4,1% de harina de carne y hueso, 2,5% de úrea y 2% de una mezcla de minerales.

Tal como lo muestra la Figura 3, la inclusión de pasto fresco en la ración resultó en aumentos casi lineales de consumo de PCD hasta llegar a 450 g de pasto fresco/100 kg de peso vivo. A este nivel, la ración total contenía aproximadamente 55% de PCD y 15% de pasto fresco en base seca. Al aumentar la cantidad de pasto disponible sobre este punto, el consumo de PCD disminuyó aunque el consumo de materia seca total aumentó. En

Figura 3

Efecto del consumo de pasto verde sobre el consumo de pulpa de café

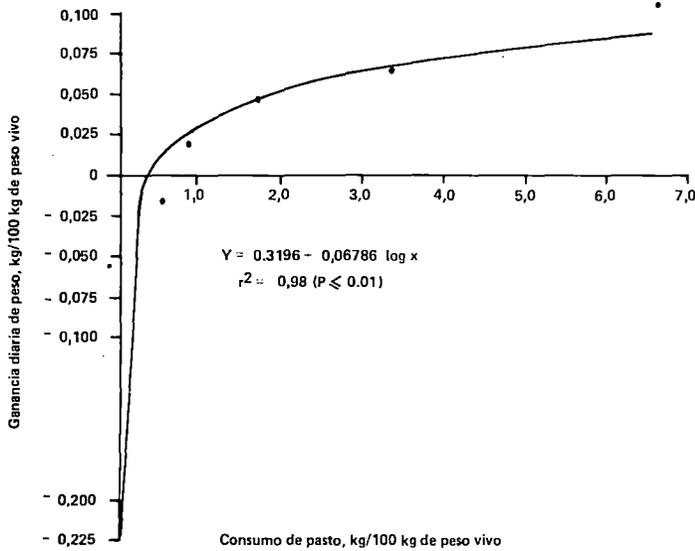


Incap 77-431

vista de que los consumos totales de materia seca/100 kg de peso fueron bajos (0,85 a 2,44 kg), los autores consideran que la disminución del consumo de PCD no puede ser atribuida a un fenómeno de competencia entre ambos materiales, sino a efectos negativos específicos de la PCD sobre el apetito de los animales.

Las ganancias de peso en ausencia de pasto fueron negativas y mejoraron en forma logarítmica conforme aumentó el forraje (Figura 4) y el consumo total de materia seca. A niveles inferiores de 600 g de pasto/100 kg de peso vivo, la relación entre la ganancia de peso y el consumo de pulpa de café fue positiva, pero a niveles superiores de consumo de pasto cuando las ganancias de peso fueron positivas, esa relación fue inversa.

Figura 4
Efecto del consumo de pasto sobre la ganancia de peso, en novillos alimentados con pulpa de café



Tomado de Ruiz y Ruiz (1977).

Incap 77-432

Este resultado está de acuerdo con los obtenidos con raciones completas que contenían más de 15% o más de materia seca de forraje. La eficiencia de conversión alimenticia se comportó en forma similar a los aumentos de peso cuando el consumo de forraje fue inferior a 600 g/100 kg de peso vivo, alcanzando su valor máximo a este nivel. Proporciones mayores de pasto no cambiaron notablemente la eficiencia de conversión de los alimentos. Los resultados de este estudio explican los obtenidos por Madrigal (1974) y por Echandi y Fonseca (1974), en los cuales la ausencia de forraje produjo bajos consumos de PCD y pérdidas de peso en novillos.

La relación existente entre consumo de proteína cruda y de raciones que contenían diferentes niveles de EPC, fue estudiada por Flores Recinos (1973) con novillos en crecimiento, habiendo encontrado una correlación altamente significativa entre ambas variables. El consumo de materia seca aumentó en forma lineal de 1,65 a 2,14 kg/100 kg de peso, al incrementarse el consumo de proteína de 104 a 315 g/100 kg de peso por medio de raciones cuyo contenido de este nutriente aumentó de 6 a 15% en base seca. Sobre este último nivel de proteína, el consumo de materia seca tendió a estabilizarse, alcanzando un máximo de 2,33 kg/100 kg de peso vivo a un consumo de 535 g de proteína cruda/100 kg de peso vivo. La misma tendencia se observó en lo que respecta a los aumentos de peso y eficiencia de conversión. La pulpa de café afectó negativamente el consumo de alimento y las ganancias de peso, pero estos efectos disminuyeron ($P < 0,01$) por la adición de proteína.

El máximo beneficio económico bruto se obtuvo con un consumo de 315 y 504 g/100 kg de peso para proteína y materia seca de pulpa de café, cantidades que correspondieron a 15 y 30% de la ración seca, respectivamente. El resto de la ración estuvo constituida por 26% de harina de algodón, 40% de melaza y 4,0% de una mezcla de minerales. La ganancia de peso con esta ración fue de 500 g/animal/día, lo que indica que es posible diseñar sistemas de alimentación rentables a base de pulpa de café, especialmente durante la época de sequía y escasez de forrajes.

Resultados similares a los descritos fueron obtenidos por Daqui (1974) al suplementar una mezcla de EPC y EM con diferentes cantidades de proteína. En este caso, el consumo de materia seca total cuando la ración contenía 14% de proteína fue superior al obtenido por Flores Recinos (1973) (2,93 kg/100 kg de peso vivo) posiblemente debido a la presencia de otro forraje.

El aumento en consumo producido por la suplementación proteica puede ser ocasionado, en parte, por incrementos de la digestibilidad de la ración (Cuadro 3) y por el mejoramiento del estado nutricional del animal con respecto al nitrógeno (Daqui 1974). Ambos efectos son conocidos como factores que estimulan el consumo voluntario de raciones de bajo contenido de proteína (Blaxter y Wilson 1963; Egan 1965). El contenido de nitrógeno de la pulpa de café es de 11% como promedio (Bressani y col. 1972), lo que de acuerdo a lo establecido con los alimentos que comúnmente consumen los rumiantes, debería ser un nivel adecuado para suplir los requerimientos proteicos de novillos en crecimiento y engorde (NCR, 1970). Sin embargo, la baja digestibilidad de la proteína de la pulpa (Cuadros 1, 2 y 3) así como su efecto negativo sobre la retención de nitrógeno (Figura 1) puede afectar el estado nutricional del animal con respecto al nitrógeno y el consumo voluntario de alimento por los animales.

Otros factores que aparentemente afectan el consumo y utilización de la pulpa de café por los animales son el tiempo durante el cual la consumen, y el método empleado para introducirla en la ración. Observaciones realizadas por Osegueda y col. (1970), Jarquín y col. (1972), Cabezas y col. (1974b) y Vargas (1974), indican que los animales tienden a consumir mayores cantidades de pulpa y a utilizarla más eficientemente a medida que

transcurre el tiempo durante el cual la consumen. Este fenómeno ha sido interpretado como una adaptación de la flora ruminal y del animal mismo al consumo de pulpa. De acuerdo con Cabezas y col. (1974b), los animales deben consumir una cantidad mínima de pulpa de café para propiciar un proceso de adaptación que gradualmente los capacite para ingerir y utilizar cantidades cada vez más altas de ese material. En este estudio, tal cantidad osciló entre 2,3 y 2,8 kg de PCD por día, y fue suministrada por raciones que contenían entre 20 y 30% de PCD, respectivamente. Cantidades y niveles inferiores a los citados no adaptaron a los novillos a consumir y utilizar cantidades más altas de pulpa. Sin embargo, observaciones realizadas por Cabezas (1977) en ensayos prácticos de alimentación de ganado de carne y leche. (Cabezas, M. T. División Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP, Datos inéditos, 1976 y 1977), han demostrado la conveniencia de incorporar gradualmente la pulpa de café en las raciones, comenzando con un nivel de 10%, para acostumbrar a los animales a la presencia de pulpa en su alimento y propiciar mayores ingestas del mismo con el tiempo. Las diferencias encontradas en este aspecto, posiblemente se deben a variaciones en el origen, procesamiento y composición química de la pulpa.

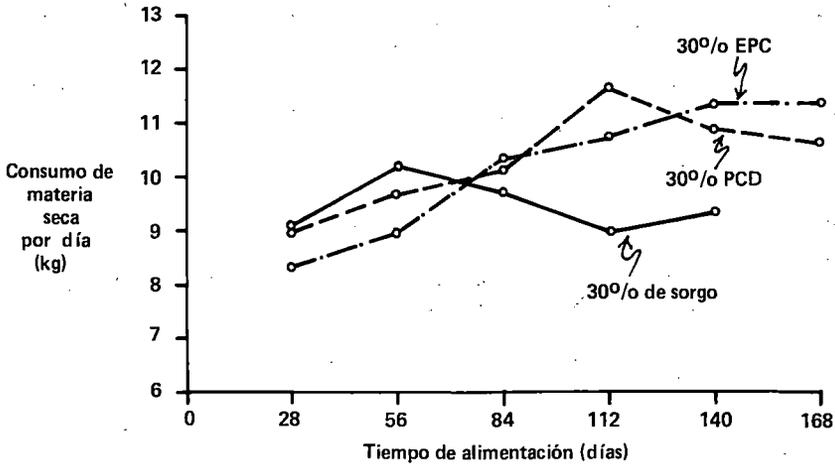
En algunos ensayos se ha comparado el rendimiento de animales alimentados con PCD y EPC. Bará y col. (1970), alimentaron novillos de 203 kg de peso inicial con raciones en las que PCD y EPC enteras substituyeron zacate elefante en las proporciones de 15 a 30% de la ración total. El consumo de las raciones con pulpa fue superior en un 6 a 21% con respecto a la ración con zacate elefante. Los aumentos de peso y la conversión alimenticia de los grupos que recibieron 15% de pulpa fueron similares a los de la ración control, pero el rendimiento de los alimentados con 30% de pulpa fue inferior al de los otros grupos, sin que existieran diferencias en el valor alimenticio de PCE y EPC en ninguno de los tratamientos.

En un ensayo llevado a cabo por Cabezas (1976) (Cabezas, M. T. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP, datos inéditos, 1976 y 1977), se comparó PCD y EPC ensilada con 5% de melaza, con grano de sorgo molido al nivel de 30% en raciones para novillos de engorde. En la Figura 5 se aprecia que el consumo de materia seca de las raciones con pulpa de café fue más bajo al inicio del ensayo, pero aumentó gradualmente hasta alcanzar cantidades más altas que la ración control. Como resultado, el promedio de consumo en todo el ensayo fue superior para los animales que consumieron pulpa (Cuadro 6). Estos grupos no ganaron peso en los primeros 28 días del ensayo, pero luego se recuperaron aumentando a una tasa igual o superior a la del grupo que recibió sorgo (Figura 6), indicando con ello una adaptación a la pulpa de café por parte de los animales. Los grupos alimentados con pulpa de café alcanzaron peso y condición de sacrificio 28 días después que los alimentados con sorgo. Aun así, el rendimiento general del grupo que recibió EPC fue comparable al del que recibió sorgo. En cambio, el aumento de peso y la eficiencia de conversión del grupo alimentado con PCD fue inferior al de los otros grupos. En el estudio realizado con terneros por Cabezas y col. (1976), también se observó un rendimiento superior con PCD que con PCD. Lo mismo ha sido obser-

Should be 5

vado por J. M. González, (División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP, Comunicación personal 1974), en ensayos de alimentación de terneros en los que se comparó PCD y EPC a niveles de hasta 40% de la ración, en base seca. La mejor respuesta a la pulpa ensilada puede estar relacionada con una mejor palatabilidad, con su mayor digestibilidad (Cuadro 2) y con los cambios en composición química que sufre la pulpa durante el ensilaje, especialmente en lo que respecta a la cafeína y los taninos (Murillo y col. 1977). Considerando las diferencias en precio del sorgo y la pulpa de café, estos resultados muestran que el uso de la pulpa en raciones de engorde puede ser rentable cuando substituye alimentos de alto valor energético pero de alto precio, a niveles que oscilen entre 20 y 30% de la ración.

Figura 5
Consumo de materia seca por novillos de engorde alimentados con raciones que contenían grano de sorgo, pulpa de café deshidratada y pulpa de café ensilada (1)



(1) Tomado de Cabezas y col. (datos inéditos).

Incap 77-417

Alimentación de vacas lecheras

La pulpa de café ha sido empleada ya sea ensilada o deshidratada, en los concentrados normalmente utilizados para suplementar los forrajes que sirven de base para alimentación de vacas lecheras. Los primeros informes al respecto (Squibb 1950), así como estudios más recientes (Flores Recinos 1976), indican que la pulpa de café puede ser incorporada a niveles que van de 20 a 40% del concentrado y de 10 a 20% de la materia seca de la ración completa, sin que produzca disminuciones en la producción de leche. Para obtener mejores resultados el mismo autor recomienda introducir gradualmente la pulpa de café en la ración de las vacas. De acuerdo a Fonseca (1973) la alimentación de vacas lecheras durante varios años con

concentrados comerciales que contienen hasta un 20% de PCD molida, no produce efectos detrimentales en la producción ni trastornos fisiológicos aparentes en las vacas. Los informes anteriores han sido confirmados por Cabezas y col. (1977) en un ensayo realizado con un hato lechero comercial integrado a un beneficio de café de mediana capacidad en El Salva-

Cuadro No. 6

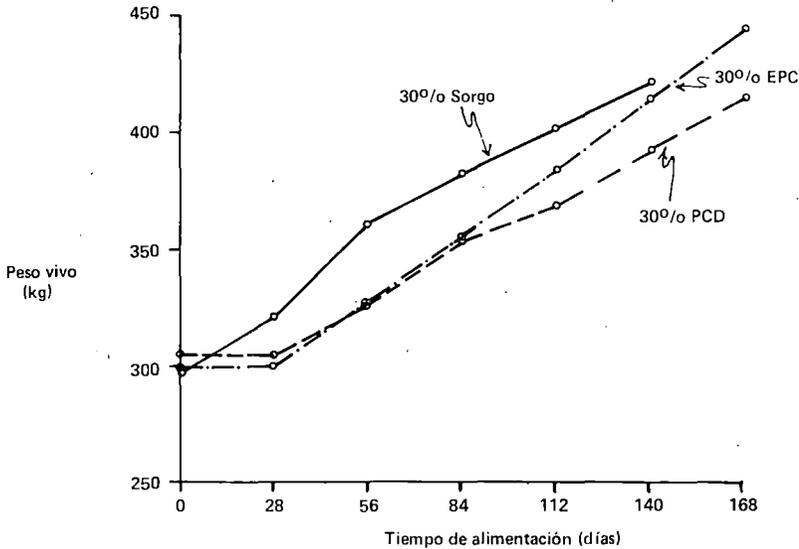
ACIDOS GRASOS VOLATILES Y pH DEL CONTENIDO RUMINAL DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFE DESHIDRATADA O ENSILADA (1)

Contenido de pulpa de café de las raciones	Acidos grasos volátiles (% molar)			
	pH	Acético	Propiónico	Butírico
0% PCD (2)	7,1	74,0	16,0	10,0
20% PCD	6,9	73,6	17,4	9,0
40% PCD	6,8	72,6	19,1	8,3
60% PCD	7,1	75,4	16,7	7,9
68% EPC (3)	7,2	73,5	15,9	10,6
100% EM (4)	7,3	75,5	14,1	10,4

- (1) Datos tomados de Vargas (1974) y Daqui (1974)
- (2) Pulpa de café deshidratada
- (3) Ensilaje de pulpa de café
- (4) Ensilaje de maíz

Figura 6

Aumentos de peso de novillos de engorde alimentados con raciones que contenían grano de sorgo, pulpa de café deshidratada y pulpa de café ensilada (1)



(1) Tomado de Cabezas y col. (datos inéditos).

dor. Pulpa de café ensilada con 2% de melaza substituyó ensilaje de sorgo y pasto elefante a un nivel de 20% de ración completa en base seca. El consumo de materia fue similar con y sin pulpa, oscilando entre 6 y 7 litros por día. La inclusión de pulpa en la ración disminuyó el costo de alimentación en un 30%. Durante el ensayo, que tuvo una duración de un año, no se registraron problemas en el comportamiento, la producción y la salud de las vacas, por lo que se concluyó que la pulpa de café puede ser empleada económicamente en la alimentación de vacas lecheras de baja y mediana producción, representativas de la mayoría de hatos del país. La respuesta de vacas de más alta producción y el uso de cantidades superiores al 20% de la ración deben ser objeto de estudios futuros.

Perspectivas del uso de la pulpa de café como alimento para el ganado bovino

Los resultados de las investigaciones que han sido revisadas, muestran que, no obstante sus limitaciones, la pulpa de café puede jugar un papel de importancia en los sistemas de alimentación intensivos de ganado bovino en los países tropicales. En la actualidad ya se puede recomendar el uso de 20 a 30% de pulpa de café en las raciones para ganado bovino de carne. En el futuro seguramente se podrán recomendar mayores proporciones a medida que se conozca mejor forma de contrarrestar las deficiencias nutricionales y los efectos adversos que induce la pulpa en los animales.

En la actualidad el INCAP y el Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador están llevando a cabo un proyecto dirigido a demostrar, divulgar y estimular el procesamiento y el empleo de la pulpa de café como alimento para ganado de carne, leche y doble propósito en ese país. Lo mismo se hará en la República de Costa Rica en un futuro próximo. Este tipo de actividad permitirá establecer la factibilidad biológica y económica del empleo de la pulpa en sistemas prácticos de alimentación, así como conocer la orientación de nuevas investigaciones dirigidas a resolver los problemas que se presenten en el campo.

Los resultados de estos proyectos darán origen a nuevas publicaciones sobre la aplicación de los conocimientos que se poseen en este momento sobre el tema que nos ocupa.

Conclusiones

1. El contenido de nutrientes totales y digeribles de la pulpa de café muestra que este subproducto agrícola tiene un valor nutritivo potencial similar al de un forraje tropical de buena calidad. La digestibilidad de la pulpa ensilada es superior a la de la deshidratada, pero en ambos casos, la disponibilidad de la proteína es afectada por la presencia de altos niveles de nitrógeno lignificado.
2. La utilización del nitrógeno absorbido es menos eficiente en animales alimentados con raciones que contienen más del 20% de pulpa de café. Este efecto es acompañado por aumentos en la excreción urinaria producidos posiblemente por la cafeína presente en la pulpa.

3. Existe una relación inversa entre la concentración de pulpa de café en la ración y el rendimiento de ganado bovino en crecimiento y engorde, la cual se vuelve más acentuada cuando la concentración de pulpa es superior al 20%.
4. La causa principal del menor rendimiento de los animales alimentados con pulpa de café es una disminución en el consumo voluntario. A concentraciones de pulpa superiores al 20% de la ración, el rendimiento animal también puede ser afectado por la menor eficiencia de utilización del nitrógeno que produce la pulpa.
5. El efecto adverso de la pulpa de café sobre el consumo voluntario está relacionado con su pobre palatabilidad, y posiblemente con algunas respuestas del metabolismo proteico y lipídico del animal. Ambos factores podrían estar relacionados con la presencia de cafeína y taninos y otros polifenoles, así como con el alto nivel de potasio en la pulpa.
6. Los efectos adversos de la pulpa disminuyen cuando la ración contiene por lo menos 20% de melaza, 15% de otro forraje y 14% de proteína cruda. Tales efectos también tienden a disminuir a medida que se prolonga el tiempo de consumo de la pulpa por los animales y cuando la pulpa es introducida gradualmente como componente de la ración.
7. La ausencia de otro forraje en la ración puede producir timpanismo. Por otra parte, la acumulación de orina en corrales con piso sin drenaje adecuado puede producir inflamación de las extremidades de animales alimentados con pulpa de café.
8. La pulpa de café ensilada produce mejores rendimientos que la deshidratada, debido, posiblemente, a su mejor palatabilidad, mayor digestibilidad y menor contenido de cafeína y taninos.
9. En sistemas intensivos de producción de carne, el uso de la pulpa de café puede ser conveniente y rentable cuando substituye cereales u otro alimento de alto valor nutritivo pero de alto precio, a niveles que oscilen entre 20 y 30% de la ración.
10. Es posible diseñar sistemas de alimentación para mantenimiento y crecimiento de ganado en época de escasez de forraje en los que la pulpa de café constituye el principal ingrediente de la ración, siempre y cuando ésta llene los requisitos señalados en el numeral 6 de estas conclusiones.
11. La pulpa de café puede ser empleada hasta en un 20% de la ración total de vacas lecheras, siendo recomendable introducirla gradualmente como componente de la misma.
12. La alimentación de ganado bovino con pulpa de café, especialmente la ensilada, puede ser integrada a los beneficios procesadores de café para utilizar más eficientemente los recursos disponibles en los países productores del grano.
13. La pulpa de café debe ser procesada adecuadamente evitando su acumulación por largos períodos de tiempo antes de ser deshidratada o ensilada, para obtener el máximo provecho de su potencial nutritivo. De

otra manera, su efecto adverso sobre el rendimiento de los animales será más acentuado.

14. Es necesario realizar nuevos estudios con el fin de identificar en mejor forma los factores que interfieren con el consumo y la utilización de la pulpa de café por los animales y desarrollar métodos de procesamiento y sistemas de alimentación que permitan eliminar o contrarrestar esos factores.
15. Es evidente también la necesidad de conocer los efectos a largo plazo de la pulpa de café sobre la productividad de hatos de carne y leche.

Bibliografía

- AYALA, R. E. Pulpa de café y mazorca de maíz en el engorde de becerros Holstein. *Revista Mexicana de Producción Animal*. 3: 11-15, 1971.
- BARA, M.; F. M. Espinosa y M. S. Guerrero. Determinación del nivel adecuado de pulpa de café en la ración de novillos. *Boletín Informativo. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café*, No. 92:1-8, 1970.
- BELLET, S.; A. Kershbaum y J. Aspe. The effect of caffeine on free fatty acids. Reporte preliminar. *Arch. Int. Med.* 116: 750-752, 1965.
- BLAXTER, K. L. y R. S. Wilson. The assessment of a crop husbandry technique in terms of animal production. *Animal production*. 5: 27-42, 1963.
- 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. Latinoamericano Nutr.* 23: 379-389, 1973.
- BRESSANI, R. y J. E. Braham. Effect of water intake on nitrogen metabolism of dogs. *Journal of Nutrition*, 82: 469-474, 1964.
- BRESSANI, R.; E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química de aminoácidos. *Turrialba* 22:299-304, 1972.
- BRESSANI, R. Antiphysiological factors in coffee pulp. Ver Capítulo 10. 1977.
- CABEZAS, M. T.; 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*, 1:90-94, 1974a.
- CABEZAS, M. T.; B. Murillo, R. Jarquín, J. M. González, E. Estrada y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VI. Adaptación del ganado bovino a la pulpa de café. *Turrialba*, 24: 160-167. 1974b.
- CABEZAS, M. T.; E. Estrada, B. Murillo, J. M. González y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. XII. Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo de la pulpa de café para terneros. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 26:203-215, 1976.
- CABEZAS, M. T.; E. Vargas, B. Murillo y R. Bressani. Utilization of coffee fruit without seeds (coffee pulp) in ruminant feeding. First International Symposium: Feed Composition, Animal Nutrient Requirements and Computerization of Diets. Utah State University, 1977, (en prensa).
- CABEZAS, M. T.; J. M. Menjivar, B. Murillo y R. Bressani. Alimentación de vacas lecheras con ensilaje de pulpa de café. Informe Anual del INCAP. 1977 p 52.

- CAIELLY, E. L.; A. Boock y L. M. Bonilla Neto. Determinação de valor nutritivo da casca ou palha de café. Primeira Reunião Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Industriales. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1974. pp. 18.
- CHURCH, D. C. Digestive physiology and nutrition of ruminants. Vol. 1 Digestive Physiology O. S. U. Book Stores, Inc., Oregon, U.S.A., 1969. 316 p.
- 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 - INCAP/ CESNA. Guatemala, 1974. 103 p.
- ECHANDI, O. y H. Fonseca. Alimentación de novillos en establo con raciones conteniendo pulpa de café seca, cascarilla de arroz y bagazo de caña, comparados con pastoreo libre en verano. Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Industriales. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1974. pp. 22.
- ECHEVERRIA, G. La pulpa de café como alimento para el ganado, Rev. Cafetera de Colombia. 8: 3310-3315, 1947.
- EGAN, A. R. Nutricional status and intake regulation in Sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. Austr. J. Agric. Res. 16:463-472, 1965.
- FLORES RECINOS, F. Respuesta bio-económica de novillos de engorde alimentados con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteica. Tesis (magister Scientifical) Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Departamento de Ganadería Tropical. Turrialba, Costa Rica, 1973. 63 p.
- FLORES RECINOS, F. Uso de la pulpa de café en la alimentación de bovinos de carne y leche. CENTAMAG. El Salvador (Mimeografiado), 1976, 27 p.
- FONSECA, H. Descubren nuevo alimento para el ganado. Agro-industria, 2:11-16, 1973.
- GARCIA Rodríguez, H. A. Digestibilidad on carneiros de diferentes tipos de cama de frangos. Tesis (Magister Scientifical) Universidade Federal de Vicosa, Departamento de Zootecnia. Brasil, 1975. 43 p.
- GONZALEZ, J. M. Preparación de ensilaje de pulpa de café. Revista AGA, Guatemala, octubre: 16-19, 1973.
- HAWKINS, G. E. y W. E. Davis. Changes in plasma free fatty acids and triglycerides in dairy cattle after dosing with coffee or caffeine. J. Dairy Sci. 53:52-55, 1970.
- JARQUIN, R.; J. M. González, J. E. Braham y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. II. Utilización de pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Turrialba, 23: 41-47, 1973.
- LEDGER, H. P. y A. D. Tillman. Utilization of coffee hulls in cattle fattening rations. East African Agricultural and forestry Journal. 37:234-236, 1972.
- LEWY Van Severen, M. y R. Carbonell. Estudios sobre digestibilidad de pulpa de café y de la hoja de banano. Café El Salvador, 18: 1619-1624, 1949.
- MADDEN, D. E. The value of coffee pulp silage as a feed for cattle. Tesis (Magister Scientifical) - Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, 1948. 58 p.

- MADRIGAL, C. F.; H. Fonseca y C. E. Bochini. Alimentación de novillos en corral con pulpa de café deshidratada o heno de Estrella Africana como únicas fuentes de forraje y un suplemento de melaza con úrea, ácido fosfórico y minerales traza. Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas o Industriales. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1974. pp. 20.
- MURILLO, B. Coffee pulp silage. Ver Capítulo 7. 1977.
- MURILLO, E.; M. T. Cabezas, R. Jarquín y R. Bressani. Effect of bisulfite addition on the chemical composition and cellular content fractions of dehydrated coffee pulp. J. Agr. and food Chem. (May/Junio), 1977.
- NATIONAL Academy of Sciences, National Research Council, Washington, D. C. Nutrient requirements of beef cattle. 1970. 55 p.
- OSEGUEDA Jiménez, 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. Agricultura de El Salvador, 10:3-9, 1970.
- ROGERSON, A. Nutritive value of coffee hulls. E. African Agr. J. 20: 254-255, 1955. (Abstracted in Nut. Abs. Rev.) 25: 1086, 1955.
- RUIZ, M. E. y A. Ruiz. Efecto del consumo de pasto verde sobre el consumo de pulpa de café y la ganancia de peso en novillos. Turrialba, 27:23-28, 1977. 1975
- SOLLMAN, T. A manual of pharmacology. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1957.
- SQUIBB, R. L. Present status of dried coffee pulp and coffee pulp silage as an animal feedstuff. Instituto Agropecuario Nacional, Guatemala. Boletín (Mimeografiado) 1950. 10 p.
- 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. 74 p.

Pulpa de Café en la Alimentación de Cerdos

Roberto Jarquín*

Introducción

Es bien sabido que el cerdo requiere para un desarrollo y un crecimiento adecuados gran cantidad de energía y cantidades moderadas de proteína; de allí la práctica, muy generalizada, de emplear altas cantidades de cereales como fuentes de energía para la nutrición porcina. Entre los cereales se prefiere el maíz como fuente de carbohidratos. Sin embargo, su alta demanda para consumo humano y, consecuentemente, su alto precio en el mercado justifican cualquier esfuerzo hacia la substitución total o parcial de este cereal en formulaciones para cerdos.

La búsqueda de nuevas fuentes de proteína y energía ha despertado en los nutricionistas el interés de investigar algunos subproductos agrícolas e industriales que tengan posibilidad de ser incorporados como ingredientes alimenticios en raciones prácticas.

El uso de pulpa de café en nutrición animal ha llamado la atención de varios investigadores (Choussy 1944; Echeverría 1947; Madden 1948; Van Severen y Carbonell 1946; Work y col. 1946). Pero a pesar de los esfuerzos realizados en ese entonces, los resultados obtenidos no alcanzaron la meta esperada, debido principalmente a la falta de interés tanto de los caficultores como de los fabricantes de alimentos. Además, la disponibilidad de ingredientes para consumo animal no era un factor limitante en esa época.

Investigaciones relativamente recientes, en las que se emplea pulpa de café en la alimentación de ganado vacuno (Braham y col. 1973; Cabezas y col. 1974; Cabezas y col. 1976; Estrada 1973; Jarquín y col. 1973) han resultado atractivas para los ganaderos y fabricantes de alimentos.

*Científico del Programa de Nutrición Animal, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.

Es natural que, dada la continua escasez de ingredientes alimenticios para la elaboración de raciones, despierte interés el aprovechamiento de un subproducto de desecho como es la pulpa de café, cuya materia seca contiene alrededor de 10% de proteína y menos de 25% de fibra cruda, lo que proporciona un material de enorme potencial como alimento para rumiantes.

La mayor parte del trabajo llevado a cabo sobre pulpa de café en alimentación de animales ha empleado material deshidratado (Braham y col. 1973; Cabezas y col. 1974; Cabezas y col. 1976; Estrada 1973; Jarquín y col. 1973; Urizar 1975). Sin embargo, debe considerarse que la sola deshidratación ya implica gasto de energía, especialmente para un material cuya separación del grano requiere comúnmente un proceso húmedo que rinde un subproducto con un contenido entre 76,7 a 84,6% de agua (Bressani y col. 1972; Molina y col. 1974). Esto significa que los costos de transporte y deshidratación elevan el precio del producto final. Por consiguiente, para utilizar eficiente y económicamente la pulpa de café, la investigación debe estar orientada a buscar un uso más amplio para dicho subproducto, así como a investigar las especies animales que hacen un mejor uso de él. En este contexto se ha considerado conveniente estudiar el efecto de la incorporación de pulpa de café en raciones para cerdos.

Como es de suponer, el uso de este material en formulaciones para monogástricos puede tener ciertas limitaciones, debido al contenido relativamente alto de fibra, puesto que el cerdo carece de la fisiología y microflora necesarias para digerir eficientemente materiales de esta naturaleza. Sin embargo, el análisis de la fracción proteínica de la pulpa de café muestra un patrón de aminoácidos, en base al contenido protéico, comparable al de la harina de torta de soya y harina de algodón (Bressani y col. 1972), ambos ingredientes de uso generalizado en nutrición porcina.

El uso de un nuevo ingrediente como alimento requiere el conocimiento adecuado de su valor nutritivo, lo que implica inicialmente su aceptabilidad por parte de la especie animal a la cual se le suministre, así como del contenido y eficiente utilización de sus nutrientes.

En nutrición porcina el sentido común indica que la pulpa de café debe ser reducida a un tamaño de partícula adecuada antes de ser incorporada en las raciones; esto se puede hacer en un molino de martillos provisto del tamiz apropiado. En relación con la aceptabilidad por parte del animal, ésta puede ser mejorada a través de algunas técnicas que permitan un mayor consumo del producto o por medio de la incorporación de niveles adecuados de melaza.

Otro factor importante de considerar es el nivel apropiado que se deba administrar en una ración para una determinada especie, o qué cantidad de producto o ingrediente puede ser incorporado en una determinada formulación. En el caso particular de la pulpa de café deshidratada, el sólo hecho de observar la información relacionada con la composición química proximal permite predecir que dicho subproducto no puede incorporarse en cantidades superiores al 24% en formulaciones para cerdos, ya que el contenido de fibra limita su uso en esta especie. Además del alto contenido de fibra, la pulpa de café también contiene cafeína y ácidos caféico y clorogénico que en una forma u otra limitan su uso (Molina y col. 1974).

Pulpa de café deshidratada

Estudios de crecimiento

Hasta el presente se han efectuado muy pocos estudios que utilicen pulpa de café en alimentación de cerdos. Jarquín y col. (1974) informaron de los resultados obtenidos sobre el desarrollo de cerdos Yorkshire alimentados ad-libitum con las raciones descritas en el Cuadro No. 1. Estas formulaciones fueron diseñadas acorde con los requerimientos nutricionales necesarios para las distintas etapas de crecimiento de los cerdos. De 17 a 30 kg de peso vivo los animales recibieron formulaciones con 18% de proteína; de 34 a 60 kg de peso vivo los cerdos fueron alimentados con raciones de 15% de contenido protéico; y de 66 kg de peso vivo hasta alcanzar peso de mercado, formulaciones con 12% de proteína. Sin embargo, los niveles de pulpa empleados fueron 8,2; 16,4 y 24,6% durante todo el período experimental.

Para ajustar la concentración protéica programada en las diferentes raciones de acuerdo a la etapa de crecimiento de los animales, las cantidades de la mezcla maíz-soya disminuyeron y la melaza aumentó. La fibra cruda fue equiparada en todas las formulaciones utilizando olote de maíz finamente molido, y se agregó almidón de maíz para ajustar a 100 g de ración. Aunque estas formulaciones no pueden ser consideradas como prácticas para cerdos, el propósito del estudio era obtener información sobre el efecto de la incorporación de diferentes niveles de pulpa de café en raciones para cerdos en sus distintas etapas de desarrollo. Los cambios de concentración protéica en las formulaciones se efectuaron cuando los cerdos alcanzaron 30 y 60 kg de peso promedio. Al inicio de cada etapa de crecimiento los animales fueron alimentados con una ración comercial por siete días aproximadamente y posteriormente fueron distribuidos por peso y sexo en grupos nuevos, para el inicio de la correspondiente etapa de crecimiento.

En el Cuadro No. 2 se resume la respuesta obtenida al alimentar diferentes niveles de pulpa de café, así como los resultados de los cambios efectuados en concentración protéica en las diferentes raciones empleadas de acuerdo al desarrollo alcanzado por los animales. La respuesta en conversión alimenticia y la ganancia de peso promedio diaria registradas durante las distintas etapas de crecimiento se presentan gráficamente en la Figura No. 1 (Bressani y col. 1974).

En general, en cada etapa de crecimiento, la ganancia de peso así como la conversión alimenticia mostraron una relación inversa al nivel de pulpa empleado en la dieta. Sin embargo, en lo concerniente a ganancia de peso no se detectaron diferencias significativas entre el control y las formulaciones con 8,2 y 16,4% de pulpa de café a niveles de 18 y 15% de proteína. Las ganancias de peso diarias obtenidas durante la primera etapa experimental, al incluir 8,2 y 16,4% de pulpa de café en las formulaciones, son comparables a las ganancias de peso anotadas como adecuadas por el comité nacional de investigaciones en 1968.

Cuadro No. 1

FORMULACION DE LAS DIETAS USADAS EN LAS TRES ETAPAS DE CRECIMIENTO DE LOS CERDOS

Ingrediente	Primera etapa Tratamiento				Segunda etapa Tratamiento				Tercera etapa Tratamiento			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mezcla soya-maíz	74,3	70,6	66,9	63,2	61,9	58,2	54,4	50,8	49,5	45,8	42,2	38,4
Pulpa de café	—	8,2	16,4	24,6	—	8,2	16,4	24,6	—	8,2	16,4	24,6
Olote de maíz	15,1	10,3	5,5	0,7	15,1	10,3	5,5	0,7	15,1	10,3	5,5	0,7
Almidón	—	0,3	0,6	0,9	5,2	5,5	5,8	6,1	10,4	10,7	10,9	11,3
Vitaminas y minerales*	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Aurofac	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Melaza de caña	7,2	7,2	7,2	7,2	14,4	14,4	14,4	14,4	21,6	21,6	21,6	21,6
Minerales**	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Totales	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Contenido protéico %	18,3	19,5	17,9	17,9	16,0	14,8	14,5	14,8	12,1	12,5	11,8	12,1
Fibra cruda %	5,8	6,1	7,3	7,3	6,2	7,5	7,4	7,8	4,9	6,0	6,4	6,9

* Dohyfral/Duphar. Amsterdam, Holanda. Contiene por kg: vitamina A, 2.000.000 U.I.; vitamina D₃, 400.000 U.I.; vitamina E, 1000 U.I.; vitamina B₁₂, 3 mg; Fe, 20.000 mg; Mn, 10.000 mg; Cu, 1.500 mg; I, 150 mg; y Zn, 40.000 mg.

** Harina de hueso 33 por ciento, sal yodada 32 por ciento, carbonato de calcio 33 por ciento, elementos menores 2 por ciento.

Tomado de Jarquín y colaboradores (1974).

Cuadro No. 2

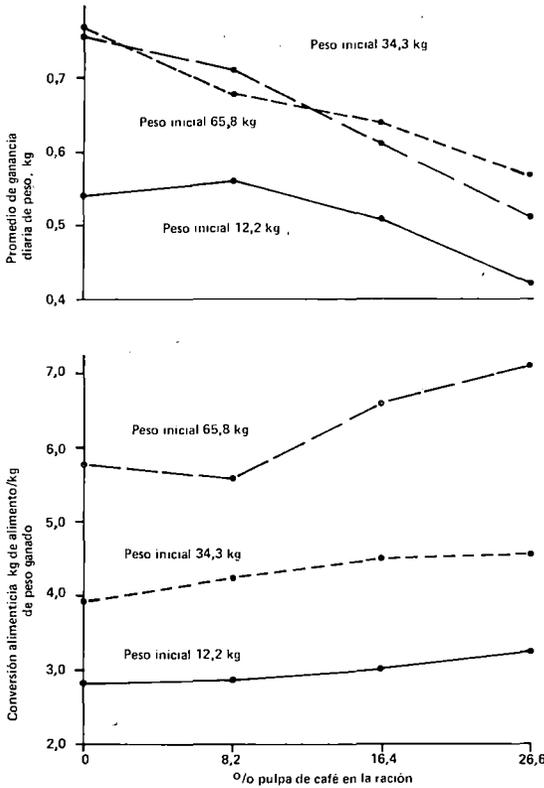
COMPORTAMIENTO DE LOS CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFE
DURANTE LAS TRES ETAPAS DE CRECIMIENTO

	Primera etapa Tratamiento				Segunda etapa Tratamiento				Tercera etapa Tratamiento			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Peso promedio inicial/ cerdo (kg)	12,2	12,2	12,3	12,3	34,4	34,3	34,5	34,2	65,8	65,8	65,8	65,8
Peso promedio final/ cerdo (kg)	31,2	31,9	30,3	26,9	61,4	58,2	57,0	54,3	92,5	90,6	87,1	83,4
Alimento consumido/ cerdo (kg)	53,7	56,3	54,9	47,8	105,6	101,5	102,0	92,4	154,5	138,4	140,7	126,1
Consumo diario de alimento/cerdo (kg)	1,5	1,6	1,6	1,4	3,0	2,9	2,9	2,6	4,4	4,0	4,0	3,6
Ganancia peso/cerdo (kg)	19,0 ^a	19,7 ^a	18,0 ^a	14,6 ^a	27,0 ^a	23,9 ^a	22,5 ^a	20,1 ^b	26,7 ^a	24,8 ^a	21,3 ^b	17,7 ^b
Ganancias diarias de peso/cerdo (kg)	0,54	0,56	0,51	0,42	0,77	0,68	0,64	0,57	0,76	0,71	0,61	0,51
Conversión alimentaria	2,82	2,87	3,04	3,26	3,92	4,25	4,53	4,59	5,79	5,58	6,60	7,11
Número de animales	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Mortalidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Consumo diario de pulpa de café/kg/cerdo	0	0,131	0,262	0,344	0	0,238	0,476	0,640	0	0,328	0,656	0,886

a, b Números con letras diferentes muestran significancia estadística.
Tomado de Jarquin y colaboradores (1974).

Las observaciones efectuadas a través del estudio indican la ausencia de síntomas anormales atribuibles a la pulpa de café. Únicamente los cerdos alimentados con la ración que contenía 24,6% de pulpa de café mostraron dermatitis, entre las piernas y parte ventral, la cual desapareció rápidamente con el cambio de dieta.

Figura 1
 Respuesta de cerdos alimentados con diferentes niveles de pulpa de café



Incap 77-421

Análisis de muestras de sangre obtenidas de la vena yugular al final de cada etapa de crecimiento, indican un aumento en los ácidos grasos libres así como en el contenido de glucosa, y una disminución en el nitrógeno de úrea, resultados que están directamente relacionados con los niveles de pulpa empleados. La relación de aminoácidos no esenciales a esenciales mostró ser normal para las distintas etapas de crecimiento de los animales, a cualquier nivel de pulpa empleado, sugiriendo que este subproducto no interfiere con el estado nutricional de los animales. El aumento observado en la concentración de los ácidos grasos libres en el suero sanguíneo de los cerdos concuerda con los resultados encontrados por otros investigadores en rumiantes (Hawkings y Davis 1970; Braham y col. 1973), cuyos efectos fueron atribuidos a la cafeína.

La pulpa de café deshidratada ha sido también alimentada a cerdos criollos jóvenes en una proporción del 12, 18 y 24% de las raciones, reemplazando, en base protéica, el equivalente del aporte de este nutriente por la pulpa a la mezcla base maíz-soya como en el experimento anterior. Jarquín y col. (1977) en un ensayo que duró doce semanas emplearon una dieta control de 16% de proteína, y dietas experimentales con el mismo contenido protéico pero con 16 y 24% de pulpa de café deshidratada.

Los resultados presentados en el Cuadro No. 3 indican una respuesta positiva al incluir 12% de pulpa de café en la ración, ya que el crecimiento obtenido, así como el consumo de alimento y conversión alimenticia, fueron comparables a los resultados obtenidos con la ración control. Los análisis estadísticos no mostraron diferencias en relación con ganancias de peso entre el control y el nivel inferior de pulpa de café; sin embargo, existe una diferencia altamente significativa ($P < 0,01$) entre estos dos grupos y el alimentado con 24% de pulpa de café.

Cuadro No. 3

CRECIMIENTO, PROTEINA SERICA Y ALBUMINA EN CERDOS CRIOLLOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFE

Parámetros	Pulpa de café en la dieta		
	0	12	24
Peso inicial, kg	7,4	7,8	8,6
Peso final, kg	34,9	37,4	21,6
Peso ganado, kg	27,5 ± 2,9**	29,6 ± 7,6**	13,0 ± 5,3**
Alimento consumido, kg	123,0	133,0	85,7
Conversión alimenticia***	4,5	4,5	6,6
Proteína sérica inicial g/100 ml	6,75	6,86	6,73
Proteína sérica final g/100 ml	7,37 ± 0,44**	7,64 ± 0,17**	7,63 ± 0,24**
Albumina sérica inicial g/100 ml	2,77	2,46	2,92
Albumina sérica final g/100 ml	3,43 ± 0,26**	3,13 ± 0,46**	3,86 ± 0,56**

* Contenido protéico de las dietas: 16,4 - 16,8 y 16,4, correspondiente a 0,12 y 24% de pulpa de café, respectivamente.

** Desviación estándar.

*** Conversión alimenticia: g de alimento ingerido/g de peso ganado.

Los resultados anteriores motivaron a los mismos investigadores (Jarquín y col. 1977) a estudiar un nivel intermedio de pulpa de café. Por consiguiente, se incorporaron niveles de pulpa de 12, 18 y 24% a diferentes formulaciones, y éstas fueron administradas también a cerdos criollos jóvenes por un período de diez semanas. Los resultados que se presentan en el Cuadro No. 4 indican una relación inversa en lo que concierne a ganancia de peso, conversión alimenticia y consumo de alimentos con respecto al nivel de pulpa incorporado en la formulación. Sin embargo, los resulta-

dos alcanzan significancia estadística únicamente al nivel de 24% de incorporación del material. Por otra parte, los resultados de incorporar 12 y 18% de pulpa no muestran diferencia alguna con respecto al control.

Cuadro No. 4

CRECIMIENTO, PROTEINA SERICA Y ALBUMINA EN CERDOS CRIOLLOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFE

	Niveles de Pulpa			
	0	12	18	24
Peso inicial, kg	9,9	9,9	10,0	9,9
Peso final, kg	37,0	34,9	32,4	29,1
Peso ganado, kg	27,1 ± 3,2**	25,0 ± 1,3**	22,4 ± 8,8**	19,2 ± 4,6**
Alimento consumido, kg	104,4	103,8	97,4	84,1
Conversión				
alimenticia***	3,9	4,2	4,3	4,4
Proteína sérica inicial				
g/100 ml	7,46	7,78	8,25	7,82
Proteína sérica final				
g/100 ml	3,48 ± 0,49**	8,20 ± 0,48**	9,07 ± 0,14	8,65 ± 0,74**
Albúmina sérica inicial				
g/100 ml	2,14	2,15	1,71	2,25
Albúmina sérica final				
g/100 ml	317, ± 0,26**	3,42 ± 0,53**	3,10 ± 0,5**	3,33 ± 0,44**

* Contenido protéico de las dietas: 16,5 - 16,6 - 16,7 - 16,7 correspondiente a 0 - 12 - 18 - y 24% de pulpa de café, respectivamente.

** Desviación estándar.

*** Conversión alimenticia: g de alimento ingerido/g de peso ganado.

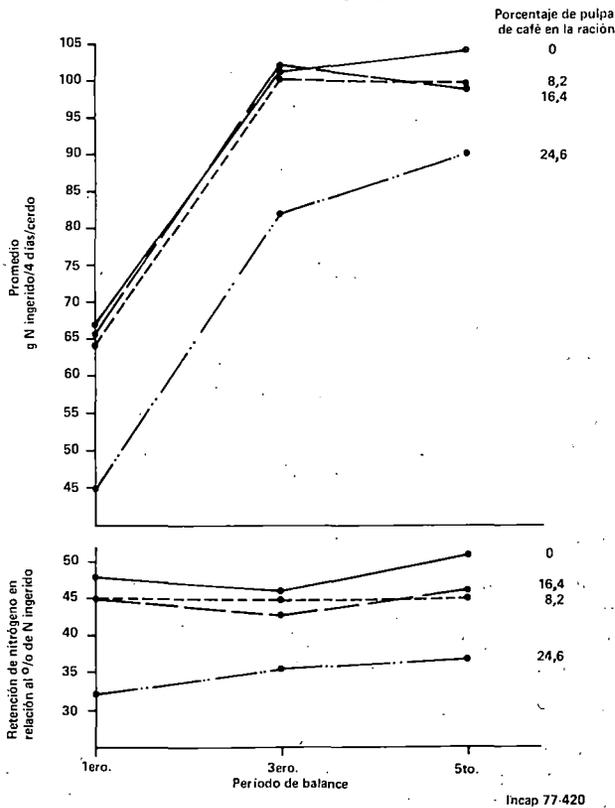
En los Cuadros Nos. 3 y 4 se incluyen también valores iniciales y finales en muestras del suero sanguíneo de los animales experimentales. Los valores obtenidos de los parámetros bioquímicos medidos en ambos experimentos de los cerdos criollos son bastante similares. Los valores referentes a proteína sérica y albúmina no muestran diferencia alguna entre los distintos tratamientos, a pesar de que la respuesta en crecimiento de ambos experimentos fue estadísticamente diferente ($P/0,01$) cuando se suministró 24% de pulpa de café.

Estudios metabólicos en cerdos jóvenes alimentados con pulpa de café

A fin de alcanzar una evaluación más crítica del subproducto cuando se administra a niveles diferentes, se consideró pertinente efectuar estudios metabólicos con cada una de las raciones de 18% de proteína empleadas en la primera etapa de crecimiento y descritas en el Cuadro No. 1. Se asignaron dos cerdos jóvenes para cada una de las raciones y se realizaron cinco balances metabólicos consecutivos. Cada balance metabólico tuvo una duración de siete días, tres días para adaptación de los animales a la dieta, y cuatro días para recolectar cuantitativamente las heces y orina.

Los resultados del primero, tercero y quinto balance metabólico informados por Bressani y col. (1974) se presentan gráficamente en la Figura 2. Aunque se trató de que el consumo de alimento fuera igual para todos los grupos, los animales que recibieron la ración con 24,6% de pulpa de café consumieron 14% menos que los del grupo control. Esta baja en consumo puede ser parcialmente responsable de la menor retención observada de nitrógeno. Estos hallazgos son bastante similares a los de Cabezas y col. (1974) al alimentar terneros jóvenes con pulpa de café ya que encontraron que la absorción y la retención de nitrógeno disminuyeron con relación al nivel de pulpa en la dieta.

Figura 2
Balance de nitrógeno en cerdos alimentados con diferentes niveles de pulpa de café



Información adicional de los balances metabólicos con las mismas raciones fue descrita por Rosales (1974). El Cuadro No. 5 indica que la energía digerible, así como la digestibilidad de la materia seca, disminuyen en relación directa al nivel de pulpa incorporado en la ración. A este respecto vale mencionar que Vohra y col. (1966) han informado que el ácido tánico reduce la energía metabolizable así como la retención de nitrógeno en po-

llos; y no debe olvidarse que la pulpa de café también contiene cantidades variables de taninos cuya concentración depende de variedades, localización del cultivo y procesamiento después de la separación del grano.

Cuadro No. 5

DIGESTIBILIDAD DE MATERIA SECA, ENERGIA DIGERIBLE Y EXCRECION DE SODIO Y POTASIO EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFE

	Niveles de pulpa de café en las dietas			
	0	8,2	16,4	24,6
Energía digerible %	79,0 ^a	79,0 ^a	75,0 ^b	70,0 ^b
Digestibilidad de la materia seca %	80,0 ^a	79,0 ^a	73,0 ^b	68,0 ^b
Sodio (g)	10,9 ^a	10,1 ^a	8,6 ^b	8,6 ^b
Potasio (g)	2,0 ^a	2,0 ^a	2,3 ^b	2,9 ^b

Tomado de Rosales (28).

Números con letras diferentes muestran significancia estadística.

En el mismo Cuadro No. 5 se incluyen, en gramos, los valores totales de las excreciones de sodio y potasio de cuatro días de recolección de orina. Los resultados obtenidos indican una disminución de la excreción de sodio y un aumento de la de potasio con relación al nivel de pulpa en la dieta. Estos hallazgos necesitan de ulterior investigación y pueden tener una estrecha relación con el contenido de minerales del subproducto, de acuerdo a lo informado por Bressani y col. (1973) y Molina y col. (1974).

Ensilaje deshidratado de pulpa de café en la alimentación de cerdos

Experiencias previas con este subproducto sugieren que el ensilado es uno de los mejores procesos para manejar y preservar este material. Además, un silo de trinchera bien compactado puede almacenar 30 kg de pulpa por pie cúbico (González y col. 1973).

Recientemente se ha encontrado que la adición de metabisulfito de sodio a la pulpa de café, antes del proceso de deshidratación, produce algunos cambios físicos y químicos que mejoran la estructura celular y alteran la composición química del material (Murillo y col. 1977). En base a estos hallazgos, Jarquín y Bressani (1976) consideraron conveniente investigar la respuesta de cerdos a la alimentación con las formulaciones descritas en el Cuadro 6, en las cuales se incluye 16% de pulpa de café que ha sido expuesta a diferentes tratamientos. Además se ha incorporado al experimento un grupo adicional de cerdos en cuya ración se ha incluido 0,25% de DL-Metionina, en vista de que resultados preliminares de nuestros laboratorios indican una mayor excreción de sulfatos en la orina de cerdos alimentados con pulpa de café (Bressani 1975).

Cuadro No.6

FORMULACIONES PARA CERDOS EMPLEANDO PULPA DE CAFE EXPUESTA A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Ingredientes	Tratamientos				
	1	2	3	4	5
Mezcla de maíz y soya	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Pulpa de café deshidratada al sol	—	16,00	—	—	—
Pulpa de café ensilada con melaza de caña	—	—	16,00	—	—
Pulpa de café ensilada con 1,5% de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	—	—	—	16,00	16,00
Puntas de planta de maíz molidas	8,00	—	—	—	—
Melaza de caña	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Minerales (a)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Maíz	23,75	15,75	15,75	15,75	15,50
Vitaminas + elementos menores (b)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
DL Metionina	—	—	—	—	0,25
Totales		100,00	100,00	100,00	100,00

* (a) Igual al Cuadro 1

(b) Igual al Cuadro 1

Tomado de Jarquín y Bressani (19)

La respuesta de los cerdos alimentados con las diferentes dietas experimentales descritas por Jarquín y Bressani (1976) se presentan en el Cuadro No. 7. Aunque el análisis estadístico no revela diferencias significativas en ganancia de peso entre los diferentes tratamientos, sí existe una tendencia a un mejor comportamiento en los animales alimentados con pulpa deshidratada al sol o ensilada deshidratada sin aditivos. La mejor

Cuadro No.7

CRECIMIENTO DE CERDOS ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFE EXPUESTA A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Tratamientos	Peso inicial	Peso final	Conversión alimenticia	Ganancia diaria	Consumo de alimento
	kg	kg		g	kg
Control	61,4	104,9	4,9	691	213,6
Pulpa de café deshidratada al sol	60,9	105,1	5,1	701	223,8
Pulpa de café ensilada con melaza de caña	61,3	100,6	5,6	623	221,7
Pulpa de café ensilada con 1,5% de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	60,9	98,4	5,2	295	194,0
Pulpa de café ensilada con 1,5% de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ + metionina	61,6	94,1	5,3	517	174,0

Tomado de Jarquín y Bressani (19)

respuesta, en relación a ganancias de peso, se obtuvo en el grupo alimentado con pulpa deshidratada, la cual fue similar a la dieta control, seguida del grupo alimentado con pulpa ensilada deshidratada. En estos dos grupos también pudo observarse un mayor consumo de alimento. Los resultados también muestran que la adición de 0,25% de DL-Metionina a una de las raciones no mejora la utilización del material. Este es un campo que requiere mayor investigación ya que el análisis de aminoácidos informado por Bressani (1972) indica que la pulpa es deficiente en aminoácidos azufrados. Sin embargo, los hallazgos referentes a la pulpa deshidratada y ensilada con melaza, y posteriormente deshidratada, son alentadores ya que ambos procesos son los más económicos. Además, el sólo hecho de ensilar preserva el material en condiciones favorables, especialmente si la deshidratación al sol tiene que postergarse debido a condiciones climáticas.

Pulpa de café sometida a diferentes condiciones de procesamiento

Decafeinización

Los factores tóxicos en la pulpa de café aún son desconocidos, aunque la cafeína y los taninos, los cuales están presentes en niveles relativamente altos en este subproducto, han sido considerados por Bressani y col. (1972-1973) como las sustancias más sospechosas. Los efectos tóxicos de la cafeína en cerdos han sido estudiados por Cunningham (1968) y en ganado lechero por Hawkings y Davis (1970), siendo los síntomas encontrados similares a los observados en animales alimentados con dietas de pulpa de café (Braham y col. 1973; Bressani y col. 1973). Por tanto, Molina y col. (1974) y Cuevas García (1976) consideraron de interés estudiar la posibilidad de detoxificar la pulpa de café por medio de un proceso de decafeinización para obtener, por un lado, un extracto que contuviera cafeína, taninos y azúcares solubles para propósitos industriales, y por el otro un residuo con una mejor calidad como ingrediente para la industria alimenticia animal y, consecuentemente, con una mayor utilización del contenido de sus respectivos nutrientes.

El valor nutritivo de la pulpa de café sometida a un proceso de decafeinización ha sido comparado con el de la pulpa deshidratada a 100°C por Cuevas García (1976). Niveles de 24% de pulpa de café fueron utilizados en sustitución del maíz de la ración control. Mediante un diseño de cuadrado latino, 9 cerdos jóvenes fueron alimentados con las dietas descritas en el Cuadro No. 8 para efectuar un balance nitrogenado de las mismas. Como el diseño estadístico lo implica, cada grupo de animales fue expuesto a las diferentes dietas en los tres balances metabólicos efectuados. Los resultados sumarizados en el Cuadro No. 9 indican que las raciones que contienen pulpa de café son inferiores a la ración control en lo que respecta a digestibilidad de materia seca y porcentaje de absorción de nitrógeno, lo cual está íntimamente relacionado con la digestibilidad del mismo. Con estos resultados se calculó el valor biológico. Como puede observarse, la utilización del nitrógeno retenido es mayor para las dietas que contienen pulpa de café, lo que puede ser interpretado como una medida de la calidad proteínica de la misma.

Cuadro No. 8

**FORMULACIONES PARA CERDOS EMPLEANDO PULPA DE CAFE EN
SUBSTITUCION DE MAIZ**

Ingrediente	1 Control	2 Pulpa deshidratada	3 Pulpa deshidratada
Harina de soya	26,0	26,0	26,0
Maíz molido	50,0	26,0	26,0
Pulpa de café	—	24,0	24,0
Oloto de maíz	11,8	4,7	—
DL Metionina	0,3	0,3	0,3
Vitaminas y elementos menores (1)	0,2	0,2	0,2
Minerales (2)	3,0	3,0	3,0
Melaza de caña	8,7	8,7	8,7
Almidón	—	7,1	11,8
Total	100,0	100,0	100,0
Proteína, %	18,0	17,1	17,0
Fibra cruda, %	6,1	7,6	9,0

(1) Premezcla Pfizer 500

(2) Mezcla de minerales Master Mix 12: Ca, 24%; P, 12%; NaCl, 18%; I, 0,009%; Fe, 0,2%; Cu, 0,01%; Co, 0,01%; Mn, 0,006%; 0,01%, Vitamina D 10.000 UI/kg.
Tomado de Cuevas García (12)

Cuadro No.9

**RESULTADOS DE LOS TRES BALANCES METABOLICOS EMPLEANDO PULPA
DE CAFE EXPUESTA A DIFERENTES PROCESOS**

Dieta	Ingestión de: nitrógeno	Digestibilidad de materia seca	Nitrógeno absorbido	Nitrógeno retenido	Valor biológico
No.	g/kg/día	%	%	%	%
1	0,56048 (a)	78,3 (a)	78,8 (a)	40,0 (a)	50,6 (a)
2	0,59321 (a)	71,8 (b)	68,5 (b)	43,7 (a)	63,6 (b)
3	0,49069 (a)	72,9 (b)	63,0 (c)	42,1 (a)	66,3 (b)

(a); (b); (c): Letras diferentes muestran significancia estadística (P < 0,05).
Tomado de: Cuevas García (12)

Evaluación biológica del proceso de deshidratación

Urizar (1975) ha hecho también estudios de balance de nitrógeno, y ha investigado el valor nutritivo de raciones con un contenido de 24% de pulpa de café deshidratada bajo distintos procesos. Los resultados obtenidos con respecto al balance de nitrógeno (Cuadro No. 10) indican que no existe diferencia significativa en retención de nitrógeno entre el control y las raciones que contienen pulpa de café. Sin embargo, es de interés hacer notar que el grupo alimentado con pulpa de café deshidratada en bandejas,

indujo una retención nitrogenada más alta seguida de la procesada por liofilización. Tanto la pulpa deshidratada al sol como la procesada en secador de tambores mostraron los valores más bajos en retención de nitrógeno.

El análisis de cafeína indica que el contenido es el mismo para todas las raciones a base de pulpa, y no se detectaron diferencias en volúmenes de orina excretada entre tratamientos con respecto al control, lo que es opuesto a la alta diuresis reportada por Cabezas y col. (1974) cuando la pulpa se suministró a terneros jóvenes, ocasionando una gran pérdida de nitrógeno urinario.

Cuadro No.10

BALANCES DE NITROGENO EN CERDOS EMPLEANDO PULPA DE CAFE DESHIDRATADA POR DIFERENTES PROCESOS

Tratamientos	N Absorbido %	N Retenido %
1	93,2 ^a	54,3
2	80,6 ^b	48,9
3	83,4 ^b	47,5
4	79,9 ^b	55,9
5	81,5 ^b	51,4

Tratamiento 1: control

Tratamientos: 2, 3, 4 y 5 alimentados con raciones con un contenido de 24% de pulpa de café deshidratada al sol, secada en rodillos, secada en bandejas y liofilizada.

(a), (b): Números con letras diferentes muestran significancia estadística.

Tomado de Urizar: (30)

Dos puntos merecen mencionarse a este respecto. Uno, en todos los balances de nitrógeno efectuados en cerdos, la digestibilidad de la proteína es más baja en todas las dietas que contienen pulpa de café. El otro, que a pesar de la menor digestibilidad, la retención de nitrógeno ha sido similar o más alta que la observada en la ración control. Estos resultados y los de pulpa de café procesada bajo diferentes métodos, incluyendo aquél en que se elimina una alta cantidad de cafeína y polifenoles, sugieren que la baja digestibilidad es debida a cambios desfavorables en la disponibilidad de los nutrientes, posiblemente originados durante el proceso de deshidratación, ya sea por energía solar u otra fuente energética. Sin embargo, esto no llega a afectar los nutrientes absorbidos a través del tracto gastrointestinal, manteniendo así un balance nitrogenado alto. Estudios de esta naturaleza son necesarios para llegar a comprender el efecto de la pulpa en la respuesta animal y aumentar la eficiencia de utilización de sus nutrientes.

Discusión

Debe admitirse que hasta el presente muy poca ha sido la investigación realizada sobre pulpa de café como alimento para cerdos, pero a pesar de ello los resultados observados en las tres etapas de crecimiento con dife-

rentes niveles de pulpa (Cuadro Nos. 1 y 2) pueden ser considerados como aceptables cuando se incluye 8,2 y 16,4% de pulpa de café.

Aunque el bajo peso ganado en la tercera etapa experimental fue inesperado para todos los grupos, en el grupo alimentado con el nivel más elevado de pulpa es más difícil de explicar, ya que la concentración proteica de la ración era adecuada para animales de esa edad. La razón podría estar en que el nivel de pulpa utilizado suministre un porcentaje alto de proteína lignificada la cual no es disponible por el animal. Es oportuno recordar que Bressani y col. (1973) informaron que niveles altos de proteína aumentan la tolerancia a niveles más elevados de pulpa en las raciones. Además, los resultados de estudios con animales adultos indican que éstos son más resistentes a la pulpa de café (Bressani y col. 1973). Por ello, estos resultados deben ser revaluados.

Los resultados obtenidos en cerdos criollos, con raciones que contienen pulpa de café, muestran la misma tendencia que los obtenidos en cerdos Yorkshire. Sin embargo, hay que recordar que el cerdo criollo no ha sido seleccionado o mejorado genéticamente, por tanto la baja conversión alimenticia así como las pobres ganancias de peso mostradas en los Cuadros Nos. 3 y 4 no son sorprendentes.

Esta clase de animal tal vez tiene la capacidad de tolerar una mayor concentración de fibra en la ración, como ya ha sido informado por Gómez Brenes y col. (1974), con respecto a sus requerimientos proteicos que son menores. Esta información refuerza la necesidad de mayor investigación en esta área, ya que Leal y Amado (1972) encuentran que el 90% de la población porcina de Guatemala es de cerdo criollo.

La información que se describe en el Cuadro No. 7 indica claramente que el agregado de metabisulfito de sodio al momento de ensilar no mejora los resultados biológicos finales como era de esperarse. Además, estos resultados indican que la metionina o el total de azufre en la dieta no es un factor limitante. Sin embargo, los resultados con respecto a la pulpa deshidratada o ensilada con melaza y luego deshidratada son alentadores ya que ambos procesos son fáciles de realizar a nivel de finca.

Los balances de nitrógeno reportados por Bressani y col. (1974), Urizar (1975) y Cuevas (1976) fueron efectuados en época diferente, con distintos animales, y con pulpa de diferente origen. Más aun, en el caso del trabajo de Cuevas, se evaluó hasta una pulpa descafeinizada. A pesar de esto, la evidencia experimental indica que no hubo diferencia significativa en los resultados de retención de nitrógeno en ninguno de los diferentes experimentos efectuados. Los resultados parecen indicar que bajo las condiciones experimentales imperantes, las raciones que contienen pulpa de café fueron utilizadas para síntesis proteica tan eficientemente como los controles.

Si se hace una comparación entre los resultados de balances nitrogenados obtenidos en los cerdos, con los informados por Cabezas y col. (1974) en terneros, se puede concluir que el cerdo es mucho más eficiente en utilizar la pulpa de café. Esta conclusión se basa en el hecho de que, a pesar de la menor digestibilidad de la proteína de las raciones que contie-

nen pulpa de café, la retención de nitrógeno fue igual a la de la ración control. Estos resultados pueden ser afectados en una forma u otra por el bajo nivel de ingestión proteínica, derivándose una mayor eficiencia en la utilización de la proteína para mantenimiento y crecimiento. Además, es pertinente mencionar que Cunningham (1968) al trabajar en cerdos encontró que la adición de 1,5 g de cafeína por kg de dieta aumenta la retención de nitrógeno en un 7,9%, aunque el consumo de alimento disminuye. Considerando los niveles de cafeína presentes en las diferentes pulpas de café, así como el porcentaje del subproducto incluido en las raciones y el consumo de las mismas por parte de los animales, la ingesta de cafeína viene a ser muy baja en todos los trabajos presentados en este capítulo.

Es conveniente considerar que, al igual que la pulpa de café, también hay otros ingredientes alimenticios que contienen algunos componentes no deseables en nutrición animal. Como ejemplo pueden citarse los compuestos de taninos, comunes en la pulpa de café, que también están presentes en algunas variedades de sorgo.

Schaffert y col. (1974) informaron que al alimentar ratas con sorgos de alto contenido en taninos, los animales mostraban un crecimiento pobre y baja conversión alimenticia en comparación con ratas alimentadas con variedades de bajo contenido de taninos. Sin embargo, la respuesta mejoró al aumentar el nivel protéico de la dieta con el uso de harina de torta de soya, lo que indica que el tanino presente no es un factor tóxico. Esta es una pequeña muestra de la necesidad de mayor investigación con ingredientes de esta naturaleza. La combinación de pulpa de café con otras fuentes protéicas, además de harina de soya, así como la interacción entre niveles de cafeína, taninos y ácido clorogénico se recomiendan para alcanzar un uso más amplio y confiable de la pulpa de café en nutrición porcina.

Conclusiones

La pulpa de café, un producto de desecho de la agroindustria existente en los países cafetaleros que hasta la fecha tiene un uso muy limitado como fertilizante en las plantaciones de café, puede ser utilizada en niveles hasta de 16% en raciones para cerdos sin ningún efecto detrimental en ganancia de peso y conversión alimenticia. El uso de pulpa a niveles más elevados afecta negativamente estas dos variables.

Los valores en retención de nitrógeno no fueron afectados al incluir 16% de pulpa de café en la ración, indicándose con ello que la proteína de este subproducto es bien utilizada a dicho nivel, y que los otros constituyentes de la pulpa, tales como cafeína y taninos, no interfieren, a los niveles presentes en las dietas, con la utilización de otras fuentes de nutrientes, además de la proteína, en las diferentes raciones evaluadas.

La energía digerible así como la digestibilidad de la materia seca también indican que un 16% de pulpa de café es adecuada en raciones a base de una mezcla de maíz y harina de torta de soya.

Se ha estimado que un cerdo desde el destete hasta alcanzar peso de mercado necesita 320 kg de alimento. Si se hace un concentrado cuyo con-

tenido de pulpa sea 16% en substitución de maíz, habrá un consumo de 52 kg de pulpa por cada cerdo llevado al mercado. Esto representa una economía de maíz, el cual podrá ser utilizado en nutrición humana o en la industria. Las implicaciones económicas del uso de un subproducto de esta naturaleza son obvias.

Bibliografía

- BRAHAM, J. E.; R. Jarquín, J. M. González y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. III. Utilización de la pulpa de café en la alimentación de rumiantes. *Turrialba* 23: 41-47, 1973.
- BRESSANI, R.; E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. *Turrialba* 23: 299-304, 1972.
- BRESSANI, R.; M. T. Cabezas, R. Jarquín y B. Murillo. The use of coffee processing waste as animal feed. P. 107-117, 1975. Proc. Conf. on Animal Feeds of Tropical and Sub-Tropical Origin. Llevado a cabo en el London School of Pharmacy, Brunswick Square, London, WCI N1AX, 1-5 April, 1974.
- BRESSANI, R.; E. Estrada, L. G. Elías, R. Jarquín y L. Urrutia de Valle. Pulpa y pergamino de café. IV. Efecto de la pulpa de café deshidratada en la dieta de ratas y pollos. *Turrialba* 23:403-409, 1973.
- BRESSANI, R. Use of coffee processing waste as animal feed and industrial raw material. Presentado en el IFT Annual Meeting llevado a cabo en Chicago, III. 8-12, junio, 1975. Patrocinado por el Institute of Food Technology.
- BERDUCIDO, L. Efecto de niveles protéicos y pulpa de café en cerdos criollos. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos Guatemala. 1975.
- CUNNINGHAM, H. M. Effect of caffeine on nitrogen retention, carcass composition, fat mobilization and the oxidation of C-14 labelled body fat in pigs. *Animal Sci.* 28: 424-430, 1968.
- CHOUSSY, F. La pulpa de café como alimento del ganado. *Anales del Instituto Tecnológico de El Salvador.* 1:265-280, 1944.
- CABEZAS, M. T.; B. Murillo, R. Jarquín, J. M. González, E. Estrada y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VI. Adaptación del ganado bovino a la pulpa de café. *Turrialba* 24; 160-167, 1974.
- CABEZAS, M. T.; E. Estrada, B. Murillo, J. M. González y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. XII. Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo de la pulpa de café para terneros. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 26:203-215, 1976.
- CABEZAS, M. T.; 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: 90-94, 1974.
- CUEVAS García, R. Optimización y factibilidad económica del proceso de decafeinización de la pulpa de café. Tesis (Magister Sci.). Universidad de San Carlos de Guatemala y Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Guatemala. 1976.
- ECHEVERRIA, G. La pulpa de café como alimento para ganado. *Revista Cafetera de Colombia* 8: 3310-3313, 1947.
- ESTRADA, E. Cafeína y taninos como factores limitantes en el uso de pul-

- pa de café en la alimentación de terneros. Tesis (Magister Sci.). Universidad de San Carlos de Guatemala y Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA) Guatemala. 1976.
- GONZALEZ, J. M. Boletín informativo de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP. VIII. Preparación de ensilaje de pulpa de café. AGA 16:16-19, 1973.
- GOMEZ-BRENES, R. A., R. Jarquín, J. M. González y R. Bressani. Comparación del cerdo criollo y Duroc en cuanto a crecimiento y utilización de alimento. Turrialba 24:29-34, 1974.
- HAWKINGS, G. E. y W. E. Davis. Changes in plasma free fatty acids and triglycerides in dairy cattle after dosing with coffee or caffeine. J. Dairy Sci., 53:52-55, 1970.
- JARQUIN, R.; 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; 41-47, 1973.
- JARQUIN, R.; Gómez Brenes, I. L. Berducido y R. Bressani. Efecto de los niveles proteínicos y de la pulpa de café en raciones para cerdos criollos. Presentado para publicación a Turrialba, 1977.
- JARQUIN, R.; y R. Bressani. Chemical characteristics of coffee pulp without seeds and its use in swine feeding. Presentado en el First International Symposium on Feed Composition, Animal Nutrient Requirements, and Computerization of Diets. Utah, State University, Logan Utah. July 11-16, 1976.
- JARQUIN, 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 24:41-46, 1974.
- LEAL, R. y E. Amado. Estudio sobre la ganadería porcina. Departamento de investigaciones pecuarias e industriales, Guatemala. En: Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, septiembre 18-21, 1972.
- MADDEN, D. E. The value of coffee pulp silage as feed for cattle. Tesis (Magister Sci.). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 1948.
- MOLINA, M. R.; G. de la Fuente, M. A. Batten y R. Bressani. Decaffeination a process to detoxify coffee pulp. J. Agr. Food Chem. 22: 1055-1059, 1974.
- MURILLO, B.; M. T. Cabezas, R. Jarquín, R. Bressani. Effect of bisulfite addition on the chemical composition and cellular content fractions of dehydrated coffee pulp. Presentado para publicación, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Swine. Washington, D. C. National Academy of Science. 1968. 69 pp. (National Research Council, Publication 1599), at head of tittle: Nutrient requirements of domestic animals. No. 2.
- OSEGUEDA Jiménez, 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. Agricultura de El Salvador. 10:3-9, 1970.
- ROSALES; F. A. El uso de la pulpa de café deshidratada en alimentación del cerdo. Tesis (Magister Sci.). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. INCAP/CESNA. Guatemala 1974. 46 pp.

- SCHAFFERT, R. E.; D. L. Oswalt y J. D. Axtell. Effect of supplemental protein on the nutritive value of high and low tannin sorghum bicolor (1). Moench grain for the growing rat. *J. Animal Sci.* 39: 500-505, 1974.
- URIZAR; E. Efecto de diferentes procesos de deshidratación sobre la composición química y la calidad nutricional de la pulpa de café en raciones para cerdos en crecimiento. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Febrero, 1975.
- VAN SEVEREN, M. L. y R. Carbo-nell. Estudios sobre digestibilidad de la pulpa de café y de la hoja de banano. *Café de El Salvador.* 19 (219): 1619-1624. 1949.
- VOHRA, P.; C. H. Kratzer y M. A. Josly. The growth depressing and toxic effect of tannins to chicks. *Poultry Sci.* 45: 135-142, 1966.
- WORK, S. H.: M. Lewy Van Severen y L. Escalón. Informe preliminar del valor de la pulpa seca del café como sustituto del maíz en la ración de vacas lecheras. *Café de El Salvador,* 16:773-780. 1946.

Pulpa de Café en otras Especies

J. Edgar Braham*

Pulpa de café en raciones para pollos en crecimiento

Los países en vía de desarrollo, y especialmente los centroamericanos, dependen de la importación de fuentes de proteína para la preparación de concentrados para aves de corral, con el consiguiente aumento en el precio del producto final al consumidor. Igualmente, en estas áreas los animales compiten con el humano por la misma fuente de energía —el maíz— que es un componente indispensable de raciones para animales de crianza. Por tanto, cualquier esfuerzo que se haga encaminado al uso de fuentes locales de proteína o de energía en la formulación de estas raciones redundará, por un lado, en una baja del precio del producto final en el mercado haciéndolo más accesible, y, por otro, aumentará la disponibilidad de fuentes de energía para los seres humanos. Aunque el maíz no puede considerarse como un alimento protéico debido a su bajo contenido de dicho nutriente, las cantidades de este cereal consumidas por las poblaciones mencionadas, son de tal magnitud que el maíz se convierte para ellas en una fuente tanto de proteína como de calorías.

La mayoría de los substitutos del maíz, sin embargo, no pueden utilizarse en raciones para aves de corral en un porcentaje de más del 20% (Squibb and Wyld 1951), pero aun así tal porcentaje aumentaría significativamente la disponibilidad de este grano para los humanos. La pulpa de café contiene la misma cantidad de proteína que el maíz, pero al mismo tiempo su contenido de fibra cruda es casi cuatro veces mayor. Además, y como se discute en otra sección de este libro, este subproducto agrícola contiene factores como cafeína, taninos, ácido clorogénico, ácido caféico y polifenoles que interfieren en alguna etapa, ya sea digestiva o metabólica, con la utilización adecuada de algunos nutrientes, y que, según el nivel a

*Jefe Asociado de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.

que se ingieran, pueden inducir síntomas de toxicidad e incluso producir la muerte.

Los animales monogástricos, a diferencia de los rumiantes, no pueden beneficiarse de algunos constituyentes de los alimentos o, en el mejor de los casos, pueden utilizarlos sólo en cantidades limitadas. La celulosa, el principal constituyente de la fracción conocida como fibra cruda, puede ser hidrolizada por los rumiantes hasta su constituyente más simple, la glucosa. Los animales monogástricos pueden utilizar la celulosa en un grado mucho menor que los rumiantes, debido a que la enzima responsable de su hidrólisis —la celulosa— no es un constituyente de su complejo enzimático digestivo. Que los animales monogástricos puedan utilizar en cierto grado la celulosa, se debe a las pequeñas cantidades de celulosa producida por la microflora intestinal, especialmente la de los ciegos en las especies que poseen estos divertículos anatómicos, tales como el conejo, el caballo y, hasta cierto punto, el pollo.

La cantidad de fibra cruda en un ingrediente que potencialmente podría utilizarse en formulaciones para animales de crianza, es un factor que debe tomarse en consideración. Todos los animales, incluyendo el hombre, necesitan cierta cantidad de fibra cruda en su dieta para inducir una peristalsis adecuada; sin embargo, mientras más fibra cruda posee una ración, menos digerible es esa ración. Esto en sí no sería un problema, ya que lo que no se digiere se excreta, si no fuera por el hecho de que la fibra cruda contribuye con volumen que llena al animal, el cual, consecuentemente, ingiere cantidades proporcionalmente menores de los otros ingredientes de la ración. El resultado neto de esta situación es que el animal prosperará mejor con una dieta que contenga cantidades bajas de fibra que con una que contenga altos niveles de este constituyente. Esto es de suma importancia cuando se consideran ingredientes para raciones destinadas a aves de corral, ya que el pollo tolera cantidades relativamente pequeñas de fibra. Por lo tanto, si se desea que una ración sea económicamente factible, su contenido de fibra cruda debe mantenerse en 6% o no exceder el 8% de la ración. Como se sabe, una gran proporción del alimento para estos animales es de origen vegetal, y la fibra cruda constituye un problema cuando se desea incorporar alimentos de origen vegetal a raciones para pollos, si estos alimentos la contienen en un nivel alto.

Con base en lo expuesto, las perspectivas de usar pulpa de café en raciones para pollos no parecen muy promisorias, y ello ha sido corroborado por evidencia experimental. Bressani y col. (1973) alimentaron polluelos por 8 semanas con una ración completa en la cual el maíz se substituyó por 10, 20, 30, 40 y 50% de pulpa de café deshidratada. Los resultados aparecen en el Cuadro No. 1, y como puede verse, la ganancia en peso y el consumo de alimento disminuyeron a medida que la pulpa de café aumentó en la ración. La mortalidad aumentó con niveles mayores de pulpa de café, a tal punto que todos los animales alimentados con 50% de pulpa habían muerto al final de 6 semanas. Aun el nivel de 10% en la ración afectó negativamente el peso. Los resultados indican que en la pulpa existen otros factores ajenos a la fibra cruda, que inciden negativamente sobre el crecimiento de pollos, ya que los altos niveles de mortalidad no pueden ser ex-

plicados por el contenido de fibra cruda de las raciones usadas por dichos autores. Estos resultados corroboran los de Squibb (1950), Squibb y Falla (1949) y los obtenidos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) realizados en Beltsville, Ma. y citados por Madden (1948). En todos estos experimentos la pulpa de café deshidratada resultó en una depresión del crecimiento, aumentó la mortalidad, y disminuyó la eficiencia de conversión del alimento.

Cuadro No. 1

PESO PROMEDIO FINAL, CONSUMO DE ALIMENTO Y MORTANDAD DE POLLUELOS ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFE SECA

Pulpa de café % en la ración	Alimento consumido por grupo, g	Peso promedio final, g*	Mortandad vivos/muertos
0	15.702	825	10/0
10	15.909	796	9/1
20	14.955	557	10/0
30	7.720	348	7/3
40	2.069	158	2/8
50	710	0	0/10

* Peso promedio inicial: 47 g

** A las seis semanas

Tomado de Bressani y col. (1973)

Solis (1977) trató la pulpa de café con diferentes concentraciones de metabisulfito de sodio en vista de que este compuesto había demostrado tener un efecto beneficioso sobre el subproducto agrícola (ver Capítulo 10 de este libro). Encontró que el tratamiento produjo una disminución de las fracciones de fibra cruda y de proteína lignificada. Ya que estos dos últimos constituyentes —fibra cruda y proteína lignificada— no son susceptibles al ataque de las enzimas digestivas, se pensó que el tratamiento mejoraría la digestibilidad de la pulpa de café. Sin embargo, cuando la pulpa de café no tratada, o tratada con metabisulfito de sodio, se incorporó en una proporción de 20% a una ración para pollos (Cuadro No. 2), los animales ganaron menos peso que los controles y la conversión del alimento fue también más baja para los pollos alimentados con pulpa de café. No obstante, a medida que la concentración de metabisulfito de sodio aumentó, se obtuvo una mejora en el crecimiento comparada con la obtenida en el grupo alimentado con pulpa sin tratar, pero nunca al mismo nivel alcanzado por los controles que no recibieron pulpa de café en la ración. Es de interés destacar que cuando se alimentó fibra cruda, en forma de celulosa pura, para proveer el mismo nivel que el aportado por 20% de pulpa de café, la ganancia ponderal y la eficiencia de conversión del alimento no fueron tan adversamente afectadas como en los grupos que se alimentaron con pulpa. La fibra cruda, por tanto, es responsable únicamente en parte de los efectos detrimentales observados en pollos alimentados con pulpa de café.

Cuadro No. 2

CRECIMIENTO DE POLLOS ALIMENTADOS CON RACIONES QUE CONTIENEN
20% DE PULPA DE CAFE TRATADA CON DIFERENTES NIVELES DE
METABISULFITO DE SODIO ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)

Tratamiento	Peso final g	Ganancia de peso g	Conversión Alimenticia*
Control	1.666	1.548	2,43
Control + Celulosa	1.521	1.403	2,80
Pulpa de café sin tratamiento	841	723	4,28
Pulpa de café + 0,25% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	778	660	4,43
Pulpa de café + 0,050% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	841	723	4,38
Pulpa de café + 0,100% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	866	748	4,08
Pulpa de café + 0,300% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	822	704	4,21
Pulpa de café + 0,500% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	867	749	3,86

* Conversión alimenticia: Alimento consumido/ganancia de peso
Tomado de Solís (1977)

Bressani y González (1977) obtuvieron resultados similares al alimentar pollos de quince días a diez semanas de edad con raciones que contenían niveles crecientes de pulpa de café tratada con 1 y 2% de metabisulfito de sodio. En general, al aumentar el nivel de pulpa de café en la ración se observó una disminución de la ganancia de peso y de la eficiencia de conversión del alimento. Sin embargo, no se presentó mortalidad en ninguno de los grupos experimentales, incluyendo aquellos cuya ración contenía hasta 30% de pulpa. Los autores concluyeron que si ésta es adecuadamente secada y tratada, puede incluirse en raciones para polluelos hasta en un 10% sin interferir con su crecimiento. Estos autores encontraron también que a medida que el nivel de pulpa de café aumentaba en la ración, el consumo de agua también aumentaba, observación que ya se había hecho en rumiantes y que, probablemente, se deba al efecto diurético combinado de la cafeína y los taninos en la dieta.

El tratamiento con metabisulfito no afectó el contenido de cafeína, pero sí aumentó los niveles de taninos y otros polifenoles tales como los ácidos caféico y clorogénico. El alcaloide y los taninos, individual o sinérgicamente, son probablemente los factores responsables del efecto detrimental observado al alimentar pollos con pulpa de café.

La cafeína ha demostrado afectar otras funciones, además del peso, en pollos. Los resultados de Ax y col. (1977) mostraron que la cafeína incorporada a niveles de 0,05 y 0,1% en raciones para gallinas ponedoras y para gallos tenía un efecto nocivo sobre la función reproductora. Aunque la fertilidad de los huevos incubados no difirió significativamente, hubo un aumento significativo en la mortalidad embrionaria a medida que el nivel de cafeína ascendió en la dieta. El porcentaje de embriones muertos en el grupo alimentado con el nivel más alto de cafeína fue de 38,2 comparado con 5,2 para el grupo control. Cuando se administró cafeína a gallos y se usó su semen para fertilizar huevos provenientes de gallinas a las que no se había administrado cafeína, se evidenció una disminución significativa de la fertilidad, y la mortalidad embrionaria fue alta pero no significa-

tivamente diferente de los controles. La producción de semen y la concentración de espermatozoos decreció marcadamente, y después de 30 días de recibir la dieta con cafeína, no se pudo coleccionar semen. Estudios histológicos de los testículos mostraron que la espermatogénesis estaba notoriamente alterada. Todos estos efectos demostraron ser reversibles al cabo de algún tiempo de eliminar la cafeína de la ración.

Los taninos también interfieren con la respuesta de los pollos cuando se incluyen en niveles tan bajos como 0,5% de la ración (Vohra y col. 1966). Niveles mayores han resultado en mortalidad. Chang y Fuller (1964) encontraron que la adición de metionina y colina disminuía la toxicidad de los taninos, al incorporar sorgos que contenían niveles altos de estos en raciones para pollos. Los mismos autores encontraron, sin embargo, que al usar tanino puro en la ración, la depresión del crecimiento sólo era parcialmente neutralizada por la adición de metionina y colina. Por otra parte, otros autores (Vohra y col. 1966) han encontrado que estos dos compuestos, metionina y colina, así como otros donadores de grupos metilo, no tienen efecto alguno sobre la toxicidad derivada del tanino. Además de depresión del crecimiento, algunos investigadores han encontrado un efecto depresor sobre la retención de nitrógeno, un aumento de los niveles de colesterol sanguíneo (Vohra y col. 1966) y una reducción en los valores de energía metabolizable (Vohra y col. 1966; Yapar y Clandinin 1972), pero hasta ahora no se ha informado efecto alguno de los taninos sobre la absorción de nitrógeno (Yapar y Clandinin 1972).

Los resultados conflictivos obtenidos en investigaciones con taninos eran de esperar, ya que el ácido tánico de distintas especies vegetales es una entidad química diferente y, por tanto, el grado de toxicidad y los efectos generales varían con la fuente de tanino usada. A pesar de ello, los diferentes estudios realizados en polluelos, concuerdan en cuanto a la conclusión de que la incorporación de taninos a la ración, cualquiera que sea el origen de éstos, resulta en una depresión del crecimiento.

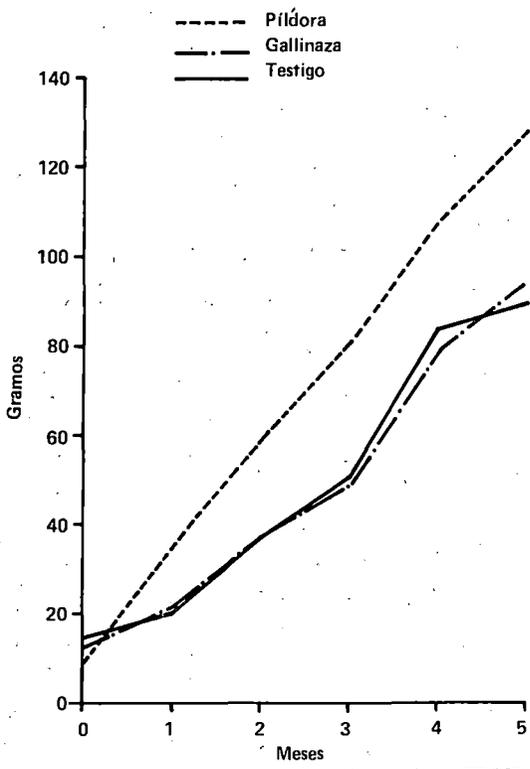
Ya que la pulpa de café contiene dos sustancias potencialmente tóxicas, la cafeína y los taninos, que individualmente han demostrado tener efectos tóxicos en pollos, es comprensible que su incorporación en raciones para estos animales interfiera con su comportamiento, más aun cuando el efecto sinérgico entre ambas sustancias tóxicas todavía se desconoce.

Pulpa de café en dietas para peces

Otra especie que podría contribuir significativamente con proteína de alta calidad a la dieta de los pobladores de países subdesarrollados es la de los peces. Si hasta ahora estos han jugado un papel marginal en algunos países, ello se debe a que su pesca y procesamiento requieren una tecnología costosa. Sin embargo, constantemente se desarrollan nuevas tecnologías que tienden a disminuir los costos y a introducir el pescado como un alimento regular en la dieta. Una de estas tecnologías es el cultivo de peces de agua dulce, no directamente en estanques sino en corrales de madera y plástico dentro de los estanques.

Una de las especies adaptables a esta clase de cultivos es la tilapia (*Tilapia aurea*). El Servicio Piscícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador (García y Bayne 1974) ha realizado estudios orientados hacia este propósito. Se utilizó un total de 6 corrales, dos para cada uno de 3 tratamientos que consistieron en un grupo control que no recibió ningún suplemento alimenticio, un grupo alimentado con gallinaza (estiércol de pollos más la cama) y un grupo alimentado con un alimento en forma de píldora (pellet) que contenía 30% de pulpa de café, más afrecho de trigo, maíz molido, melaza de ña, harina de semilla de algodón, úrea y harina de hueso. Los corrales fueron sembrados con 300 peces cada uno y el experimento tuvo una duración de 5 meses, tiempo necesario para que esta especie alcance el peso de mercado. Los resultados se muestran en la Figura 1. Los datos revelan que el aumento ponderal fue más alto en los animales alimentados con el concentrado que contenía pulpa de café que para cualquiera de los otros tratamientos. No se observó ninguna toxicidad, y el rendimiento total para el grupo alimentado con la fórmula con pulpa de café fue de 5.171 kg/ha/año comparado con 3.375 kg/ha/año para el grupo control y 2.789 kg/ha/año para el grupo que recibió gallinaza. La

Figura 1
Crecimiento promedio en gramos de *T. aurea*
en los tres tratamientos con corrales



Incap 77-307

pulpa de café fue totalmente digerida y aparentemente estos peces pueden tolerar niveles más altos de dicho subproducto agrícola que los pollos y otros animales monogástricos.

De los resultados que se comentan en este capítulo es evidente que, por el momento, no se puede emitir una aseveración categórica con respecto a la utilización de pulpa de café por animales monogástricos menores. No hay suficiente información experimental y se necesitan estudios adicionales para poder concluir con cierta autoridad acerca de las posibilidades de utilizar la pulpa de café en raciones para pollos y peces. Hasta ahora no se han determinado niveles de seguridad para estas especies, y el efecto de la cafeína y de los taninos, así como de la interacción entre éstos, todavía es un tema abierto para debate. Sin embargo, y a pesar de los resultados negativos informados en algunos de los artículos que aquí se discuten, la pulpa de café no puede ser completamente descartada como un posible componente de raciones para pollos y peces, más cuando la tecnología puede mejorar en buena medida su potencial como alimento. No existen, por ejemplo, datos relativos al efecto que el proceso de decafeinización pueda tener sobre el valor nutritivo de la pulpa para pollos; tampoco se sabe si la toxicidad del tanino presente en el café puede ser obviada por la adición de donadores de grupos metilo tal como la metionina y la colina. El procesamiento y la tecnología probablemente proporcionen la respuesta final a estos y otros interrogantes relacionados con la utilización de la pulpa de café en raciones para animales menores, como los que aquí se discuten.

Bibliografía

- AX, R. L. and J. R. Lodge. Effects of dietary caffeine on the reproductive performance of chickens. Illinois Research, Illinois Agricultural Experimental Station, University of Illinois, Number 4, 18-19, 1976.
- BRESSANI, R., E. Estrada, L. G. Elías, R. Jarquín y L. U. de Valle. Pulpa y pergamino de café. IV. Efecto de la pulpa de café deshidratada en la dieta de ratas y pollos. Turrialba 23: 403-409, 1973.
- BRESSANI, R. y J. M. González. Evaluación de la pulpa de café como sustituto del maíz en raciones para pollos de carne. Enviado a Archivos Latinoamericanos de Nutrición para publicación. 1977.
- CHANG, S. I. and H. L. Fuller. Effect of tannin content of grain sorghums on their feeding value of growing chicks. Poultry Sci. 43: 30-36, 1964.
- GARCIA R., Cecillo y D. R. Bayne. Cultivo de *Tilapia aurea* (Staindacher) en corrales de 100 m², alimentada artificialmente con gallinaza y un alimento preparado con 30% de pulpa de café. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General.
- MADDEN, DALE E. The value of coffee pulp silage as a feed for cattle. M. S. Tesis, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, Agosto 1948.
- SOLIS, Carlos. Evaluación química y nutricional de la pulpa de café adicionada de metabisulfito de sodio en pollos de engorde. B. S. Tesis.

- Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala, C. A., 1977.
- SQUIBB, R. L. and A. Falla. Effect of dried coffee pulp on growth and mortality of baby chicks. Reporte Trimestral (septiembre-diciembre 31) del Instituto Agropecuario Nacional, 1949.
- SQUIBB, R. L. Present status of dried coffee pulp and coffee pulp silage as an animal feedstuff. Instituto Agropecuario "La Aurora", Guatemala, 1950, 9 p.
- SQUIBB, R. L. and M. K. Wyld. Effect of Yuca meal in Baby Chick Rations. Turrialba, 1:298-299, 1951.
- VOHARA, P., F. M. Kratzner and M. A. Joslyn. The growth depressing and toxic effects of tannins to chicks. Poultry Sci. 45:135-142. 1966.
- YAPAR, Z. and D. R. Clandinin. Effect of tannins in rapessed meal on its nutritional value for chicks. Poultry Sci. 51:22-228. 1972.

Ensilaje de Pulpa de Café

Beatriz Murillo*

Introducción

La producción estacional y el alto contenido de agua de la pulpa de café hace difícil su manejo y aprovechamiento como alimento para el ganado bovino. Hasta el momento se carece de procesos mecánicos para deshidratar eficientemente las grandes cantidades de pulpa que se producen en los beneficios de café durante los 2 a 3 meses que dura la época de cosecha y el procesamiento del grano de café. Por otra parte, no es posible durante esa época utilizar los patios de secado de café para deshidratar la pulpa por acción de la radiación solar, ya que al beneficiador le interesa mucho más secar el grano de café.

Para poder aprovechar la pulpa de café en alimentación animal en cantidades comerciales es necesario, por lo tanto, emplear métodos de procesamiento que puedan ser aplicados independientemente del beneficiado del café y que, a la vez, mantengan o mejoren el valor nutritivo de la pulpa para el ganado sin aumentar excesivamente el costo del producto final.

Un proceso que ofrece grandes perspectivas de poder ser aplicado exitosamente, con el propósito antes mencionado, es el ensilaje. Este proceso es ampliamente conocido y utilizado para la conservación de forrajes producidos estacionalmente en fincas ganaderas. Consiste en la preservación de los forrajes, en su estado succulento, por medio de fermentaciones parciales (Barnett 1954). La fermentación es producida por bacterias en ausencia de aire, que actúan principalmente sobre los carbohidratos solubles que contienen las células vegetales. Durante el proceso de fermentación se producen ácidos, principalmente ácido láctico, que disminuyen el pH del material ensilado a niveles que impiden el desarrollo de nuevas bac-

*Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Programa de Nutrición Animal, INCAP

terias. De esta forma se previene la descomposición adicional del material, el cual puede preservarse así por períodos largos de tiempo.

El proceso de ensilaje ha sido descrito en forma exhaustiva por diferentes autores (Barnett 1954; Watson y Smith 1965). En general, puede decirse que es un proceso de tecnología simple que puede ser aplicado con relativa facilidad por beneficiadores de café y ganaderos. Esto permitiría almacenar la pulpa durante la época del beneficio del café, para utilizarla posteriormente ya sea en forma fresca o deshidratada. En este caso, la deshidratación al sol se podría efectuar utilizando los patios de secado que constituyen parte de la infraestructura ya existente en los beneficios y que no es utilizada la mayor parte del año.

En el presente trabajo se describen los métodos que han sido empleados para ensilar pulpa de café, los efectos de este proceso sobre la composición química de la pulpa, y su costo en comparación con otros procesos y otros materiales ensilados.

Elaboración de ensilaje de pulpa de café

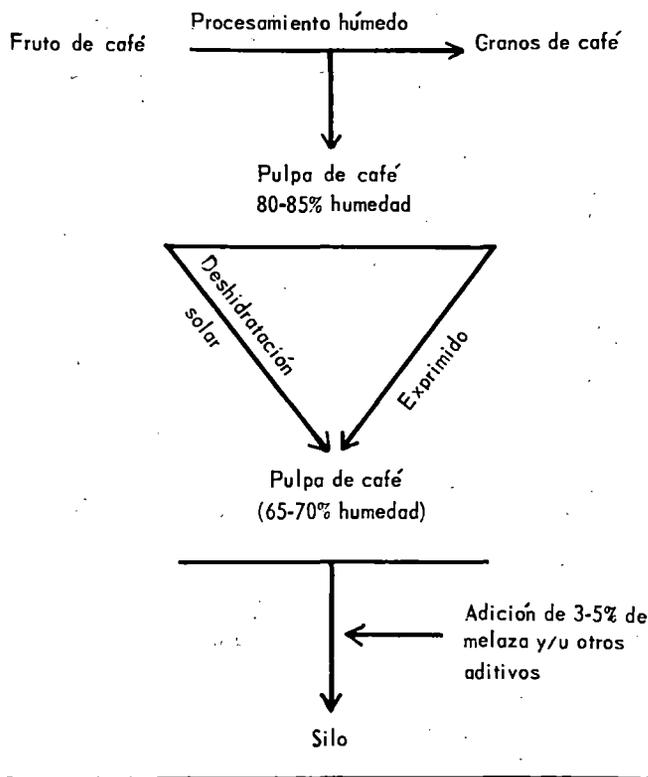
Procedimiento

El proceso que se sigue para ensilar pulpa de café se ilustra en la Figura 1. La pulpa que sale del beneficio contiene entre 80 y 85% de agua, cantidad que debe ser reducida a niveles de 65 a 70% para facilitar el manejo del material, mejorar la calidad del ensilaje y almacenar mayores cantidades de materia seca. Esto se logra exponiéndola al sol en capas delgadas por períodos de 4 a 6 horas, o bien mediante tolvas de escurrimiento o exprimidores que existen en algunos beneficios. Una vez alcanzado el nivel de humedad deseado, la pulpa puede ser ensilada sin ningún procesamiento adicional, con o sin el agregado de aditivos.

Bohkenfor y Fonseca (1974) compararon la calidad del ensilaje de pulpa de café procesada bajo tres formas distintas. Estas fueron recién cosechadas, prensadas, y parcialmente deshidratadas al sol. Con base en los parámetros de calidad de ensilaje utilizados, llegaron a la conclusión de que el mejor ensilaje se producía de pulpa fresca por ser la más abundante en azúcares fermentables. La pulpa prensada le siguió en calidad, siendo la deshidratada al sol la menos apta como material de ensilaje. Estos últimos resultados fueron confirmados en otro estudio informado por Rodríguez y col. (1974).

La pulpa ha sido ensilada utilizando silos subterráneos, ya sea de trinchera o de fosa. En ambos casos se procede en igual forma que cuando se ensila cualquier otro material, o sea llenándolo y apisonándolo gradualmente en capas, para asegurar una adecuada compactación y exclusión del aire (González 1973). Este autor ha indicado que una buena compactación para dar un buen ensilaje es aquella que lleva entre 60-65 lbs de pulpa por pie cúbico. Para los silos de trinchera se requieren construcciones especiales que aumentan el costo del ensilaje. Los silos de fosa, en cambio, se elaboran utilizando las fosas sanitarias de control que existen en los beneficios para almacenar la pulpa y evitar la contaminación ambiental. Las

Figura 1
Preparación de ensilaje de pulpa de café



Incap 76-124

dimensiones de estas fosas son muy variables, pero las que han sido utilizadas con éxito por Menjivar y col. (datos inéditos) miden de 6 a 8 m de ancho, de 12 a 15 m de largo y de 1,5 a 2,0 m de profundidad. Las paredes y el piso de estas fosas son de tierra, por lo que es necesario revestirlos con tela plástica para proteger el ensilaje de la contaminación de tierra y aire. Es necesario, además, abrir canales en el lugar de más bajo nivel del piso para facilitar el drenaje de los líquidos efluyentes. El ensilaje puede extenderse hasta una altura de 2 metros sobre el nivel del terreno en forma similar a los silos de parra, de tal manera que hasta un 60% del material se encuentra fuera de la fosa (Fotografía 1). Al igual que en el caso de los silos de trinchera, la superficie debe ser recubierta con tela plástica, zacate toco y una capa de tierra.

El costo de los silos de fosa es inferior al de los silos de trinchera, puesto que las fosas ya forman parte de las instalaciones del beneficio y requieren pocas modificaciones para ser empleadas como silos. Tienen la desventaja, sin embargo, de que en las épocas de gran precipitación pluvial las aguas de lluvia pueden llegar a filtrarse y arruinar el ensilaje.



Fotografía 1. Silos de fosa para pulpa de café

Por esto, si no conviene hacer inversiones adicionales para revestir las fosas de ladrillo o piedra, el ensilaje debe ser utilizado o deshidratado antes de que arriben las lluvias de mayor intensidad. La pulpa de café puede ser ensilada por sí sola o mezclada con otros forrajes de características químicas adecuadas para dar origen a ensilajes de buena calidad, tales como la planta de maíz. En ambos casos se prefiere agregar melaza de caña de azúcar para estimular la fermentación. Las cantidades de melaza que se emplean comúnmente varían entre 3 y 5% del peso fresco del material a ensilarse (González 1973).

Aditivos

Las materias primas para ensilar con bajo contenido de carbohidratos tienden a producir una elevación del pH debido a la presencia de amonio que se origina durante la fermentación de las proteínas (Barnett 1954).

La melaza es la fuente de carbohidratos más utilizada para ensilar, ya que debido a su alto contenido de azúcares solubles promueve un rápido desarrollo de las bacterias, y tiene además la ventaja de aumentar el valor nutritivo del ensilaje así como su digestibilidad y palatabilidad. La adición de melaza a la pulpa de café para ensilarla es del 3-5% de su peso fresco. Para adicionar la melaza se hace una dilución al 50% en agua.

El empleo de forraje para ensilar pulpa de café también resulta exitoso, debido a que éstos proporcionan una buena fuente de carbohidratos so-



Fotografías 2 y 3. Silos de fosa para pulpa de café

lubles (Daqui 1975). Entre los forrajes que se pueden emplear están las plantas de maíz o maicillo, cogollo de caña de azúcar, pasto napier, etc. Estos forrajes se pueden incluir en proporciones variables, pero para hacer un buen uso de la pulpa se recomienda que no excedan del 50% del total del material ensilado.

Otra forma de conservar el forraje dentro del silo consiste en adicionar ácidos. En este caso, el ácido no es producido por la fermentación sino agregado directamente en el momento de ensilar. Tal sistema puede definirse como "acidificación artificial del ensilaje" (Virtanen 1933). Este método es aplicable a forrajes de bajo contenido de materia seca, 16 a 20%.

También como aditivo para ensilar pulpa de café, se ha empleado el metabisulfito de sodio, que actúa como inhibidor ya que produce anhídrido sulfuroso que detiene o dificulta el desarrollo de microorganismos indeseables (Barnett); este aditivo se emplea a niveles de 0,3%. Estudios realizados por Jarquín y Bressani (1976), indicaron que el ensilaje de pulpa de café con este aditivo aumenta el contenido de taninos libres de 2,0 a 3,1 por romper el complejo tanino proteína (Murillo y col. 1977).

Otros investigadores han estudiado el efecto de otros aditivos. Por ejemplo, Bohkenfor y Fonseca (1974) estudiaron el efecto de la adición de 2% de CaCO_3 más 1% de CaHPO_4 a la pulpa de café para ensilar, efectuando los análisis evaluativos a los dos meses. Los autores concluyeron que los aditivos no mejoraron la calidad del ensilado en la forma en que fueron adicionados.

Cambios químicos que se efectúan en la pulpa de café durante el ensilaje

El efecto de la fermentación sobre la composición química de la pulpa de café ha sido estudiado por Choussy (1944), Jaffé y Ortiz (1952) y Bressani y col. (1972). Los tratamientos aplicados y los resultados obtenidos por estos investigadores aparecen en el Cuadro No. 1. Los datos proporcionados muestran diferentes efectos de la fermentación sobre los distintos componentes químicos de la pulpa. Esto podría deberse a diferencias en la materia prima utilizada y a los tratamientos aplicados. En todo caso llama la atención la disminución en el contenido de cafeína producida por la fermentación aeróbica en los trabajos de Jaffé y Ortiz (1952) y Bressani y col. (1972).

Rubio y Pineda (1973) compararon la composición química proximal por el método de Weende de pulpa fresca, pulpa fresca inoculada con levadura, y pulpa obtenida de fosos de descomposición. Los resultados obtenidos con el análisis de Weende mostraron que no se encuentran diferencias marcadas en el contenido de las fracciones químicas analizadas entre la pulpa fresca y la pulpa ensilada. La pulpa fresca inoculada con la levadura mostró un incremento de nitrógeno así como una disminución en fibra.

Murillo y col. (1976) identificaron y cuantificaron los cambios físicos y químicos que ocurren al ensilar pulpa de café juntamente con melaza y forraje en silos de laboratorio. Las mezclas de pulpa, melaza y forraje que

Cuadro No. 1

VARIACION EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA DE
CAFE ENSILADA

	Choussy	Jaffé y Ortiz (1952)	Bressani y col. (1975)
	Ensilada 10 meses	Fermentación aeróbica, 3 días	Fermentación aeróbica
% de la materia seca			
Extracto etéreo	1,7	1,8	2,8
Fibra cruda	13,2	32,1	22,4
Proteína	11,2	15,2	11,6
Cenizas	6,9	13,3	9,5
Extracto libre de nitrógeno	66,0	36,6	53,1
Cafeína	0,9	0,8	0,6
Taninos	—	1,0	—

fueron ensiladas y los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro No. 2. Las pérdidas totales fueron inferiores en los ensilajes que contenían únicamente pulpa de café (EPC). Es posible que las mayores pérdidas observadas en el ensilaje de pulpa de café y pasto Napier (EPCN) y en el de pulpa de café y planta de maíz (EPCM) se hayan debido a un mejor aprovechamiento de los materiales por parte de los organismos fermentativos, lo que indujo disminuciones importantes en el porcentaje de materia seca. El pH de los tres primeros ensilajes excedió el límite máximo (4,2) que se considera apropiado para producir un buen ensilaje (Watson y Smith, 1965); sin embargo, la apariencia y el color de todos los ensilajes fueron característicos de una fermentación anaeróbica adecuada (Braham y col.

Cuadro No. 2

CARACTERISTICAS DE FERMENTACION DEL ENSILAJE
DE PULPA DE CAFE SOLO Y/O CON PLANTA DE MAIZ O PASTO NAPIER*

Características	Ensilaje		
	EPC	EPCN	EPCM
Tiempo de ensilaje, días	141	140	132
Peso total:			
Diferencia, kg	1,1	4,3	4,3
% perdidos en líquidos de drenaje	4,8	18,9	23,2
pH	4,3	4,1	3,8

* Silos de laboratorio

EPC: Ensilaje de pulpa de café
EPCN: Ensilaje de pulpa de café y pasto napier
EPCM: Ensilaje de pulpa de café y planta de maíz

1973, Squibb 1945, 1950). Las mejores características del EPCN y del EPCM en comparación con EPC se debieron a que tanto el pasto napier como la planta de maíz aportaron mayores cantidades de compuestos químicos susceptibles de fermentación que la pulpa (Cuadro No. 3). Como resultado del proceso de fermentación en los tres ensilajes se produjo un descenso en la concentración de materia seca, contenido celular y carbohidratos solubles, así como un incremento de las paredes celulares y sus componentes al igual que la proteína. La magnitud de estos cambios estuvo en relación directa con las pérdidas de materia seca mencionadas.

Cuadro No. 3

CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LA PULPA DE CAFE ENSILADA CON PASTO NAPIER Y PLANTA DE MAIZ

Componentes	Ensilajes		
	EPC	EPCN	EPCM
Materia seca	33,2	30,1	20,1
Composición de la MS			
proteína	13,8	9,4	8,1
extracto etéreo	2,2	2,1	2,6
fibra cruda	20,0	34,0	26,1
cenizas	10,9	9,8	9,9
extracto libre de N	43,1	44,7	53,3
Contenido celular			
CHO solubles	0,3	1,8	2,8
paredes celulares	61,2	63,2	50,2
Hemicelulosa	0,4	8,0	7,0
Lignina	29,5	22,5	15,7
Celulosa	30,0	30,0	24,9
Cafeína	0,6	0,3	0,4
Taninos	2,4	1,5	1,2

Respecto al contenido de cafeína en los ensilajes de EPCN y EPCM, ésta se redujo aproximadamente al 50% del contenido de cafeína que contiene el EPC. Este efecto se debió a la acción diluyente que tienen tanto el pasto napier como la planta de maíz sobre la pulpa de café.

Al ensilar pulpa de café con planta de maíz en la proporción 60:40 base húmeda en silos de trinchera, Daqui (1975) encontró un pH de 3,8 que indica una fermentación adecuada ya que se produjo un ensilaje de buena apariencia y color. Los niveles de cafeína y taninos dependieron de la cantidad de estos compuestos presentes en la pulpa de café y del mismo orden que las informadas por Bressani y col. (1972) y Estrada (1973).

Al ensilar pulpa de café en silos de laboratorio sin aditivo, con 10% de melaza, con solución al 10% de ácido clorhídrico y sulfúrico, siguiendo la metodología de Virtanen y con la mezcla de ácido más 10% de melaza, Mu-

rillo (1974) encontró que el porcentaje de pérdida en el silo es de 26,8% cuando se le adiciona mezcla de ácidos a la pulpa de café (Cuadro No. 4). Los contenidos celulares de la materia seca fueron de 66 a 67,5% para los tratamientos que contenían 10% de melaza. La proteína cruda fue mayor para la pulpa sola y pulpa más ácido. El contenido de cafeína disminuyó con la presencia de aditivos. El contenido de taninos del ensilaje no se alteró con los aditivos. El pH fue menor para los ensilajes que incluyeron la mezcla de ácidos.

Del ensilaje obtenido en silos de fosa cabe resaltar que el pH es de 4,2 y las características de olor y color son de excelente calidad para ensilajes de pulpa de café; asimismo, el contenido tanto de taninos como de cafeína, compuestos considerados como tóxicos para el ganado, disminuyeron no-

Cuadro No. 4

COMPOSICION QUIMICA DEL ENSILAJE DE PULPA DE CAFE SOLA Y/O
CON MELAZA Y MEZCLA DE ACIDOS

	P.C.	P.C. melaza	P.C. ácidos	P.C. m + A
Tiempo de ensilaje (días)	90	90	90	90
Peso total				
inicial, kg	22,0	22,0	22,0	22,0
final, kg	18,5	17,4	16,1	17,6
diferencia, kg	3,5	4,6	5,9	4,4
pérdida, %	15,9	20,9	26,8	20,0
Composición de la M.S.				
Contenido celular, %	55,9	66,0	58,5	67,5
Paredes celulares, %	41,1	24,0	41,5	32,5
Hemicelulosa, %	3,0	2,7	2,8	2,9
Celulosa, %	19,4	15,2	19,7	14,2
Lignina, %	20,5	14,6	17,7	14,0
Proteína cruda, %	10,6	9,0	10,8	9,2
Proteína lignificada, %	4,1	3,0	3,5	2,9
Cafeína, %	0,7	0,5	0,5	0,5
Taninos, %	1,6	1,6	1,6	1,5
pH	4,3	4,1	3,7	3,8
Composición de los líquidos de drenado				
Azúcares solubles, g/lt	22,0	21,4	15,1	19,3
Cafeína, g/lt	2,2	2,7	3,4	3,2
Taninos, g/lt	3,7	3,1	3,1	4,0

PC: Pulpa de café

PC/melaza: Pulpa de café + 10% de melaza

PC/ácidos: Pulpa de café + 10% de mezcla de ácidos
(sulfúrico y clorhídrico 50:50 al 10%)

PC/M + A: Pulpa de café + melaza + ácidos

tablemente (Cuadro No. 5). Esta disminución se debe a que ambos compuestos son solubles en agua y se pierden en los líquidos de drenado (Muriillo 1974). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca disminuyó de 67,8 para la pulpa sin ensilar, a 61,7.

Cuadro No. 5

CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA DE CAFE
ENSILADA EN SILOS DE FOSO

	Pulpa original	Pulpa ensilada
	% de la materia seca	
Materia seca	17,4	19,7
Paredes celulares	48,0	55,2
Proteína cruda	12,2	13,9
Proteína lignificada	4,5	6,1
Cafeína	0,9	0,6
Taninos	1,6	1,3
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	67,8	61,7
pH	5,6	4,2

Valor nutritivo del ensilaje de pulpa de café

Aunque este tema ha sido presentado más ampliamente en otros capítulos de esta monografía, en particular en el de rumiantes y en el de cerdos, discutiremos aquí información adicional. Como ya se indicó anteriormente (Capítulo 4), el valor nutritivo de la pulpa de café ensilada induce mejor comportamiento en terneros, tanto en aumento de peso como en eficiencia alimenticia, que cuando son alimentados con pulpa de café deshidratada al sol (Cabezas y col. 1976). Sin embargo, existe cierta discrepancia ya que este efecto no ha sido consistente en todos los casos (Braham y col. 1973). A pesar de esto, puede aseverarse que la pulpa de café ensilada no es nutricionalmente peor que la pulpa fresca deshidratada, y es posible que en aquellos casos en que no se haya podido demostrar la superioridad nutritiva de la pulpa ensilada, sea debido al proceso posterior que ella recibe al ser deshidratada al sol. Durante este proceso, la pulpa que sale de los silos con su color natural se vuelve de color negro sugiriendo reacciones de empardamiento enzimático.

En el caso de cerdos (Capítulo 5), la evidencia hasta ahora obtenida indica que no existe diferencia en calidad nutritiva entre pulpa de café deshidratada al sol y pulpa ensilada deshidratada al sol. Asumiendo que la ensilada es superior, la diferencia puede ser atribuida, como se indica anteriormente, al empardamiento enzimático que ocurre durante la deshidratación. Es importante, por consiguiente, comprobar este punto en experimentos posteriores.

Estudios recientes en ratas (Bendaña 1977), demostraron que la pulpa ensilada es superior a la pulpa deshidratada, con base en mortalidad, aumento en peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia. El Cuadro No. 6 resume datos que demuestran que a un nivel constante de pulpa de café de 30% con niveles protéicos en la dieta de 10, 15, 20 y 25%, existe menor mortalidad y mejores aumentos de peso que con la pulpa ensilada a cualquier nivel de proteína dietética. Por consiguiente, la mayor parte de la evidencia obtenida en las diferentes especies animales utilizadas, parece indicar que la pulpa de café ensilada es de calidad nutritiva superior a la pulpa deshidratada. Sin embargo, es conveniente realizar más estudios para determinar si el proceso de deshidratación de la pulpa de café ensilada reduce su potencial nutritivo.

Cuadro No. 6

EFFECTO SOBRE LA MORTALIDAD Y AUMENTO EN PESO DE RATAS ALIMENTADAS CON PULPA DE CAFE FRESCA Y PULPA ENSILADA DESHIDRATADA

Nivel de proteína en dieta	Nivel de pulpa de café	Mortalidad		Aumento en peso	
		P.F.*	P.E.**	P.F.*	P.E.**
10	30	62,5	12,5	-12	18
15	30	12,5	0	34	74
20	30	25,0	0	66	113
25	30	37,5	12,5	72	126

* Pulpa fresca ** Pulpa ensilada

Costos del ensilaje de pulpa de café

Para establecer los costos del ensilaje de pulpa de café, conviene tomar en cuenta dos aspectos importantes. La naturaleza de la materia prima y el costo del procesamiento como ensilaje.

La pulpa de café, material que abunda en los países productores de café, comúnmente ocasiona problemas de contaminación ambiental. Su utilización como abono para los suelos así como su empleo por la industria es limitado, por lo que se considera como un desecho agrícola de bajo valor comercial. Es por este motivo que su empleo eficiente en la alimentación animal la convertiría en nueva fuente de riqueza, al contribuir de esta forma al incremento de la producción de alimentos de alto valor nutritivo para la población humana. En este sentido, la elaboración de ensilaje y su empleo como alimento para ganado ofrece buenas perspectivas, tanto por las facilidades tecnológicas que implica su preparación como por su valor nutritivo adecuado (Cabezas y col. 1974; Bressani 1975; Braham y col. 1973; Jarquín y col. 1973; Flores 1973; Daqui 1975).

El costo del ensilaje de pulpa de café, por tonelada, se presenta en el Cuadro No. 7. Estos costos han sido determinados para silos de fosa localizados a una distancia de 3 km del beneficio de café. El costo total por tonelada de ensilaje fresco bajo estas condiciones es de \$3,64 dólares, siendo el costo de la materia prima de \$2,00 y el del procesado de \$1,64.

Cuadro No. 7

**COSTO POR TONELADA DE ENSILAJE DE PULPA DE CAFE ELABORADO
EN SILOS DE FOSO**

(Costo en \$(USA))

Pulpa fresca	2,00
Transporte	1,00
Tela plástica	0,20
Melaza	0,26
Llenado*	0,05
Tapado de silo**	0,13
Total	3,64

* Costo horas hombre

** Costo de la tierra para cubrir el silo

En el Cuadro No. 8 se presenta el costo de 100 kg de nutrientes de la pulpa de café ensilada, en comparación con el de algunos de los forrajes más comunes en Centroamérica. Puede apreciarse que la pulpa de café ensilada compite en precio, por 100 kg de materia seca, con la planta de sorgo ensilada y con las puntas de caña de azúcar. Respecto a proteína cruda, resulta ser la fuente más barata de este nutriente. En nutrientes digeribles es similar a la planta de sorgo ensilada, siendo en resumen un forraje de bajo costo y buenas perspectivas para empleo en la alimentación de ganado.

Cuadro No. 8

**COSTO COMPARATIVO DE NUTRIENTES DE LA PULPA DE CAFE
ENSILADA Y DE OTROS FORRAJES**

Forraje	Costo en \$ (USA) por 100 kg de nutrientes			
	Material original	Materia seca	Proteína cruda	Nutrientes digeribles totales
Pulpa de café ensilada	0,36	1,64	15,58	3,64
Planta de maíz ensilada	0,60	2,40	38,10	4,21
Planta de sorgo ensilada	0,50	1,67	25,69	3,04
Cascarilla de algodón	2,50	2,77	48,73	6,94
Harina de algodón	10,00	11,11	27,10	15,22
Puntas de caña de azúcar	0,45	1,43	62,17	2,70
Melaza	2,00	2,60	61,84	2,71

Conclusiones

Con base en las consideraciones precedentes, se puede concluir que el ensilaje constituye un proceso de características más apropiadas para aplicación en la conservación de la pulpa de café con el fin de emplearla como alimento para el ganado. Sin embargo, para tener éxito en esta empresa y

obtener un alimento de buena calidad, es necesario someter la pulpa al tratamiento que amerita todo alimento. Es imposible obtener un alimento de buena calidad si la pulpa se trata como un desecho, sin tomar en cuenta que, al igual que todo alimento, requiere un proceso adecuado que se ajuste a normas estrictas de calidad. Si esto no se hace, la pulpa adquirirá características indeseables con lo que afectará negativamente la productividad animal.

Bibliografía

- BARNETT, A. J. G. Silage Fermentation. New York, Academic Press Inc. 1954.
- BENDAÑA García, G. Efecto de tratamientos alcalinos por remojo o por contacto sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca o ensilada. Tesis (M.S.) CESNA/INCAP, Guatemala. 1977.
- BOHKENFOR, B., y H. Fonseca. Calidad de ensilado con pulpa de café conteniendo diferentes niveles de humedad y varios aditivos. p. 41. Informe Final. Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1974.
- 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. Latinoamericanos Nutr., 23:379-388. 1973.
- BRESSANI, R. E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la pulpa de café. Turrialba, 22(3); 229-304. 1972.
- BRESSANI, R. Use of coffee processing waste as animal feed and industrial raw material. Trabajo presentado al IFT. Reunión Anual, llevada a cabo en Chicago, III., 8-12 junio/75. Guatemala INCAP, 1975.
- CABEZAS, M. T., B. Murillo, R. Jarquín, J. M. González. E. Estrada y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VI. Adaptación del ganado bovino a la pulpa de café. Turrialba, 24(2) 160-167. 1974.
- CABEZAS, M. T., E. Estrada, B. Murillo, J. M. González y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. XII. Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo de la pulpa de café para terneros Arch. Latinoamer. Nutr. 26:203-215. 1976.
- CHOUSSY, F. La pulpa de café como alimento para el ganado. Bol. Instituto Tecnológico de El Salvador, 1:1-15, 1944.
- DAQUI, L. E. Características químicas y nutricionales de la pulpa de café ensilada con pasto napier y planta de maíz. Tesis (M.S.) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - INCAP/CESNA, Guatemala, 1975.
- ESTRADA, E. Cafeína y taninos como factores limitantes en el uso de la pulpa de café en la alimentación de terneros. Tesis (M.S.) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - INCAP/CESNA, Guatemala, 1973.
- FLORES, F. Respuesta bioeconómica de novillos de engorde con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína. Tesis (M.S.) Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 1973.

- GONZALEZ, J.-M. Boletín informativo de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP. VIII. Preparación de ensilaje de pulpa de café. AGA: 16-19, 1973.
- JAFFE, R. y D. S. Ortiz. Notas sobre el valor alimenticio de la pulpa de café, AGRO. (Venezuela), 23: 31-37, 1952.
- JARQUIN, R., y R. Bressani. Chemical characteristics of coffee pulp without seeds and its use in swine feeding. Presentado en el Primer Simposium International Feed Composition, Animal Nutrient Requirements, and Computerization of diets. Utah State University, Logal, Utah. July 11-16, 1976.
- JARQUIN, R., 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): 41-47, 1973.
- MADDEN, D. E. The value of coffee pulp silage as a feed for cattle. Tesis (M.S.) Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, 1948.
- MURILLO, B., M.T. Cabezas, R. Jarquin y R. Bressani, Effect of Bisulfite addition on the chemical composition and cellular content fraction of dehydrated coffee pulp. Submitted for publication. 1977.
- MURILLO, B., L. Daqui, M. T. Cabezas y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. XI. Características químicas de la pulpa de café ensilada con pasto Napier (*Penisetum purpureum*) y planta de maíz (*Zea mays*). Arch. Latinoamer. Nutr. XXVI, 33-45-1976.
- MURILLO, B. Composición química y fraccionamiento de los componentes celulares de la pulpa de café ensilada con aditivos. In: 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.
- RODRIGUEZ, 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 ensilaje. Informe Final. Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales. p. 42. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 1974.
- RUBIO, J. y J. Pineda N. Composición química y digestibilidad in vitro de la pulpa de café. Cenicafé 24; 61-76, 1973.
- SQUIBB, R. L. El ensilaje de pulpa de café en el engorde de becerros. La Hacienda (U.S.), 40:438-441, 1945.
- SQUIBB, R. L. Present status of dried coffee pulp and coffee pulp silage as an animal feedstuff. Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional, 1950 (Bol. No. 19).
- WATSON, S. J. y A. M. Smith. El ensilaje. México, Compañía Editorial Continental, S. A. 1965.
- VIRTANEN, A. I. The AIV method of processing fresh fodders. Empire J. Expt. Agr. 1:143-155, 1955.

Secado de Pulpa de Café

Mario R. Molina*

Introducción

Al considerar la utilización de la pulpa de café debemos tomar en cuenta varios aspectos. Primero, la pulpa de café es un subproducto de la cereza que se encuentra disponible en grandes cantidades en tiempo de cosecha y procesamiento para la obtención del grano del café, el cual hasta ahora representa el producto de mayor valor. Segundo, como se ha indicado en capítulos previos, la pulpa de café tiene un contenido de humedad relativamente alto (65 a 85% en base húmeda). Tercero, el uso más inmediato de la pulpa de café hasta el momento es como ingrediente de raciones para animales rumiantes y/o monogástricos (Bressani 1965, Bressani y col. 1963, Cabezas y col. 1964, Carew y col. 1967, Jarquín y col. 1963, 1964, Robayo 1961, Rosales 1973). Finalmente, el productor animal no es necesariamente un procesador de café, ni tampoco las facilidades de producción animal están generalmente en el mismo sitio que la industria procesadora de café.

De lo anterior es evidente que se requiere una operación de secado de la pulpa de café para abolir los altos costos de transporte involucrados en mover agua del sitio de procesamiento de café a la localidad de producción animal, esto sin mencionar la alta probabilidad de contaminaciones microbiológicas. Sin embargo, la deshidratación de la pulpa de café no es tan sencilla como aparenta. Primero, debe indicarse que el proceso debería ser tan económico como fuera posible, de tal forma que el costo del subproducto en su forma seca pueda competir favorablemente con el constituyente o los constituyentes de la ración animal que vaya a reemplazar.

La operación de secado tiene que llevarse a cabo en el sitio de procesamiento de café, donde cualquier mejora y/o inversión de secado estaría

*Coordinador del Programa de Tecnología de Alimentos, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.

preferencialmente dirigida hacia el grano de café, producto principal del cafeto. Así pues, una alternativa para el "almacenaje" y secado de la pulpa de café después de procesar el grano, utilizando en lo posible las mismas facilidades, sería tal vez considerada favorablemente por el procesador de café. Entre estas alternativas la más prometedora es el ensilaje, discutido en otra sección de este trabajo. Sin embargo, cuando se considera el secado de un producto ensilado (alrededor de 70% de humedad), hay que tomar en cuenta tanto los "aditivos" al ensilaje (melaza), como los cambios que ocurren durante la fermentación en esa operación, los cuales pueden resultar en un producto de características de secado completamente diferentes a las presentadas por la materia prima original.

En este capítulo se discutirán las características de secado de la pulpa de café y aquellas tecnologías de secado consideradas más apropiadas para este propósito, se hará mención específica cuando el material ha recibido un tratamiento o proceso antes del secado.

Características del secado de la pulpa de café

Muy poco se ha informado en la literatura respecto a las características básicas del secado de la pulpa de café. Molina y col. (1974a, b) encontraron que usando un horno de convección con una temperatura de aire entrante de 75°C y una velocidad de aire de 2,47 m/segundo, la humedad de la pulpa de café podría reducirse de 70% a 12% (en base húmeda) a un grado constante de 1,6 kg de agua/kg de materia seca/hora, cuando se usa una carga de 454 g (una libra) o 908 g (dos libras) de material húmedo (85% de humedad) por 0,09 m² (1 pie²). Los autores indicaron que la reducción de humedad de 85 a 70% ocurría durante el período de secado conocido como período de calentamiento, mientras que la reducción de 70 a 12% de humedad ocurría durante el período de secado de grado constante. El período de secado por difusión se manifestó hasta que el material había alcanzado 6% de humedad, punto en el cual el período de secado de grado decayente, que promedió 0,12 kg agua/kg de materia seca/hora, terminó. De estos resultados es evidente que el secado de pulpa de café hasta un 10 a 15% de humedad, nivel considerado necesario para su estabilidad microbiológica, puede alcanzarse a través de un período de secado constante lo que indica que la pulpa de café se comportó como un material muy noble para secar.

Recientemente, observaciones en nuestros laboratorios han indicado que las características de secado de la pulpa de café señaladas arriba no son ciertas cuando se utiliza aire con temperatura mayor de entrada (170 a 200°C). En este caso, el período de secado de grado constante parece proporcionar un producto con un contenido de humedad cercano al 40 ó 45%. Estas observaciones son indicativas de un posible efecto de temperatura sobre el comportamiento de secado de la pulpa, o bien, dado que las muestras usadas fueron diferentes y posiblemente provenían de diferentes localidades, no puede excluirse un posible efecto de la muestra en sí (altura sobre el nivel del mar a la cual fue cultivado el café, grado de madurez de la cereza del café, prácticas agrícolas, tiempo de almacenaje antes de ser procesado el café en cereza, grado de fermentación, etc.) sobre sus caracte-

rísticas de secado. Ambos efectos deben ser todavía estudiados con más detalle a fin de determinar el mecanismo de esta variación. Las implicaciones de estos estudios son considerables pues se ha encontrado que a medida que la temperatura del aire de secado aumenta, la concentración de proteína soluble y no citoplasmática (lignificada) de la pulpa también aumenta (Ruiz y Valente 1974). Así pues, es dudoso que una temperatura de aire entrante, mayor de 125 a 150°C para el secado de la pulpa de café en un secador tipo "batch" sea nutricionalmente recomendable si esa temperatura va a decrecer significativamente el período de secado de grado constante, aumentando así proporcionalmente el tiempo de retención del material en el secador.

Molina y col. (1974, 1976), usaron un secador de bandeja de túnel vertical con arreglo a contracorriente, una temperatura de aire entrante de 75°C, y una carga de 681g/0,09 m² (1,5 libras/pie²), y mostraron a través del Método Análogo de Van Arsdel (Van Arsdel 1963) que con un secador y condiciones de secado similares, serían necesarias 10 bandejas de 7,2 m² cada una para obtener una producción estimada de 824 kg de material seco por 24 horas.

Usando una carga de 1.136 g/0,9 m² (2,5 libras/pie²) y una temperatura de aire entrante de 120°C, los mismos autores informaron que podría obtenerse una producción estimada de hasta 477 kg de material seco en 24 horas en un área total de secado tan pequeña como 5,6 m². Considerando que las velocidades volumétricas de aire usadas por Molina y col. (1974b) fueron relativamente pequeñas (4,5 a 5,0 m³/segundo), estos datos indican de nuevo la relativa facilidad de secado de la pulpa de café a la temperatura y condiciones previamente mencionadas. La composición química general (Cuadro No. 1) de la pulpa secada mecánicamente, no mostró ninguna variación apreciable de la muestra fresca cuando se comparan con un contenido de humedad similar (Molina y col. 1974b).

Cuadro No. 1

COMPOSICION PORCENTUAL DE LA PULPA DE CAFE FRESCA,
Y DESHIDRATADA A 120°C

Componentes	Pulpa fresca	Pulpa deshidratada
Agua	81,21	5,11
Extracto etéreo	0,72	4,61
Fibra cruda	2,79	15,87
Proteína (N x 6,25)	2,31	12,22
Cenizas	1,29	7,91
Cafeína	0,28	1,31
Taninos	—	2,60
Acido clorogénico	—	2,71
Acido caféico	—	0,30
Azúcares solubles totales	—	9,08

Tecnologías de secado aplicables a la pulpa de café

Investigando posibles tecnologías de secado aplicables a la pulpa de café, tanto desde el punto de vista técnico como económico, se ha seleccionado un total de cinco sistemas de secado, a saber: secador de pilas, secado al sol, secador de túnel, secador de bandas, y secador rotativo (Molina y Avendaño 1976).

Considerando el secador de pilas como una posible alternativa, es necesaria más investigación para determinar el grado de comprensibilidad de la pulpa de café y, con ello, el diseño más adecuado y las limitaciones de capacidad de este tipo de secador en lo que respecta a esta pulpa. Cuando se consideraron las otras cuatro tecnologías de secado bajo una base similar de capacidad que era remover 52.163 kg de agua en 8 horas, que es la cantidad de agua necesaria de remover para secar 63.503 kg (140.000 libras) de pulpa de café (85% de humedad) para la producción de 11.340 kg (25.000 libras) de producto seco (10% de humedad en base húmeda) en el mismo período, los autores (Molina y Avendaño 1976) llegaron a las siguientes conclusiones técnicas y económicas:

Secado al sol

El área requerida para efectuar el secado al sol de la cantidad de pulpa de café previamente establecida, en un ambiente de 60 a 65% de humedad relativa se presenta en el Cuadro No. 2. Asimismo, el tiempo de secado estimado para la carga total (8 días), la carga por metro (22,7 kg ó 50 libras) y los costos fijos y operacionales (13 hombres/día) estimados con base en los precios y salarios estándares de Guatemala también se detallan en el cuadro. Como puede apreciarse, el área total estimada necesaria tiene una capacidad de 8 veces 73.504 kg de pulpa fresca, lo que se hizo con la intención de guardar un grado de producción de 11.300 kg de producto seco por día. El tiempo estimado de secado (8 días) está por encima del prome-

Cuadro No. 2

DATOS TECNOLOGICO-ECONOMICOS DEL SECADO AL SOL PARA UNA PRODUCCION DE 11,350 kg DIARIOS DE PULPA DE CAFE SECA*

Componente	Dato calculado	Costo (en \$CA)
Carga	22,7 kg por m ²	
Tiempo de secado**	8 días (promedio)	
Area total	22.400 m ²	
Costo de inversión	—	112.000,00****
Costos operacionales***	13 hombres/día	52,00/día****

* Considerando la pulpa húmeda con un 85% de humedad y el producto seco con 10% de humedad.

** Datos obtenidos de personeros de Anacafé, Guatemala. El dato promedio alto fue usado para estos cálculos.

*** Sólo se consideran costos de operarios, no de mantenimiento, administración, etc.

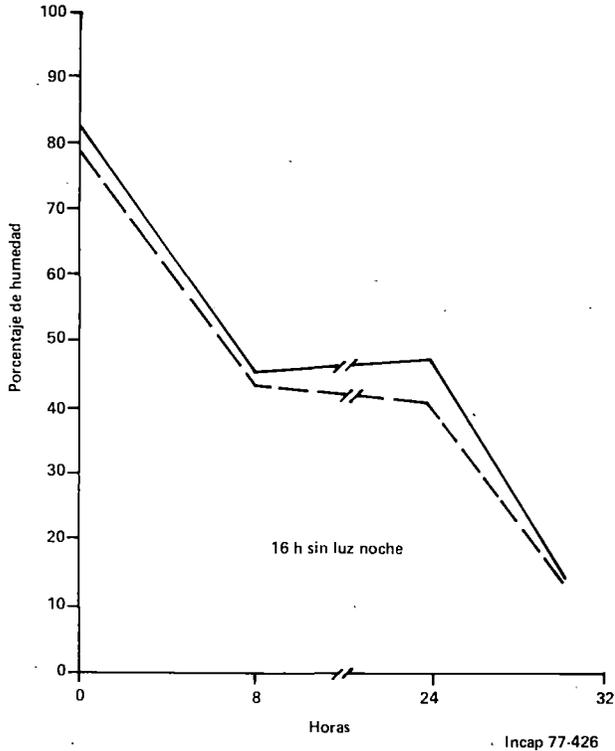
**** Considerando un tiempo de vida promedio de 10 años para el patio de secado, ambos costos representan una sobrecarga de \$CA 0,33 por quintal que producto seco.

Tomado de: Molina y Avendaño (1976).

dio alto obtenido en la práctica (Asociación Nacional del Café (ANACAFE), Guatemala, comunicación personal).

Resultados experimentales obtenidos durante tiempo bueno y seco indican que la pulpa de café está prácticamente seca (10 a 15% de humedad) después de dos días o 16 horas de exposición al sol (Figura 1). Sin embargo, considerando que los patios que se usan para el secado de la pulpa pueden ser preferencialmente usados (durante buenas condiciones climáticas) para el secado del grano de café, el período de 8 días podría representar un promedio alto realista. Este factor da como resultado un costo fijo de inversión relativamente alto (US\$112.000) cuando se considera el costo del patio de secado a un promedio de US\$5,00/m² (US\$0,10/m² como costo de tierra y US\$4,90 como costos de construcción). Sin embargo, los costos operacionales parecen ser relativamente bajos (US\$52,00/día a un grado de US\$40,00/hombre-día).

Figura 1
Deshidratación solar de la pulpa de café



Considerando un tiempo de vida promedio de 10 años para el patio de secado, éste añadiría aproximadamente US\$30,68/día al costo del producto. Así pues, el costo total (operacional y fijo) por 100 kg de producto vendría a ser US\$0,73. Otros componentes del costo tales como administración, facilidades de edificio y similares no fueron tomados en cuenta ya que

se consideró que éstos podrían ser absorbidos, en su mayoría, por el sistema ya desarrollado por el procesador de café para el grano de café. Debe subrayarse que los costos de producción citados aquí están de acuerdo con aquéllos obtenidos en experiencias industriales pequeñas para la producción de pulpa de café seca en El Salvador.

A pesar de que los costos de producción citados para el secado de la pulpa de café al sol parecen ser económicamente atractivos, debe indicarse que ellos son dependientes en gran parte de las fluctuaciones y condiciones climáticas del lugar escogido para efectuar tal operación de secado. Aun más, bajo condiciones climáticas malas, se ha informado de tiempos de secado de hasta quince días para el grano de café (ANACAFE, información personal); este factor podría incrementar considerablemente las posibilidades de un deterioro microbiano de la pulpa, el cual a su vez podría afectar adversamente la calidad general del producto y su posible utilización como un alimento para animales.

Secadores de túnel a contracorriente

El área de secado total (basada en secadores comerciales de 6,5 m de longitud con 7 carros/túnel y 50 bandejas, de 0,84 m²/bandeja o 3 x 3 pies por carro), número de secadores de túnel, costo por unidad y costo de inversión total para el secado de 63.504 kg de pulpa de café fresca (85% de humedad) en 6 horas, se presenta en el Cuadro No. 3. Esto permitiría dos horas diarias para la operación de carga y descarga, limpieza, etc. Las condiciones operacionales para las estimaciones indicadas fueron:

Velocidad de aire	82,3m/minuto (260 pies/minuto)
Temperatura de aire entrante	120°C
Carga de pulpa fresca	681g/0,09 m ² (1,5 libras/pie ²)

Como puede apreciarse, el costo de inversión (o costo fijo) a través de este sistema (US\$48.470) es substancialmente menor que aquel estimado para el secado al sol. Considerando un período de vida de 20 años para el equipo, habría que agregar US\$0,053 por 100 kg de producto seco, que incluiría la depreciación del área del beneficio que albergase a este equipo.

Los costos operacionales (combustible, electricidad, mantenimiento, mano de obra a un grado de 0,5 hombre/día, y similares) se presentan en el Cuadro No. 4. Debe notarse que cuando se usa diesel como combustible lo que representa un 90,25% de los costos operacionales totales), el costo agregado por 100 kg de producto es de US\$2,67; en tanto que si se utiliza una mezcla de 50% diesel y 50% de cascabillo de café (11% de humedad) como combustible, los costos operacionales por 100 kg de producto seco se reducirán hasta US\$1,06, esto compensado ya por el poder calorífico relativamente bajo del cascabillo de café cuando se compara con el del diesel (3.307 y 10.556 calorías/kg, respectivamente). Efectuando una recirculación de aire de 71%, éstos costos podrían rebajarse hasta US\$0,771 por 100 kg de producto seco usando la misma mezcla de 50-50 diesel-cascabillo de café como combustible.

Cuadro No. 3

DATOS TECNOLOGICO-ECONOMICOS DE SECADORES DE TUNEL, TUNEL DE BANDA Y ROTATORIO TIPO ROTO-LOUVRE PARA LA PRODUCCION DE 11,350 kg DIARIOS DE PULPA DE CAFE SECA*

Componente	Secador de túnel a contra-corriente	Secador de túnel de banda	Secador rotatorio tipo Roto-Louvre
Carga (kg/m ²)	7,3	7,3	—
Tiempo de secado (min/carga)	185	25-35	25-35
Area total (m ²)	613	27,3	33,4
Número de túneles	2	2	—
Longitud (m)	13,1	79,2	5,8
Diámetro (m)	—	—	0,9
Costo unitario (SCA)	18.564,00	27.500,00	—
Costo total (SCA)**	37.128,00	55.000,00	28.000,00

* Considerando la pulpa húmeda con un 85% de humedad y la pulpa seca con 10% de humedad y, como condiciones operacionales, velocidad del aire 82,3 m/min promedio a una temperatura de aire entrante de 120°C.

** Estos costos representan una sobrecarga al precio del producto seco de \$CA 0,024, 0,04 y 0,024 en el caso del secador de túnel a contra-corriente, de túnel de banda y rotatorio, respectivamente. Dichos secadores considerados como una vida útil de 20, 20 y 15 años respectivamente.

Tomado de: Molina y Avendaño (1976)

Cuadro No. 4

COSTOS OPERACIONALES DE LOS SECADORES DE TUNEL A CONTRACORRIENTE, TUNEL DE BANDA Y ROTATORIO POR 45,4 kg DE PULPA DE CAFE SECA*

Componente	Sin recirculación de aire	Con recirculación de aire (71%)
Mano de obra	0,0338 (2,8)**	0,0338 (3,8)
Electricidad	0,0034 (0,3)	0,0034 (0,4)
Combustible (diesel)	1,0920 (90,2)	0,7640 (86,6)
Mantenimiento	0,0422 (3,5)	0,0422 (4,8)
Supervisión	0,0034 (0,3)	0,0034 (0,4)
Misceláneos	0,0352 (2,9)	0,0352 (4,0)
TOTAL	1,2100***	0,8820***

* Para secado de pulpa de café (85% humedad) a 10% humedad con una temperatura de aire de 120°C.

** Cifras en paréntesis representan el porcentaje del costo total.

*** Usando una mezcla de diesel y cascabillo de café (50:50) el costo operacional total por quintal de producto seco puede reducirse a \$CA 0,48 sin recirculación de aire y a \$CA 0,35 usando recirculación.

Tomado de: Molina y Avendaño (1976)

De lo expuesto se deduce que para obtener un costo económicamente atractivo para el secado de la pulpa de café a través de esta técnica es necesario reducir drásticamente los costos del combustible mediante la utili-

zación de cualquier subproducto disponible para este propósito. Se considera que el costo total más bajo (costos fijos + operacionales) mencionado anteriormente (US\$0,824/100 kg de productos) es ya un costo atractivo y competitivo con aquel derivado para el secado al sol (US\$0,73/100 kg de producto), considerando los posibles problemas y las grandes limitaciones que envuelve el secado al sol y que son evitados mediante un secado mecánico.

Secador de fajas

Considerando al secador de faja en forma similar y bajo las mismas condiciones operacionales previamente indicadas para el secador de túnel a contracorriente, los datos de área total de secado, número de túneles, costo por túnel y costo total de inversión (costos fijos) involucrados en el secado de 63.504 kg de pulpa de café fresca (85% de humedad) en 6 horas se presentan en el Cuadro No. 3. Como puede apreciarse, el costo de inversión total (costo fijo) en este caso (US\$55.000) casi duplica el encontrado para el secador de túnel a contracorriente, pero es todavía mucho más bajo que el encontrado para las facilidades de secado al sol. Considerando de nuevo un tiempo de vida útil de 20 años para este secador y sus instalaciones, el costo añadido por 100 kg de producto seco sería US\$0,088.

Se considera que los costos operacionales para este tipo de secador son prácticamente los mismos que los citados en el caso del secador de túnel. Así pues, los costos totales (costo fijos más operacionales) calculados para este tipo de secador para 100 kg de producto seco, considerando el uso de una mezcla de 50-50 diesel-cascabillo como combustible y 71% de recirculación de aire serían de US\$0,859. Como puede observarse, aun cuando estos costos son económicamente atractivos, los costos de producción en este caso son relativamente más altos que los calculados para el secador de túnel a contracorriente bajo condiciones similares.

Secador rotatorio

Las consideraciones sobre un secador rotatorio del tipo "Roto-Louvre" y condiciones operacionales similares a las descritas previamente para el secador de túnel a contracorriente, velocidad de aire, 82,3 m/minutos y temperatura de aire entrante 120°C, el área periférica, tiempo de residencia del material, longitud, diámetro, y costo total del secador con una capacidad de producción de 11.340 kg de producto seco en 6 horas, se presentan en el Cuadro No. 3. El costo de inversión total (o costos fijos) en este caso (US\$28.000) es significativamente más bajo que el citado para los otros sistemas de secado considerados anteriormente. Asumiendo solamente 15 años de vida útil para este equipo (no 20 años como en los casos previos), el costo adicional por el costo de inversión (o costo fijo) por 100 kg de producto seco sería de US\$0,053 incluyendo en él la depreciación del área de edificio donde se alberga el equipo. En otras palabras, los costos fijos por 100 kg de producto seco considerando al secador rotativo con un tiempo de vida de 15 años, serían los mismos que los deducidos previamente para el secador de túnel a contracorriente contando con un tiempo de vida de 20 años.

Dado que los costos operacionales para este tipo de secador se consideran básicamente los mismos que los indicados para el secador de túnel a contracorriente (Cuadro No. 4), los costos de producción total (costos fijos más operacionales) de 100 kg de producto seco (10% de humedad) vendrían a ser los mismos que los indicados en el caso del secador de túnel (US\$0,824), cuando se usa una mezcla 50-50 diesel-cascabillo de café como combustible y un 71% de recirculación de aire. Así pues, debido a su relativo bajo costo de inversión (costo fijo), este sistema de secado fue considerado de alto potencial para la ejecución del secado mecánico de la pulpa de café. Sin embargo, debe señalarse de nuevo que los costos de procesamiento del producto son afectados primordialmente no por el tipo de secador que se use sino por el combustible considerado como fuente energética.

Es de interés mencionar que en Costa Rica está trabajando ya un secador rotatorio a escala directa para el secado de pulpa de café (Alvarado 1974, 1975; Cheriñacov 1974). Se ha indicado que este sistema de secado, con una capacidad de producción de 324 kg/hora (714 libras/hora), empleo de recirculación de aire, y diesel como combustible, tiene un gasto de este último equivalente a 28,88 litros por 100 kg de producto seco (o 7,63 galones/100 kg, o 3,46 galones por 100 libras) (Alvarado 1974, 1975). Esto subraya de nuevo la importancia del combustible que se vaya a utilizar, en el cálculo de los costos operacionales, ya que actualmente los costos centroamericanos por 28,89 litros (o 7,63 US galones) de diesel solamente, pondrían los costos operacionales de este sistema de secado rotatorio muy por encima de US\$2,00 por 100 kg, lo cual es demasiado alto para el secado de un subproducto que se intenta usar como alimento animal.

Debido a esto, nuestros laboratorios realizan esfuerzos preliminares para diseñar un secador rotatorio del tipo "Roto-Louvre", con la máxima eficiencia energética posible, y acoplado a un quemador cuyo diseño permita usar como fuente de combustible una mezcla de diesel y/o subproductos finamente molidos y secados del tipo del cascabillo de café, subproductos de madera o similares. Todo esto se hace con la intención de poder ofrecer, en un futuro cercano, un sistema de secado mecánico y económicamente factible para la pulpa de café que solucionara los inconvenientes ya señalados para el sistema de secado al sol. En el momento actual, sin embargo, el secado al sol es todavía el sistema más usado y viable.

Procesos coadyuvantes del secado

Varias tecnologías han sido investigadas como posibles coadyuvantes en una operación de secado con la intención de facilitar y/o acelerar el proceso de secado y, consecuentemente, bajar sus costos.

a) Una operación de prensado previa al secado ha sido una de las más investigadas para reducir la humedad inicial de la pulpa de café.

Resultados preliminares en nuestros laboratorios indican que una operación de prensado previa al secado de la pulpa de café, mediante el uso de una prensa hidráulica, puede disminuir el tiempo de secado de la pulpa en 1/8 a 1/6. Una posible explicación de este fenómeno es que a través de la operación de prensado se elimina parte de los constituyentes mucilagi-

nosos o pectínicos de la pulpa de café, conjuntamente con algunos azúcares simples, incrementando con ello la facilidad del secado. Que, a través del posible mecanismo mencionado, una operación de prensado permita usar una temperatura superior de aire entrante (hasta 200°C) sin mostrar el problema ya mencionado de disminuir el período de secado constante, es algo que aún permanece sin elucidar. Por otra parte, los licores de prensado han demostrado ser un buen sustrato para la producción de levaduras y otros posibles microorganismos usados como fuentes de proteína unicelular (Aguirre 1966; Calle 1974). A este respecto, Díaz (1977) informa sobre el posible uso de los licores de prensado de pulpa de café como un "extensor" de melaza para la producción de levadura de panificación.

Experimentos realizados con una prensa modelo de laboratorio Protessor (E. H. Bentall and Co. Ltd., Essex, Inglaterra) han demostrado que aun cuando es posible reducir la humedad expresada en base seca en un 34-36%, cuando los resultados se expresan en base húmeda, esta disminución en el contenido de humedad tan solo alcanza del 6 a 8% (es decir del 85 al 78%) (R. Cleves, comunicación personal).

Resultados similares han sido informados también por Alvarado (1974, 1975) y Chernacov (1974). Sin embargo, todos los autores indicados (Alvarado 1974, 1975; Chernacov 1974; Cleves, comunicación personal) están de acuerdo en que la operación de prensado disminuye significativamente el volumen de la pulpa en un 20 a 50%, acción que facilita la operación de secado aumentando la capacidad del secador o secadores.

Experimentos posteriores con este tipo de prensa, han indicado que el tiempo de secado al sol de la pulpa de café durante buenas condiciones climáticas se reduce de 16 a 4 horas de exposición (una reducción del 75% en el tiempo de secado). Tal efecto puede atribuirse no sólo a la eliminación de azúcares y sustancias pécticas a través de la acción de prensado, sino también a la disgregación de la pulpa (y consecuente aumento del área de secado) que ocurre durante el proceso de prensado con la prensa Protessor (una modificación de la prensa de tornillo). Aun más, cuando la pulpa de café ha sido ensilada por tres meses con el agregado previo de 5% de melaza antes de la operación de prensado, el tiempo de secado del material se reduce hasta en 2 horas de exposición al sol. Estos hallazgos subrayan de nuevo el impacto que una operación de prensado efectuada con una prensa del tipo de la Protessor puede tener sobre el tiempo de secado y, consecuentemente, sobre los costos de secado de la pulpa de café. También, estos hallazgos señalan la necesidad de mayor investigación tendiente a esclarecer los posibles cambios químicos-nutricionales del material sujeto a la operación de prensado, y poder así llegar a una cifra costo-beneficio para el sistema completo.

b) La adición de sales de calcio (carbonato de calcio, o cal) a la pulpa de café antes del secado, ha sido también investigada como posible proceso coadyuvante del secado. Se ha encontrado que la adición de cal o carbonato de calcio a niveles de 2 a 5% a la pulpa de café, previo a una operación de secado al sol, reduce significativamente su tiempo de secado (Bendaña 1977; Fonseca y Aguilar 1974). Este efecto puede ser explicado por la absorción de agua por los compuestos de calcio, o bien por la formación

de pectato de calcio o complejos de calcio con los constituyentes mucilaginosos de la pulpa de café, lo que facilita la remoción de agua. El mecanismo correcto queda aún por elucidarse (Bendaña 1977; Fonseca y Aguilar 1974).

Estos tratamientos con compuestos de calcio, sin embargo, han demostrado un efecto detrimental sobre la calidad nutritiva de la pulpa de café cuando se agregan en exceso del 5% del peso de la pulpa húmeda (Fonseca y Aguilar 1974). Al usar niveles inferiores (Bendaña, 1977) no se ha detectado ningún efecto nocivo. Tales observaciones indican la necesidad de examinar el beneficio de estos aditivos, no solamente desde el punto de vista del secado sino también desde el punto de vista nutricional y químico, para llegar a una conclusión de costo-beneficio.

c) Otros tratamientos para acelerar el secado de la pulpa de café fresca, tales como la adición de enzimas como Ultrazym-100 (Ciba-Geigy, Suiza), también han sido investigados con resultados decepcionantes (Fonseca y col. 1974).

d) El ensilaje de la pulpa de café, como se ha mencionado, ha sido investigado como posible alternativa de almacenamiento de la pulpa de café para su secado posterior en las mismas facilidades que para el secado del grano de café (especialmente en el caso de secado al sol). Observaciones preliminares al respecto indican que el material ensilado tiene un tiempo de secado al sol relativamente más corto (alrededor de 1/10) que la pulpa de café fresca (Bendaña 1977).

Este efecto puede ser atribuido al rompimiento de la estructura de la pulpa de café que ocurre durante la fermentación del ensilaje. Como se ha mencionado anteriormente, una operación de ensilaje previa al prensado aumenta la efectividad del mismo para reducir el tiempo de secado de este material.

Sumario

De toda la evidencia citada en este capítulo se puede decir que el secado al sol de la pulpa de café es todavía el sistema más común y más viable, a pesar de que implica un tiempo de secado largo (dependiente de condiciones climáticas), factor que también puede causar contaminación o contaminaciones microbiológicas que redundan en detrimento de la calidad general del producto final (incluyendo la calidad nutricional). Debido a este factor, así como a los aspectos generalmente negativos de un secado al sol, se realizan esfuerzos continuos para desarrollar métodos o procesos mecánicos de secado que sean viables, así como sistemas coadyuvantes de secado para la pulpa de café.

La pulpa de café fresca es un material relativamente fácil de secar mediante un proceso mecánico que emplee temperaturas de aire entrante de alrededor de 75°C a 150°C. Evidencias preliminares indican que el aumento de tal temperatura de aire entrante disminuye significativamente el período de secado de grado constante, aumentando así proporcionalmente el tiempo de secado y posiblemente también ejerciendo efectos adversos

sobre la calidad nutritiva de la pulpa de café seca. Tal limitación puede quizás obviarse mediante un proceso de prensado de la pulpa de café fresca con una prensa tipo "Protessor", u otra técnica que pueda bajar sus constituyentes mucilaginosos o pectínicos y disgregar a la pulpa, aumentando así su área de secado. La efectividad de un proceso de prensa, tanto en los términos bosquejados anteriormente como desde el punto de vista de las características nutricionales del producto final, debe evaluarse aún más y delinear parámetros convenientes para el control de calidad de productos.

La adición de compuestos de calcio con la intención final de reducir el tiempo de secado debe ser mayormente investigada en términos nutricionales. El ensilaje y prensado antes de un secado han demostrado reducir considerablemente el tiempo de secado del material. Así pues estas operaciones deben ser evaluadas más a fondo como parte de la operación de secado. Esta evaluación debe involucrar puntos tanto técnicos como nutricionales y económicos, dado que el ensilaje parece ser un proceso de "almacenaje" apropiado de café cuando las facilidades de secado se usan preferentemente para el grano de café, y solamente después para el caso de un subproducto como la pulpa.

De los sistemas de secado considerados hasta ahora para el secamiento de la pulpa de café, el secador rotatorio parece ser el mejor desde el punto de vista técnico y económico cuando se acopla a un quemador que utilice un subproducto agrícola o agro-industrial o industrial como fuente de combustible, ya sea sólo o mezclado con diesel o bunker en diferentes proporciones. Esto se considera imperativo dado que el combustible es el componente que más afecta los costos operacionales de secado de la pulpa de café. A este respecto, dado que el ensilaje y/o ensilaje y prensado, o bien el agregado de compuestos de calcio antes del secado podrían también bajar los costos de secado, tales operaciones deben evaluarse como parte del sistema de secado total para permitir llegar a un estimativo final de costo-beneficio.

Los esfuerzos para diseñar un sistema de secado viable y conveniente con las características ya señaladas, deben continuarse. En este sentido es importante subrayar, como ya lo mencionó Echeverría (1974), que el sistema de secado mecánico para la pulpa de café debería también ser adecuado para otros productos (como maíz, frijol, etc.) con el objeto de que esté a disposición del procesador de café durante la época anterior y posterior a la época de cosecha de café, evitando que el equipo quede sin uso durante este tiempo (aproximadamente 6 meses/año).

Es necesario proseguir en la búsqueda de un sistema de secado conveniente y viable que permita asegurar, en un futuro muy cercano, la disponibilidad de pulpa de café seca de calidad buena y uniforme que pudiera ser transportada fácilmente y usada exitosamente en raciones para animales.

Bibliografía

- AGUIRRE, F. La utilización industrial del grano de café y de sus subproductos. Guatemala, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), 43 p. (Investigaciones Tecnológicas del ICAITI, No. 1) 1966.
- ALVARADO, C. M. Resultados de una investigación y propuesta para un proyecto industrial en el aprovechamiento de la pulpa-cáscara de café. Costa Rica, Corporación Costarricense de Desarrollo (CODESA), 28 p., junio 1974.
- ALVARADO, C. M. CODESA instalará la primera planta industrial para el procesamiento de la pulpa de café para dedicarla a la industria animal. IV. Experiencias y resultados a nivel de planta piloto. El Agricultor Costarricense, 33, (7): 217-220-222, 227, 228, 1975.
- BENDAÑA, G. Efecto de tratamientos alcalinos por remojo o contacto sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca o ensilada. Tesis (Magister Scientifical). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. INCAP/CESNA, Guatemala, 1977.
- BRESSANI, R. Pulpa y pergamino de café como posibles alimentos para el consumo animal. In: VII Reunión Interamericana sobre el control de la Fiebre Aftosa y otras Zoonosis. Puerto España, Trinidad y Tobago, 17-20 abril, 1974. Washington, D. C., Oficina Panamericana de la Salud, 1975. pp. 91-106. (O.P.S. Publicación Científica No. 295).
- BRESSANI, R., E. Estrada, L. G. Elías, R. Jarquín y L. U. de Del Valle. Pulpa y pergamino de café. IV. Efecto de la pulpa de café deshidratada en la dieta de ratas y pollos. Turrialba. 23: 403-409. 1973.
- CABEZAS, M. T., B. Murillo, R. Jarquín, J. M. González, E. Estrada y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VI. Adaptación del ganado bovino a la pulpa de café. Turrialba, 24:160-167. 1974.
- CALLE, H. Informe de trabajo sobre la producción de levadura a base de residuos de café. In: 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, Costa Rica, IICA, pp 45-47. 1974.
- CAREW, L. G., H. Alvarez y O. M. Marín. Studies with coffee oil meal in diets for growing chicks. Poultry Science, 46:930-935. 1967.
- CHERÑACOV, L. Aspectos técnicos en el proceso de secamiento artificial. In: 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, Costa Rica, IICA p. 32. 1974.
- DIAZ, O. Estudios sobre la utilización de pulpa de café y su posible procesamiento para la producción de proteína unicelular por cultivo sumergido. Tesis (B.S.) Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala, 1977.
- ECHEVERRIA, O. Factores de importancia para el desarrollo de sistemas de secamiento para pulpa de café. In: 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, Costa Rica, IICA, pp. 33-34. 1974.
- FONSECA, H. y J. E. Aguilar. Respuesta de la pulpa de café sometida a secamiento con diferentes niveles de carbonato de calcio. In: 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, Costa Rica, IICA, 1974. p. 37. 1974.
- FONSECA, H., M. Murillo y R. A. Muñoz. Efecto del tratamiento de la pulpa de café por medios mecánicos y enzimas, en el proceso de secado. In: 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, Costa Rica, IICA, 1974. p. 38. 1974.
- JARQUIN, 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.
- JARQUIN, R., 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): 41-47. 1973.
- MOLINA, M. R., G. de la Fuente, H. Gudiel y R. Bressani. Estudios Básicos sobre Deshidratación de Pulpa de Café. In: 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, Costa Rica, IICA, 1974. p. 15. 1974.
- MOLINA, M. R., G. de la Fuente, H. Gudiel y R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VIII. Estudios Básicos sobre la Deshidratación de Pulpa de Café. Turrialba, 24 (3): 280-284. 1974 b.
- MOLINA, M. R. y O. Avendaño. Métodos y costos de deshidratación. In: La Utilización de la Pulpa de Café en la Alimentación de Bovinos. Sección V. Unidad de Divulgación Técnica, Dirección General de Ganadería, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Soyapango, El Salvador, 1976. 20 p. 1976.
- ROBAYO, A. Ensayo sobre la utilización del café en la alimentación de ovinos y porcinos. Universidad de Colombia. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia 24:718-726. 1961.
- ROSALES, F. Uso de la pulpa de café deshidratada en la alimentación de cerdos. Tesis (Magister Scientiæ). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. INCAP / CESNA. Guatemala, 1973.
- RUIZ, M. E. y C. S. Valente. Efecto de la temperatura de secamiento sobre la composición químico-estructural de la pulpa de café. In: 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, Costa Rica, IICA, 1974. p. 15. 1974.
- VAN ARSDEL, W. B. Food Dehydration. Vol. I. Principles. Van Arsdel, W. B. y M. J. Copley Eds. Westport, Conn. AVI Publishing Co., pp. 90-127, 1963.

Procesamiento de Pulpa de Café: Tratamientos Químicos

Roberto A. Gómez Brenes*

Introducción

Desde hace muchos años se han hecho esfuerzos tendientes a utilizar la pulpa de café en alimentación animal dado que es un subproducto muy abundante en los países tropicales. A pesar de ello, los factores antifisiológicos que contiene, tales como cafeína, taninos, ácido clorogénico y caféico, además de su alto contenido de potasio y fibra cruda (Aguirre 1966, Bressani y col. 1972, Bressani 1974, Bressani y Elías 1976, Jaffé y Ortiz 1952, Molina y col. 1974), han limitado su utilización biológica por parte de los animales.

En los últimos años se han llevado a cabo varias investigaciones dirigidas a disminuir o eliminar estos compuestos tóxicos de la pulpa de café fresca o ensilada, ya que el material destoxificado podría ser mejor aprovechado por los animales monogástricos y ruminantes.

Se conoce que diversos tratamientos físicos o químicos como el calor húmedo o seco, la deshidratación, la extracción con diversos solventes y la maceración o cocción con ácidos o álcalis, son de gran beneficio para ciertas materias primas, ya que dichos tratamientos pueden aumentar la utilización de las mismas a través de una reducción de sus compuestos tóxicos, como es el caso en las leguminosas (Bressani y col. 1972a), o haciendo más disponibles sus nutrientes como en el caso del maíz tratado con cal para elaborar tortillas (Bressani y col. 1961). También se ha intentado reducir o eliminar los factores tóxicos de la pulpa de café por medios físicos (ver Caps. 7 y 8) y por tratamientos químicos con hidróxido de calcio, metabisulfito de sodio, y por extracción con agua.

El propósito de este capítulo es revisar y discutir los diversos tratamientos químicos que se han utilizado para destoxificar la pulpa, y el efecto de dichos tratamientos sobre su composición química y valor nutritivo.

*Jefe del Programa de Fuentes de Nutrientes, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.

1 ref to in Table 12

Cuadro No. 1

ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE PULPA DE CAFE FRESCA Y ENSILADA, CON Y SIN TRATAMIENTOS ALCALINOS Y SECADAS AL SOL (g%)

Tipo de Aplicación	Tiempo de aplicación (horas)	Conc. Ca(OH) ₂ %	Humedad		Ext. Etéreo		Fibra Cruda		Proteína (Nx6,25)	
			P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.
Remojo	0	0	11,2	9,1	3,9	3,5	18,8	16,5	10,1	10,6
		1	10,2	9,0	3,6	2,7	16,4	15,6	9,2	9,7
		2	9,8	9,3	3,9	2,8	15,6	15,3	10,4	9,2
		3	10,3	7,8	3,8	2,8	15,5	15,6	8,3	9,2
	16	0	9,4	9,3	3,9	3,1	18,1	20,5	10,5	10,5
		1	8,3	8,6	3,6	2,8	17,5	20,3	9,4	10,1
		2	9,5	9,3	3,0	2,4	14,8	17,6	8,6	9,1
		3	10,8	8,8	3,0	2,6	14,2	14,5	7,6	9,4
	0	0	7,8	10,8	4,0	3,7	18,3	16,8	12,3	10,4
		1	8,5	10,7	3,4	3,3	17,6	15,5	10,2	9,8
		2	11,1	9,1	3,1	3,0	16,7	12,1	10,8	10,4
		3	10,1	10,0	3,3	2,5	16,3	11,9	9,8	9,5
Contacto	16	0	9,5	9,6	3,8	3,3	17,6	14,6	11,0	9,7
		1	9,7	9,6	3,1	4,2	17,4	14,8	10,3	9,7
		2	9,7	10,5	3,0	2,7	17,6	16,1	10,0	8,6
		3	9,8	9,6	3,0	2,9	15,8	13,7	9,4	8,8
	Testigo		11,5	11,7	2,8	4,0	21,0	19,6	12,3	10,0

P.E. Pulpa ensilada

P.F. Pulpa fresca

Tomado de Bendaña (1977)

Tratamiento de la pulpa de café con hidróxido de calcio (Ca(OH)₂)

El hidróxido de calcio es una sustancia química que ha sido utilizada frecuentemente para el tratamiento de alimentos por poseer numerosas ventajas. En primer lugar, es un producto sumamente barato cuya disponibilidad es abundante en cualquier parte del mundo, además en las cantidades en que se usa carece de toxicidad para humanos y animales y, en muchos casos, desarrolla en los alimentos características organolépticas deseables, siendo también una fuente de calcio biológicamente disponible. Además, se ha demostrado que el Ca(OH)₂ disminuye en cerdos el efecto tóxico del gospol contenido en la semilla de algodón (Braham y col. 1965).

La pulpa de café fresca que se acumula en los beneficios contiene una cantidad considerable de humedad; esto favorece la proliferación de bacterias dando origen a dos tipos de fermentación: una aeróbica en la superficie de la pulpa acumulada y otra anaeróbica en las capas inferiores. Los productos de estos dos tipos de fermentación unidos a los ácidos naturales de la pulpa, que son elevados, hacen que ésta mantenga un pH normal de 5,5 aun cuando haya sido deshidratada.

Los taninos son agentes reductores poderosos que tienden a absorber oxígeno especialmente en soluciones alcalinas, dando productos fuerte-

mente coloreados (Joslyn 1950). Por lo tanto, si la pulpa de café, tal como se obtiene de los beneficios y de los silos (ver Cap. 7), posee un pH ácido y usada en esta forma tiene limitaciones en su utilización biológica, se suscitan las siguientes incógnitas: ¿qué pasaría con los compuestos tóxicos si la pulpa sufriera un tratamiento alcalino? ¿Serían los taninos oxidados menos tóxicos? ¿Qué cambios sufriría la pulpa en su composición química y valor nutritivo?

Estas preguntas se trataron de responder con un estudio realizado por un grupo de investigadores (Bendaña 1977, Gómez-Brenes y col. 1977), cuyo objetivo era determinar el efecto de la adición de hidróxido de calcio sobre la composición química y valor nutritivo de la pulpa de café fresca y ensilada.

Para este propósito se trató la pulpa de café fresca y ensilada con hidróxido de calcio por dos procedimientos diferentes: remojo y contacto. Estos tratamientos se llevaron a cabo en dos períodos de tiempo determinados, cero y 16 horas, y con tres concentraciones de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 1, 2 y 3%. Las pulpas así tratadas fueron luego secadas al sol, molidas y evaluadas química y nutricionalmente.

Evaluación Química

Los análisis químicos realizados en este estudio fueron el químico proximal y el contenido de taninos, ácido caféico y clorogénico, cafeína, patrón de aminoácidos y los minerales, calcio, potasio y fósforo.

Los resultados de este análisis pueden resumirse de la siguiente manera:

- a) Los tratamientos alcalinos fueron responsables de ciertos cambios en la composición química proximal de la pulpa fresca y ensilada encontrándose, entre otras cosas, que existe una relación inversa entre la concentración de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ usada y el contenido de extracto etéreo, fibra cruda y proteína de la pulpa.
- b) Los tratamientos alcalinos también disminuyeron el contenido de taninos, pero no influyeron significativamente el de cafeína, ácido clorogénico y ácido caféico (Cuadro No. 2).
- c) Los resultados de la determinación de fósforo, sodio y potasio en las pulpas que sirvieron como testigos, concuerdan con los publicados en la literatura (Aguirre 1966, de Alba 1971), aunque los de calcio aparecen un poco más altos encontrándose también una relación Ca:P bastante elevada en las pulpas tratadas con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- d) Con respecto al efecto del tratamiento alcalino sobre el patrón de aminoácidos de la pulpa, se encontró que estos tratamientos no ocasionaron cambios significativos en la concentración de los aminoácidos (Cuadros Nos. 3 y 4).

Evaluación Biológica

Para evaluar el efecto del tratamiento alcalino sobre el valor nutritivo de la pulpa, se realizaron ensayos biológicos en ratas alimentadas con raciones isotroféicas al 15% que contenían 15 y 30% de pulpa fresca o ensilada tratadas con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Cuadro No. 2

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

Métodos de Aplicación	Tiempo de Aplicación (horas)	Concent. de Ca(OH) ₂ %	Cafeína		Taninos		Ac. Clorogénico		Ac. Caféico	
			P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.
Remojo	0	0	0,68	1,05	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	1,29	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

PF= Pulpa fresca

PE= Pulpa ensilada

Tomado de Bendaña 1977.

Cuadro No. 3

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LOS AMINOGRAMAS EN PULPA DE CAFE FRESCA SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS
gAA/16 g N

Tipo de aplicación	Remojo		Contacto		Testigo
	0 horas	16 horas	0 horas	16 horas	
Aminoácidos					
Ac. aspártico	5,34	6,60	6,10	6,70	6,45
Treonina	2,38	2,48	2,35	2,86	2,94
Serina	2,00	2,16	1,85	2,18	2,14
Ac. Glutámico	7,54	7,88	8,09	8,70	8,73
Glicina	4,54	4,60	4,57	5,04	4,40
Alanina	3,52	3,47	4,02	4,46	3,46
Valina	4,82	5,04	4,91	4,68	4,89
Cistina	T	0,30	T	0,26	0,33
Metionina	T	0,17	T	0,26	0,10
Isoleucina	4,12	4,01	4,09	4,37	4,60
Leucina	5,08	5,10	4,93	5,33	4,73
Tirosina	2,14	2,33	1,86	2,58	2,29
Fenilalanina	3,25	3,44	3,11	3,40	3,24
Lisina	4,07	3,96	3,94	4,14	3,96
Histidina	2,52	2,84	1,89	2,52	2,64
Arginina	3,55	3,49	2,77	3,36	3,82

Tomado de Bendaña 1977

Cuadro No. 4

PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LOS AMINOGRAMAS EN PULPA
DE CAFE ENSILADA SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS gAA/16 g N

Tipo de aplicación	Remojo		Contacto		Testigo
	0 horas	16 horas	0 horas	16 horas	
Aminoácidos					
Ac. aspártico	5,02	5,61	6,14	6,30	7,75
Treonina	1,82	1,78	1,91	1,98	3,78
Serina	1,00	1,00	0,97	0,94	1,19
Ac. Glutámico	7,01	7,92	7,72	7,96	7,44
Glicina	4,18	4,47	4,10	4,64	3,37
Alanina	3,95	3,77	4,34	4,10	3,42
Valina	4,08	4,72	4,54	4,33	2,59
Cistina	0,40	0,57	0,24	0,29	0,32
Metionina	0,19	0,32	0,19	0,19	0,22
Isoleucina	3,25	3,88	3,10	3,10	3,10
Leucina	4,59	5,24	4,23	4,83	4,59
Tirosina	1,51	1,90	1,48	1,38	1,48
Fenilalanina	2,63	3,34	2,76	2,77	3,04
Lisina	3,32	4,45	3,52	3,54	4,42
Histidina	2,02	2,51	2,28	2,19	3,06
Arginina	2,43	2,89	2,73	2,45	2,70

Tomado de Bendaña 1977

Los parámetros utilizados para medir el efecto biológico de los tratamientos alcalinos fueron: tasa de mortalidad, consumo de alimento, ganancia de peso, índice de eficiencia de utilización del alimento y digestibilidad aparente de las raciones.

Los resultados obtenidos con estos ensayos biológicos fueron los siguientes: se observó que la adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ya sea por remojo o por contacto, en cualquiera de los dos tiempos de aplicación y a cualquier concentración de las usadas, no mejoró el valor nutritivo de la pulpa. 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 ó 30% de pulpa ya sea ensilada o fresca, se comportaron mejor aquellos que consumieron raciones con sólo 15% de pulpa (Cuadro No. 5).

Los tratamientos con hidróxido de calcio por remojo o por contacto se repitieron con pulpa fresca, la cual previamente se redujo a trozos más pequeños que los que se obtienen de los beneficios de café, con el objeto de ofrecer al $\text{Ca}(\text{OH})_2$ mayor superficie de contacto. Los análisis químicos y las pruebas biológicas realizadas en estos materiales demostraron que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos con pulpa entera o picada tratada con $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Cuadro No. 5

INDICE DE EFICIENCIA ALIMENTICIA (I.E.A.)* OBSERVADO EN LOS ENSAYOS BIOLÓGICOS CON RATAS EN CRECIMIENTO USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA DE CAFÉ 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	38,6	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
	16	0	6,0 ^a	11,5	6,0 ^a	7,4
		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
Contacto	0	0	5,6 ^b	11,6	5,9 ^a	7,2
		1	6,2 ^a	60,8	5,8 ^a	8,2
		2	6,6 ^a	46,6	5,9 ^a	8,2
		3	6,9 ^a	24,3	6,3 ^a	8,4
	16	0	5,7 ^b	27,1	6,0 ^a	8,3
		1	5,9 ^b	40,1	6,1 ^a	7,8
		2	6,7 ^a	114,2	5,8 ^a	10,2
		3	9,4 ^a	—	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)
Tomado de Bendaña (1977)

Conclusiones del tratamiento alcalino

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, los autores del trabajo (Bendaña 1977, Gómez-Brenes y col. 1977) llegan a las siguientes conclusiones:

1. La pulpa de café ensilada posee un mejor valor nutritivo y menor toxicidad que la pulpa fresca.
2. Los tratamientos alcalinos con Ca (OH)₂ no mejoraron el valor nutritivo de la pulpa fresca o ensilada.
3. Se notó que los tratamientos por remojo y eliminación de las aguas de remojo, causan la eliminación de cierta cantidad de sustancias tóxicas, lo que abre la posibilidad de lograr más adelante resultados positivos en la eliminación de tóxicos de la pulpa, por el uso de tratamientos de remojo más prolongados con o sin otros compuestos químicos aún no evaluados.

4. El proceso de picar la pulpa antes del tratamiento alcalino, no mejora los resultados obtenidos con la pulpa entera.
5. La adición de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disminuye el tiempo de exposición al sol para el secado de la pulpa de café, hecho que puede ser de mucha utilidad industrial, ya que la pulpa tal como se obtiene de los beneficios posee mucha humedad.

Tratamiento de la pulpa de café con metabisulfito de sodio

El oscurecimiento enzimático de los tejidos vegetales al ser expuestos al aire, se debe a la presencia de derivados del O-dihidroxifenol, tales como el catecol, ácido protocatequico, ácido caféico, y a los ésteres del ácido hidroxigálico con el ácido caféico, tales como el ácido clorogénico. Todas estas sustancias fenólicas y otras de estructura similar, incluyendo los taninos, abundan en la naturaleza y posiblemente se forman por la degradación de las antocianinas y flavonoides. Las enzimas que catalizan las reacciones de oxidación de estos compuestos pertenecen al grupo de las polifenoloxidasas, las cuales son responsables del empardeamiento que sufren ciertos tejidos vegetales al ser procesados. En la industria de alimentos se inactivan las polifenoloxidasas mediante el dióxido de azufre en forma gaseosa o como sulfito, para prevenir el empardeamiento de frutas y hortalizas antes de deshidratarlas o congelarlas (Braverman 1967).

Varios investigadores (Bressani 1974, Jarquín y col. 1976, Murillo y col. 1977, Solís 1977) han estudiado el efecto de adicionar metabisulfito de sodio a la pulpa de café con el propósito de determinar los cambios que pueden ocurrir en su composición química y valor nutritivo, al inactivar las reacciones de empardeamiento enzimático.

En un estudio (Bressani 1974, Murillo y col. 1977) se adicionaron a la pulpa de café niveles de 0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 y 2% de metabisulfito de sodio, previo a su deshidratación en secador de rodillos y por energía solar.

Los resultados del análisis proximal no mostraron diferencias significativas entre los dos procedimientos de deshidratación. En ambos casos el tratamiento con metabisulfito disminuyó el contenido de fibra cruda y de nitrógeno o incrementó el de cenizas y extracto libre de nitrógeno. Además, se comprobó que el tratamiento con metabisulfito produjo un incremento en la proporción del contenido celular y una disminución en el de paredes celulares, celulosa, lignina y proteína lignificada. El contenido de taninos aumentó en un 83% con respecto a los tratamientos que no incluyeron metabisulfito de sodio y el de cafeína disminuyó, independientemente del sistema de secado (Cuadros Nos. 6, 7, y 8).

Los autores de este trabajo recomiendan el uso de esta sal ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) la cual se puede usar durante la deshidratación por calor en sistemas mecánicos, al sol, o en la preparación de ensilajes de pulpa de café.

En otro estudio (Jarquín y col. 1976, Solís 1977) se trató la pulpa de café fresca con metabisulfito de sodio bajo dos sistemas de incorporación. En un caso, el metabisulfito se adicionó en cantidades de 0,025 - 0,050 - 0,100 - 0,300 y 0,500 g% en base al peso de pulpa fresca, utilizando una

mezcladora. En el otro caso el metabisulfito se disolvió en agua y la pulpa se sumergió en esta solución por 20 minutos; por cada kilo de pulpa se empleó un litro de la solución de las concentraciones mencionadas anteriormente.

Cuadro No. 6

EFFECTO DEL TIPO DE DESHIDRATACION Y ADICION DE METABISULFITO DE SODIO SOBRE LA COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL DE LA PULPA DE CAFE

Tratamiento	Humedad %	Extracto etéreo %	Fibra cruda %	Nitrógeno %	Cenizas %	Ext. Libre de nitrógeno %
Deshidratación Mecánica						
0,0 metabisulfito	12,0	2,6	23,9	2,0	5,7	40,5
0,5 metabisulfito	9,0	2,6	18,6	1,6	9,5	49,2
1,0 metabisulfito	10,0	2,8	17,1	1,5	10,2	50,3
1,5 metabisulfito	9,6	2,5	16,3	1,5	12,6	49,7
Deshidratación al sol						
0,0 metabisulfito	10,2	3,1	23,4	1,6	5,8	46,5
0,5 metabisulfito	8,9	2,6	19,2	1,7	9,6	49,3
1,0 metabisulfito	8,6	2,7	18,0	1,5	10,0	51,0
1,5 metabisulfito	8,8	2,6	17,1	1,5	13,2	49,8
2,0 metabisulfito	9,1	2,3	16,5	1,5	13,7	49,1

Tomado de Murillo y col. (1977)

Cuadro No. 7

FRACCIONAMIENTO DE LAS PAREDES CELULARES EN PULPA DE CAFE TRATADA CON METABISULFITO DE SODIO

Tratamiento	Contenido celular %	Paredes celulares %	Hemicelulosa %	Celulosa %	Lignina %	Cenizas insolubles %
Deshidratación mecánica						
0,0 metabisulfito	39,1 ^a	57,1	3,8	28,4 ^a	24,2 ^a	0,7
0,5 metabisulfito	52,1 ^b	44,9	3,0	20,6 ^b	20,2 ^b	1,1
1,0 metabisulfito	53,5 ^b	43,3	3,2	20,2 ^b	18,5 ^b	1,4
1,5 metabisulfito	55,9 ^b	41,1	3,0	18,4 ^b	18,1 ^b	1,6
2,0 metabisulfito	56,3 ^b	40,9	2,8	18,3 ^b	18,1 ^b	1,7
Deshidratación al sol						
0,0 metabisulfito	43,7 ^a	53,3	3,0	29,9 ^a	19,5 ^b	0,9
0,5 metabisulfito	52,3 ^b	44,6	3,1	22,3 ^b	17,7 ^b	1,5
1,0 metabisulfito	55,3 ^b	41,9	2,8	22,2 ^b	15,6 ^{bc}	1,3
1,5 metabisulfito	57,6 ^b	39,5	2,9	21,2 ^b	14,1 ^c	1,3
2,0 metabisulfito	58,7 ^b	38,4	2,9	20,0 ^b	14,1 ^c	1,4

Los números con letras diferentes son estadísticamente diferentes.

Tomado de Murillo y col. (1977)

Cuadro No. 8

**CONTENIDO DE LIGNINA, PROTEINA LIGNIFICADA, CAFEINA Y
TANINOS EN PULPA DE CAFE TRATADA CON METABISULFITO DE SODIO**

Tratamiento	Proteína		Cafeína %	Taninos %
	Cruda %	Lignificada %		
Deshidratación mecánica				
0,0 metabisulfito	12,3	7,2 ^a	0,74 ^a	1,80
0,5 metabisulfito	10,2	4,0 ^b	0,68 ^b	3,15
1,0 metabisulfito	9,6	2,8 ^b	0,62 ^b	3,60
1,5 metabisulfito	9,3	2,9 ^b	0,65 ^b	3,15
2,0 metabisulfito	9,2	2,9 ^b	0,65 ^b	3,40
Deshidratación al sol				
0,0 metabisulfito	10,0	6,3 ^a	0,72 ^b	1,85
0,5 metabisulfito	10,4	4,0 ^b	0,67 ^b	3,20
1,0 metabisulfito	9,7	3,3 ^b	0,66 ^b	3,75
1,5 metabisulfito	9,5	3,4 ^b	0,63 ^c	3,40
2,0 metabisulfito	9,3	3,3 ^b	0,65 ^b	3,50

Los números con letras diferentes son estadísticamente diferentes.
Tomado de Murillo y col. (1977).

Las pulpas así tratadas se secaron al sol, se molieron y se evaluaron química y biológicamente.

La evaluación química de estos materiales arrojó resultados similares a los encontrados en el estudio anteriormente descrito (Bressani 1974, Murillo y col. 1977), en cuanto al efecto del metabisulfito sobre el contenido de fibra cruda, nitrógeno, contenidos celulares, paredes celulares, celulosa, y taninos. Se encontró además un incremento en el contenido de ácido caféico y clorogénico sin importar la forma en que se agregara esta sal, es decir, mezclada a la pulpa o sumergiendo la pulpa en la solución de metabisulfito. La única diferencia encontrada entre estos dos tratamientos fue su efecto sobre el contenido de cafeína, el cual aumentó en la pulpa tratada con metabisulfito seco, no hallándose ningún efecto sobre la concentración de este alcaloide cuando la pulpa se sumergió en la solución de metabisulfito.

La evaluación biológica de estos materiales se realizó con pollos y los resultados se describen en el Capítulo 6.

Tratamiento de la pulpa de café con agua

En los últimos años se han hecho varios intentos por extraer los compuestos tóxicos de la pulpa de café con el fin de aprovechar al máximo este subproducto agrícola. Uno de los solventes que más se ha utilizado para este propósito es el agua, ya que la mayor parte de las sustancias proble-

mas de la pulpa son solubles en agua, y este solvente es sumamente barato, abundante e inocuo para humanos y animales. Además, los productos extraídos de la pulpa, como la cafeína, pueden ser recuperados del extracto de la pulpa, por cristalización, lo cual favorecería el proceso desde el punto de vista económico, ya que al final del mismo se tendría una pulpa parcial o totalmente destoxificada que puede ser utilizada en nutrición animal, y un subproducto industrial como la cafeína que tiene un amplio mercado.

Molina y col. (1974a) evaluaron el proceso de decafeinización sobre la toxicidad y el valor nutritivo de la pulpa de café en ratas. La decafeinización 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 suficiente tanto en pulpa fresca como en pulpa deshidratada, también señalan que la percolación proporciona los niveles más bajos de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico, y que el porcentaje de proteína de la pulpa, no es afectado por este tratamiento (Cuadro No. 9). Además comprobaron que las ganancias de peso y la razón de conversión del alimento en estudios con ratas, fueron favorecidos por la decafeinización de la pulpa.

Cuadro No. 9

ANALISIS QUIMICOS DE LA PULPA DE CAFE TRATADA CON AGUA,
POR PERCOLACION A 94°C Y POR EXTRACCION A 25°C

	Percolación 94°C	Extracción 25°C	Control Pulpa Deshidratada a 75°C
Humedad	6,21	7,02	5,02
Extracto etéreo	4,50	5,03	4,00
Fibra cruda	28,11	24,83	16,40
Proteína (N x 6,25)	11,19	11,25	11,90
Cenizas	2,71	3,43	8,71
Cafeína	0,02	0,31	1,27
Taninos	0,53	1,81	2,40
Acido clorogénico	0,35	1,42	2,60
Acido cafeico	0,00	0,35	0,24
Acido cafeico total	0,18	1,06	1,56
Azúcares solubles totales	1,54	3,70	8,83

Tomado de Molina y col. (1974a)

Dado los resultados halagadores obtenidos en el estudio anterior, este grupo de investigadores (Cuevas 1976; Molina y col. 1976) se decidió a evaluar más a fondo el proceso de decafeinización de la pulpa, no sólo con miras a conocer mejor la acción destoxificante del proceso, sino también para evaluar su factibilidad económica.

Para el caso se utilizaron muestras de pulpa fresca, secada al sol, y secada en un secador a 100°C. Las percolaciones se evaluaron usando agua hirviendo (96°C) como solvente, proporciones de sólidos: solvente de 1:10 y de 1:20, y dos tamaños de partículas (pulpa entera y pulpa quebrantada,

Whole smaller than
Crushed?!

7

0,5-3,0 x 3,0-5,0 mm aproximadamente). Se obtuvieron datos de equilibrio para el sistema pulpa de café-agua-caffeína. Por medio del diagrama de fases se estimó el número de etapas ideales para obtener una eficiencia de extracción de 99%. Los mejores resultados los produjo la utilización de la proporción de sólido: solvente de 1:20, y pulpa de café entera y secada a 100°C, lo que rindió una extracción de 81,6% de cafeína, 44,3 de sólidos solubles totales y 39,9% de taninos.

El residuo de la extracción acusó un contenido proteínico (Nx6,25) porcentual muy similar al de la pulpa original, y un incremento en fibra cruda de 14,6% al compararla con la pulpa original. Dicho residuo fue evaluado en cerdos cuyos resultados se discuten en el Capítulo 5.

Los autores (Cuevas 1976, Molina y col. 1976) concluyen a partir de los resultados obtenidos que: a) los compuestos solubles que contiene la pulpa de café, pueden ser fácilmente extraídos con agua hirviendo, siendo el factor más importante la relación sólido: solvente; b) la percolación puede ser una alternativa de procesamiento de la pulpa de café siempre y cuando se encuentre un uso adecuado y económicamente factible para el extracto, como sería la recuperación de la cafeína extraída o la utilización de este extracto para la producción de proteína unicelular, y c) que la mejor alternativa es la percolación de pulpa deshidratada al sol, para utilizar el extracto para producir cafeína y el residuo para la producción de harina de pulpa destinada a la nutrición porcina.

Otros tratamientos químicos y físicos aplicados a la pulpa de café

Con el objeto de evaluar los cambios en composición química y digestibilidad *in vitro* que ocurren en la pulpa de café deshidratada cuando es sometida a la acción de compuestos alcalinos como el hidróxido de sodio (NaOH), Egaña y col. (1977a) deshidrataron al sol pulpa de café, la cual después de molida fue sometida a remojo durante 24 horas y a temperatura ambiente, con soluciones al 2,5 - 5,5 y 7,5% de NaOH en la proporción de sólido: solvente de 1:1. Al finalizar los tratamientos, las mezclas fueron neutralizadas con ácido clorhídrico 0,2N y secadas a 50°C durante 24 horas.

Los resultados de las determinaciones químicas y las pruebas de digestibilidad *in vitro* se pueden observar en el Cuadro No. 10.

Los autores de este estudio concluyen que los tratamientos alcalinos a base de NaOH, aplicados bajo las condiciones descritas, no mejoran el valor nutritivo de la pulpa de café deshidratada, pero sí producen una disminución del contenido de taninos, lo que podría tener algún significado biológico.

En otro estudio realizado por el mismo grupo de investigadores (Egaña y col. 1977a) se evaluó el efecto del procesamiento de la pulpa de café deshidratada sobre el consumo de alimento, ganancia en peso y eficiencia de conversión del alimento en ratas.

Cuadro No. 10

**CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA Y LA DIGESTIBILIDAD
IN VITRO DE LA PULPA DE CAFE SOMETIDA A TRATAMIENTOS ALCALINOS
CON HIDROXIDO DE SODIO**

Determinaciones realizadas	PCD* no tratada	Concentraciones de NaOH empleadas para tratamiento de PCD		
		2,5%	5,5%	7,5%
Componentes químicos: (% de la materia seca)				
Cenizas	7,60 ^a	8,70 ^b	10,9 ^c	12,9 ^d
Nitrógeno	1,74	1,78	1,76	1,79
Nitrógeno lignificado	0,86 ^b	1,08 ^a	1,05 ^a	1,02 ^a
Fibra cruda	24,3	26,7	23,9	23,8
Paredes celulares	50,5 ^c	63,1 ^b	68,5 ^a	62,9 ^b
Hemicelulosa	2,10 ^c	3,00 ^c	8,90 ^a	5,90 ^b
Celulosa	25,6	26,9	27,4	25,6
Lignina	21,8 ^b	32,2 ^a	31,7 ^a	30,8 ^a
Carbohidratos solub.	3,50	3,10	3,10	2,90
Taninos	2,70 ^a	2,10 ^b	1,80 ^{bc}	1,60 ^c
Cafeína	0,64 ^b	0,68 ^b	0,64 ^b	0,73 ^a
Digestibilidad <i>In vitro</i> de la materia seca	57,8 ^a	54,7 ^b	52,2 ^b	53,4 ^b

* Pulpa de café deshidratada

a,b,c: Cifras con letras diferentes en cada línea, son diferentes estadísticamente (P / 0,01).

Tomado de Egaña y col. (1977).

Para este propósito se elaboraron dietas que contenían 10, 15 y 20% de proteína, provenientes de caseína y de 30% de pulpa de café sometida a los siguientes tratamientos: molienda (P.C.D.), molienda y estrujamiento (PCE), molienda y tratamiento con NaOH al 5,5% (PCD + NaOH), y molienda, estrujamiento y tratamiento con NaOH (PCE + NaOH). De esta manera se obtuvieron 5 dietas por cada nivel protéico.

Los resultados obtenidos en este estudio se muestran en el Cuadro No. 11. En general, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos procesamientos a que se sometió la pulpa de café.

Consideraciones finales sobre los tratamientos con hidróxido de calcio, metabisulfito de sodio y agua

De los trabajos revisados para este capítulo se llegó a la conclusión de que es requisito indispensable una mejor caracterización química de las pulpas de café, para determinar y comprender mejor el efecto que pueden tener sobre ellas, los diferentes tratamientos químicos estudiados. A pesar de que hasta la fecha no se han obtenido efectos dramáticos con varios tratamientos químicos y físicos, no hay que descartar esta posibilidad, y es necesario seguir ensayando otros compuestos químicos y procesamientos físicos, hasta encontrar la forma más apropiada de destoxificación.

Cuadro No. 11

RESPUESTA DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETAS QUE CONTENIAN DIFERENTES NIVELES DE PROTEINA Y PULPA DE CAFE PROCESADA POR DISTINTOS METODOS

DIETAS	NIVEL DE PROTEINA DE LAS DIETAS								
	CA ¹	GP ²	EC ³	CA ¹	GP ²	EC ³	CA ¹	GP ²	EC ³
	10%			15%			20%		
Control	678,5	164,8	4,4	700 ^a	195,6 ^a	3,8 ^a	643,6 ^a	185,3 ^a	3,9 ^a
PCD	575,7 ^b	64,1 ^c	11,7 ^d	720,1	159,8	4,6	768,6	190,3	4,2
PCE	521,9 ^b	49,0 ^c	14,2 ^d	707,8	159,4	4,5	761,0	189,0	4,1
PCD ⁴ +5,5% NaOH	553,3 ^b	49,1 ^c	14,7 ^d	767,4	174,9	4,6	823,5	195,3	4,3
PCE ⁵ + 5,5% NaOH ⁶	567,4 ^b	53,4 ^c	13,3 ^d	770,6	165,8	4,6	815,9	202,9	4,1

a,b,c: Difieren significativamente de la dieta control con 10% de proteína

1: Consumo de alimento

2: Ganancia de peso

3: Eficiencia de conversión (gramos de alimento consumido/gramos de peso aumentado)

4: Pulpa de café deshidratada

5: Pulpa de café estrujada

6: Hidróxido de sodio.

Tomado de Egaña y col. (1977a)

Cuadro No. 12

RESUMEN DEL EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EFECTUADOS SOBRE LA PULPA DE CAFE

Material	Compuestos químico y tratamiento	Resultados	Referencia
Pulpa entera fresca y ensilada	Hidróxido de Calcio Remojo: Soln. al 1, 2 y 3% de Ca(OH) ₂ Sol/Liq. = 1:2,5	Conforme aumenta la concentración de Ca(OH) ₂ disminuye el tiempo de deshidratación, el extracto etéreo, la fibra cruda, la proteína y los taninos.	Cuadros 1, 2, 3, 4, 5
Pulpa fresca picada	Contacto: Adición de 1, 2 y 3% de Ca(OH) ₂ a la pulpa húmeda Tiempo de aplicación 0 y 16 horas Deshidratación: sol	La mayor disminución de taninos es mayor en la pulpa fresca que en la ensilada Ensayo Biológico con ratas no mostró mejora en el valor nutritivo de la pulpa	Bendaña 1977; Gómez-Brenes y col. 1977
	Metabisulfito de Sodio	Disminución de la fibra cruda, nitrógeno, paredes celulares, celulosa, lignina y proteína lignificada	Cuadros 6, 7 y 8
Pulpa fresca	Contacto: adición de 0,5 1,0 y 1,5 y 2 g% de Na ₂ S ₂ O ₅ Deshidratación: Sol y rodos Contacto: adición de 0,025, 0,050, 0,100, 0,300 y 0,500 g% de Na ₂ S ₂ O ₅ Remojo: Soln. de igual conc. de metabisulfito Sol/Liq. = 1:1 Tiempo de aplicación: 20 minutos Deshidratación: sol	Aumento de cenizas, extracto libre de nitrógeno, contenido celular y taninos. No hubo diferencia entre tratamientos de deshidratación Efecto similar al estudio anterior, además aumentó de ácido clorogénico y Ac. caféico Mayor contenido de cafeína en la pulpa tratada con metabisulfito por contacto	Bressani 1974; Murillo y col. 19-7 Jarquín y col. 1976 Solís 1977 Jarquín y col. 1976; Solís 1977

1 liter / 1 kg

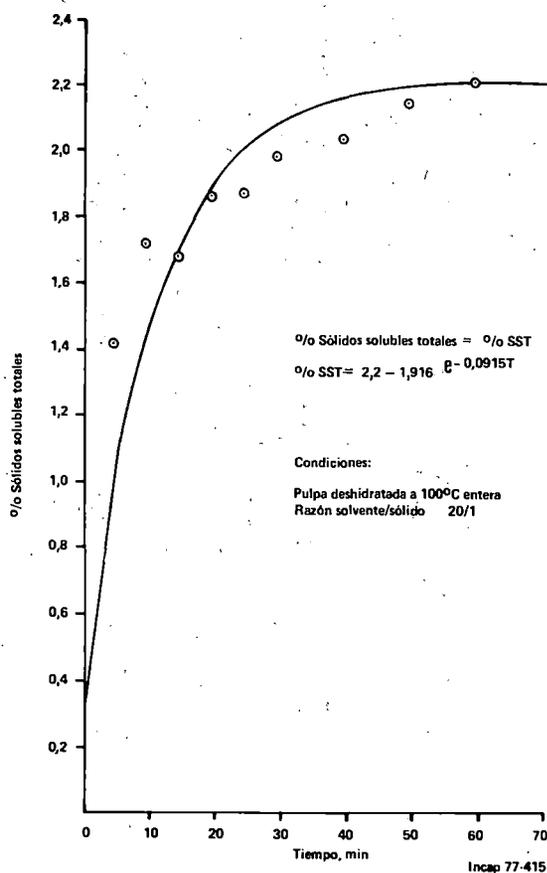
! in text, table as here.

*Dehydration
mixing.*

Pulpa deshidratada al sol y molida	Agua Percolación: 94°C Sol/Liq = 1:20 Extracción: 25°C	Aumento del extracto etéreo y de la fibra cruda Disminución de proteína, cenizas, cafeína, taninos, ácido clorogénico, ácido cafeico y azúcares libres totales	Figura 1 Cuadro 9 Molina y col. 1974a; 1976; Cuevas 1976
Pulpa deshidratada al sol y molida	Hidróxido de Sodio Remojo: Sol. al 2,5, 5,5 y 7,5 g% de NaOH Sol/Liq = 1:1 Tiempo de aplicación: 24 horas Neutralización después de remojo con HCl 0,2 N	Aumento de cenizas, nitrógeno lignificado, paredes celulares, hemicelulosa y lignina Disminución de carbohidratos solubles, taninos y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	Cuadro 10 Egaña y col. 1977
Pulpa deshidratada al sol	Molienda Molienda y estrujamiento Molienda y NaOH al 5,5 g% Molienda, estrujamiento y tratamiento con NaOH	Evaluación biológica en ratas: no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos	Cuadro 11 Egaña y col. 1977a

Si se conoce exactamente el efecto del medio ambiente y las características genéticas sobre los factores tóxicos de la pulpa, es posible utilizar diferentes tratamientos químicos para los materiales con orígenes diferentes, y no tratar de aplicar un solo tratamiento de destoxificación a todos los materiales irrespectivamente de su origen. Es posible que tanto el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, como el NaOH , el metabisulfito de sodio y el agua, tengan mayor efecto destoxicante sobre algún tipo de pulpa de café con ciertas características químicas aún no completamente definidas y que, posiblemente, sean diferentes a los materiales estudiados anteriormente, ya que de los beneficios de café se obtienen muestras muy heterogéneas, por lo cual son necesarios estudios investigativos más completos que tomen en consideración los factores genéticos y ambientales sobre la planta de café y, consecuentemente, sobre la pulpa.

Figura 1
Extracción de sólidos vs. tiempo



Bibliografía

- 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 de ICAITI) (No. 1).
- ALBA, J. de. Alimentación del ganado en América Latina. México. Editorial Fournier, 1971. p. 94-104.
- BENDAÑA GARCIA, G. Efecto de tratamientos alcalinos por remojo y contacto, sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café fresca o ensilada. Tesis (Magister Scientifcae). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. INCAP/CESNA. Guatemala, 1977. 50 p.
- BRAHAM, J. E.; R. Jarquín R. Bressani, L. G. Elías, C. Tejada y J. M. González. Effect of cooking and of addition of calcium and iron on gossypol toxicity in swine. Fed. Proc. 24:626, 1965.
- BRESSANI, R.; R. A. Gómez Brenes y N. S. Scrimshaw. Effect of processing on distribution and in vitro availability of niacin of corn (*Zea mays*). Food Technol. 15: 450-454, 1961.
- BRAVERMAN, J. B. S. Oxidación biológica - Empardecimiento enzimático. En: Introducción a la bioquímica de los alimentos. Cap. 19 Ediciones OMEGA, S. A. Barcelona, España. p. 309-324, 1967.
- BRESSANI, R.; E. Estrada y R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba 22:299-304, 1972.
- BRESSANI, R.; L. G. Elías y R. A. Gómez-Brenes. Improvement of protein quality by amino acid and protein supplementation. In: International Encyclopaedia of Food and Nutrition. Protein and Amino Acid Functions. Vol. 11. Chapter 10. E. J. Bigwood (Ed). Oxford, England, Pergamon Press. p. 475-540. 1972.
- BRESSANI, R. Composición química de los subproductos del café. In: 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, Costa Rica, IICA, 1974. p. 13.
- BRESSANI, R. 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 (EX-PICA 76) San Salvador, El Salvador 3-8 mayo, 1976. Guatemala, INCAP, 1976. 25 p. Mimeografiado.
- CUEVAS GARCIA, R. Optimización y factibilidad económica del proceso de decafeinización de la pulpa de café. Tesis (Magister Scientifcae). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/Universidad de San Carlos de Guatemala - INCAP/CESNA, Guatemala 1976.
- EGAÑA, J. I.; M. T. Cabezas, B. Murillo y R. Bressani. Cambios en la composición química y la digestibilidad in vitro de la pulpa de café sometida a tratamientos alcalinos con hidróxido de sodio. In: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Informe Anual 1o. de enero - 31 de diciembre de 1976. Guatemala, 1977.
- EGAÑA, J. I.; B. Murillo, M. T. Cabezas y R. Bressani. Efecto del nivel de proteína y del procesamiento de la pulpa de café sobre el valor

- nutritivo de dietas para ratas. In: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe Anual. 1o. de enero-31 de diciembre de 1976. Guatemala, 1977.
- GOMEZ BRENES, R. A.; G. Bendaña, C. E. Amézquita, J. E. Braham y R. Bressani. Estudio comparativo entre pulpa de café fresca y ensilada y efecto de tratamientos alcalinos con hidróxido de calcio sobre el valor nutritivo y composición química de la pulpa de café. In: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Informe Anual. 10 de enero-31 de diciembre 1976. Guatemala 1977.
- JAFFE, W. y D. S. Ortiz. Notas sobre el valor alimenticio de la pulpa de café. *Agro (Venezuela)* 23: 31-37, 1952.
- JARQUIN, R.; J. M. González, C. Solís y R. Bressani. Evaluación química y nutricional de la pulpa de café adicionada de metabisulfito de sodio en pollos de engorde. In: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Informe Anual. 1o. de enero-31 de diciembre de 1975. Guatemala, 1976.
- JOSLYN, M. A. Tannins. In: *Methods in Food Analysis Applied to Plant Products*. Chapter XIX. Academic Press, Inc. Publishers, New York, N. Y. p. 411-481. 1950.
- 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* 24:280-284, 1974.
- MOLINA, M. R.; G. de la Fuente, M. A. Batten, y R. Bressani. Decaffeination. A process to detoxify coffee pulp. *J. Agr. Food Chem.* 22: 1055-1059, 1974.
- MOLINA, M. R.; R. Cuevas y R. Bressani. Optimización del proceso de decafeinización de la pulpa de café. En: Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Informe Anual. 10 de enero-31 de diciembre de 1975. Guatemala, 1976.
- MURILLO, B.; M. T. Cabezas, R. Jarquín y R. Bressani. Effect of bisulfite addition on the chemical composition and cellular content fractions of dehydrated coffee pulp. Enviado a publicación a *Agric. and Food Chem.* 1977.
- SOLIS MURALLES, C. R. Evaluación química y nutricional de la pulpa de café adicionada de metabisulfito de sodio en pollos de engorde. Tesis (Lic. en zootecnia). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala, 1977.

Factores Antifisiológicos en la Pulpa de Café

Ricardo Bressani*

Introducción

Un examen de la composición química de la pulpa de café (Capítulo 2) sugiere que este subproducto agrícola puede jugar un papel importante en la producción animal. Ya se ha presentado evidencia a este respecto en capítulos anteriores de esta monografía, sin embargo, los resultados muestran que las cantidades de pulpa consumidas o aquellas que pueden ser incorporadas en alimentos para animales sin que produzcan efectos tóxicos son limitadas. Si estas cantidades aumentan se presenta a menudo mortalidad en los animales, especialmente en las especies menores como ratas (Bressani y col. 1973) y polluelos (Capítulo 6), aunque también se ha encontrado en rumiantes alimentados exclusivamente con pulpa de café o con raciones que contienen un alto porcentaje de ella (Squibb 1945). Hasta el presente, no hay evidencia que indique conclusivamente cuáles son las sustancias presentes en la pulpa responsables de esta acción tóxica. Aun más, es posible que tales efectos hayan sido inducidos por otros compuestos que la pulpa adquiere durante su manejo y procesamiento. Como se indicara anteriormente, debido a su alto contenido de agua y de azúcares, la pulpa se contamina fácilmente con hongos y otros microorganismos capaces de producir toxinas responsables por los efectos observados (Capítulo 7).

Esta sección por lo tanto, tratará de revisar la información disponible sobre la relación existente entre varias sustancias presentes en la pulpa de café, las observaciones patológicas recabadas en los diferentes animales experimentales usados y su comportamiento en relación a ganancia de peso, conversión alimenticia y utilización de los nutrientes presentes en la pulpa de café.

*Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP.

Sumario sobre los efectos adversos observados en animales alimentados con pulpa de café

Una revisión de los resultados publicados sobre la utilización de pulpa de café como ingrediente de raciones para animales ha mostrado que este material causa una serie de efectos indeseables que se suman en el Cuadro No. 1. Las especies animales usadas fueron ratas, polluelos, cerdos, y ganado de carne y de leche, cabras y peces. En todos los estudios que se describen en varios capítulos de esta monografía, la presencia de pulpa de café en la dieta, en cantidades que varían con la especie, induce una disminución en el consumo del alimento. La mayoría de los estudios realizados con ganado adscriben este efecto a la palatabilidad de la pulpa, lo que puede corregirse parcialmente con la adición de melaza de caña de azúcar, mezclando la pulpa con pasto o ensilándola. Existe una tendencia en todos los animales a adaptarse al consumo de pulpa, pero la disminución en la ingestión del alimento resulta en una ganancia de peso baja y pobre conversión alimenticia.

Los estudios publicados indican también que durante algún tiempo después de estar consumiendo pulpa de café, los animales muestran mayor actividad física y en el ganado se ha encontrado un aumento de la libido (Osegueda y col. 1970). Este último se presenta más pronto con los niveles altos de pulpa, pero es solamente un efecto temporal. Se ha indicado también que en cerdos y ganado de carne se observa un aumento en la excreción de orina, y en pollos se ha encontrado un aumento en el consumo de agua. Niveles altos de pulpa, generalmente mayores de 30% en la ración, causan una alta mortalidad en ratas y pollos jóvenes; los animales adultos parecen ser más resistentes.

No se ha informado de mortalidad en cerdos y únicamente en pocos casos en ganado. En ratas, la mortalidad ocurre dentro de 5 días después de haber iniciado el consumo de pulpa. Los animales muestran irritabilidad, picazón en el cuerpo y desarrollan ampollas en la planta de las patas y en las piernas que poco después sangran. En el ganado, consumos altos de pulpa resultan en emaciación y lesiones de la piel, así como en pérdida de pelo o pelo con estructura anormal (Madden 1948). En todos los casos se observa una digestibilidad baja de la ración y una retención de nitrógeno disminuida que en los animales jóvenes llega a ser negativa. Las sustancias responsables de estos efectos no han sido identificadas, sin embargo, la adición simultánea de cafeína y taninos puros ha demostrado reducir la ganancia de peso en animales (Estrada 1973). Estas dos sustancias se encuentran presentes en cantidades relativamente altas en la pulpa de café.

Se han realizado varios estudios para determinar la metodología práctica para reducir los efectos adversos de la pulpa de café en animales. En todas las especies animales un consumo alto de proteína reduce el efecto adverso de un nivel fijo de pulpa de café, o permite la inclusión de niveles más altos en la ración. En algunos de ellos, el ensilaje ha demostrado ser efectivo en mejorar la respuesta de los animales. El efecto biológico de la adición de metabisulfito de sodio a la pulpa de café ha sido contradictorio

y no se ha encontrado ningún beneficio biológico cuando la pulpa se trata con sustancias alcalinas. Sin embargo, se han encontrado cambios en la composición química cuando se usan estas sustancias (Capítulo 9).

Cuadro No. 1

EFFECTOS FISIOLÓGICOS ADVERSOS OBSERVADOS EN ANIMALES ALIMENTADOS CON PULPA DE CAFÉ (PC)

Especie Animal	Síntomas y observaciones
Ratas	Bajo consumo de la ración Eficiencia de conversión baja Ampollas en las plantas de los pies y piernas Irritación y hemorragias de la piel Mortalidad con niveles superiores a 30% PC en la dieta Niveles altos de proteína protegen al animal Ensilaje mejor utilizado que la pulpa seca Proteína de alta calidad mejora la utilización
Polluelos	Bajo consumo de alimento Eficiencia de conversión baja Aumento en el consumo de agua Si la calidad proteica es alta, no se presenta mortalidad con niveles hasta de 30%, mortalidad alta con niveles superiores a 30% en la ración Nivel recomendado en la dieta: no más de 10% Tratamiento de la PC con metabisulfito de sodio mejora el comportamiento de los animales
Cerdos	Bajo consumo de alimento Eficiencia de conversión baja No se ha observado mortalidad Nivel recomendado: entre 15 y 20% de la ración Metabisulfito: no tiene ningún efecto Metionina: no tiene ningún efecto Nerviosismo Aumento en la excreción de orina Balance de nitrógeno y digestibilidad bajos
Ganado (de carne y cabras)	Bajo consumo de alimento, baja palatabilidad Eficiencia de conversión baja Mortalidad en algunos casos Emaciación cuando el nivel de PC es alto Lesiones dérmicas, pérdida de pelo, estructura peculiar del pelo, adaptación a la PC Aumento de la excreción de orina Balance de nitrógeno bajo Digestibilidad baja de la proteína Cafeína y ácido tánico simultáneamente producen actividad Nivel recomendado: 20% Ensilaje superior a la pulpa seca Aumento temporal de la libido
Ganado lechero	Ningún efecto adverso Producción normal de leche Nivel recomendado: no se ha determinado Se necesita más investigación

Contenido de sustancias con una posible acción antifisiológica en la pulpa de café

El número de sustancias con un posible efecto antifisiológico en la pulpa de café no se ha determinado, pero con base en el análisis químico del grano de café, se han seleccionado cuatro de ellas para estudiar si existe correlación entre su contenido en la pulpa y los efectos adversos observados en animales. Estas sustancias son: a) cafeína; b) los fenoles libres o monómeros, ácido clorogénico, caféico y tánico, y c) los fenoles poliméricos, es decir los taninos hidrolizables y los condensados. En la pulpa de café seca, la cafeína se presenta en concentraciones que varían de 0,6 a 1,2% (Capítulo 2), de los fenoles libres, el ácido clorogénico varía de 0,18 a 3,16%, el caféico o ácido 3-4-Di-hidrocinámico de 0,28 a 2,58% y el tánico —ácido digálico o galotánico— en concentraciones que varían de 2,30 a 5,56%.

Además de estos compuestos, la pulpa de café contiene cierta cantidad de taninos poliméricos, así como cantidades relativamente altas de potasio. Todas estas sustancias pueden, directa o indirectamente, tener un efecto antifisiológico cuyo mecanismo se encuentra todavía bajo estudio. Es posible que la pulpa de café contenga otras sustancias responsables de los efectos observados ya sea por acción individual o por una acción sinérgica con los compuestos mencionados. Se sabe muy poco, sin embargo, sobre las sustancias tóxicas en la pulpa porque no se ha efectuado suficiente investigación sobre su identificación y acción antifisiológica, ya que los estudios sobre este subproducto se han concentrado en aspectos de utilización. Por lo tanto, la discusión subsecuente se basa en informes publicados sobre los efectos de las sustancias ya mencionadas, informes que pueden ser de naturaleza un tanto especulativa, pero que pueden proveer una base para encaminar la investigación futura en este rubro y aumentar así la eficiencia en la utilización de los demás nutrientes en la pulpa y de ésta como tal.

Probables efectos fisiológicos de sustancias específicas presentes en la pulpa de café

De la evidencia que se ha recogido hasta ahora en los resultados obtenidos cuando se administra pulpa de café, y de la evidencia de los efectos de fenoles vegetales se ha podido desarrollar un esquema que muestra la posible acción antifisiológica de los diferentes componentes de la pulpa. Este esquema se presenta en el Cuadro No. 1, y debe tomarse como una hipótesis de trabajo para ayudar a diseñar estudios que aumenten nuestros conocimientos sobre los usos prácticos de la pulpa de café (Bressani 1975).

Cafeína

El efecto fisiológico de este bien conocido alcaloide del tipo de purina metilada está bien documentado y no se intentará revisarlo aquí. Sin embargo, tres factores parecen ser de importancia acerca de esta sustancia en relación con la pulpa de café y su efecto en varios animales; estos facto-

res son: a) concentración relativamente alta de nitrógeno en la cafeína, b) su efecto bien conocido de estimular la actividad física, y c) su igualmente bien conocido efecto diurético.

La cafeína contiene 26,38% de nitrógeno y se encuentra en una concentración promedio de 1,0% en la pulpa de café deshidratada (Capítulo 2). Esto significa, por lo tanto, que el nitrógeno proveniente de cafeína asciende en la pulpa de café a 0,26%, que equivale a un valor de proteína cruda de 1,6%. Por otra parte, se ha informado que la pulpa contiene un promedio de 11,0% de proteína cruda; de ésta 15% proviene de cafeína, que no debe de considerarse como nitrógeno proteínico al formular dietas para estudios de balance nitrogenado, ya que influiría sobre los valores de digestibilidad. La significancia de esto es, sin embargo, pequeña y obviamente no tiene ningún efecto antifisiológico directo.

La simple observación ha demostrado que rumiantes y ratas, pero no cerdos, que consumen pulpa de café muestran una actividad motora aumentada. Aunque no se han tomado medidas para cuantificar esta actividad en los animales, los investigadores la han mencionado en sus informes. El resultado de esta actividad anormal podría ser un aumento en el uso de la energía que tendría como efecto final un descenso en la ganancia de peso y en la eficiencia de conversión. La cafeína no es la única sustancia presente en la pulpa de café responsable de este efecto ya que se ha informado que el ácido clorogénico actúa de una manera similar.

En los estudios de alimentación, especialmente con rumiantes, se ha observado consistentemente un aumento en la diuresis, relacionado directamente con la concentración de pulpa en la ración (Capítulo 4). En un estudio con terneros de 3 meses de edad alimentados con una dieta que contenía 24% de pulpa de café, los animales excretaron 3.832 ml de orina por día en comparación con aquellos animales que no recibieron pulpa en la ración y que excretaron 2.652 ml/orina/día. Este aumento en la excreción de orina acarreó consigo un aumento en la excreción de nitrógeno (Capítulo 4) que si no se compensa con un aumento en la ingestión de este elemento podría fácilmente depletar al animal de proteína. Esto explicaría en parte el estado de emaciación encontrado en animales alimentados con niveles muy altos de pulpa de café (Madden 1948), y podría también explicar los resultados de estudios en los que se ha demostrado que niveles altos de proteína en la dieta aumentan la tolerancia a concentraciones altas de pulpa de café (Flores Recinos 1973). El alto contenido proteínico puede muy bien compensar las pérdidas de nitrógeno causadas por una alta excreción de orina. Estos efectos de la pulpa de café, sin embargo, no deben ser atribuidos, al menos al presente, solamente a la cafeína ya que los resultados obtenidos por Cunningham (1968) en cerdos indican que pequeñas cantidades de cafeína aumentan el balance de nitrógeno.

En estudios con polluelos se ha encontrado que cuando se les proporcionan dietas que contienen 20 y 30% de pulpa de café, muestran ganancias de peso menores y eficiencias de conversión peores que aquellos cuya dieta contiene 0 ó 10% de pulpa. Los animales alimentados con ésta mostraron también un aumento en el consumo de agua (Bressani y col. 1977) lo que se tomó como una medida indirecta ya que la orina en el pollo se excre-

ta junto con las heces fecales. Un aspecto adicional que puede ser de importancia si la pulpa de café entra a formar parte de un sistema de producción animal, es el posible efecto sobre el proceso reproductivo, ya que se ha informado (Ax y col. 1974) que 0,05% de cafeína en la dieta de gallinas ponedoras aumenta la mortandad embrionaria. Sería de mucho interés determinar si la administración de pulpa de café en animales preñados resultaría en el mismo efecto al observado en pollos.

Un punto final con respecto a la cafeína es el posible aumento de ácidos grasos libres en el plasma sanguíneo (Cunningham 1968). Este efecto de la pulpa de café no ha sido consistente en estudios con rumiantes (Estrada 1973; Braham y col. 1973; Jarquín y col. 1973). De cualquier manera, su significancia en términos de pulpa de café todavía no es clara.

Fenoles libres

El papel que juegan los tres polifenoles —ácidos caféico, clorogénico y tánico— contenidos en la pulpa de café (Capítulo 2) todavía no ha sido completamente definido. Sin embargo, investigaciones llevadas a cabo con estas sustancias pueden servir para interpretar su efecto en la pulpa de café. Su acción por lo tanto, está relacionada con: a) la bioquímica misma de la pulpa de café, b) el efecto que puedan tener sobre la utilización de los nutrientes de la pulpa, y c) sus efectos antifisiológicos.

Con respecto a la bioquímica de la pulpa, se ha observado que al ponerse ésta en contacto con el aire, ya sea fresca o ensilada, cambia de un color rojo sangre cuando fresca a uno marrón oscuro o negro. Este cambio de color ha sido atribuido a reacciones de empardeamiento enzimático causadas por la oxidación de los polifenoles o quinonas, las que a su vez se combinan con aminoácidos libres y proteínas para dar complejos de coloración oscura. La ligación de las proteínas por estos productos de oxidación tiene un efecto sobre la digestibilidad de la proteína y, por lo tanto, en la cantidad absorbida de este nutriente para llenar las necesidades fisiológicas. Que esta reacción tiene lugar al ponerse la pulpa en contacto con el aire se comprueba porque la reacción de empardeamiento enzimático es inhibida por el tratamiento con sulfito que redundó en un aumento en el contenido de los tres fenoles, al mismo tiempo que en una reducción de la cantidad de proteína lignificada (Murillo y col. 1977). Los polifenoles libres pueden interferir con la utilización de la proteína, ligándola, pero también pueden combinarse con las enzimas digestivas (McLead 1974; Loomis y Battaile 1966). La disminución en la digestibilidad de la proteína puede también servir para explicar el efecto protector de los niveles altos de proteína en las dietas que contienen pulpa de café (Flores Recinos 1973). El efecto de estos polifenoles de interferir con la utilización de los nutrientes no se limita a la proteína ya que puede interferir con otros nutrientes. Existen informes que indican que el ácido cafeico puede actuar como una anti-tiamina (Somogy y Bonicke 1966, Somogy y Nägeli 1976). En esta serie de estudios se demostró que los compuestos fenólicos que tienen el grupo hidroxilo en posición orto inhiben la tiamina. Estas pruebas se han realizado por medio de técnicas *in vitro*; no hay evidencia, sin embargo, de estudios realizados *in vivo*.

Se ha demostrado (Bonicke y Czok 1970) que dosis orales altas de ácido clorogénico a conejos provocan una acción anti-tiamina en el suero sanguíneo según se ha medido *in vitro*. Recientemente, el mismo grupo de investigadores (Somogy y Nägeli 1976) presentó evidencia obtenida en seres humanos que sugieren que los orto-difenoles — tales como los ácidos clorogénico, caféico y tánico— ejercen un efecto anti-tiamina en humanos. En estudios recientes con rumiantes realizados en nuestros laboratorios, la inyección intramuscular de 100 mg de tiamina por animal estimuló la ingestión de pulpa de café. Estas observaciones se están verificando, ya que es sabido que los rumiantes son capaces de sintetizar tiamina. Es posible, sin embargo, que los ortofenoles inhiban la microflora, ya que los estudios de Somogy con el método microbiológico para determinación de tiamina y *Lactobacillus casei* como el organismo de prueba — componente corriente de la flora intestinal— han mostrado esta clase de inhibición (Somogy y Bonicke 1969, Somogy y Nägeli 1976).

Los polifenoles son sustancias que se encuentran en la mayor parte de los vegetales, incluyendo la pulpa de café, y el organismo animal posee mecanismos para eliminarlos una vez han sido absorbidos del tracto gastrointestinal. Es posible que no todos los polifenoles reaccionen con la proteína en la pulpa de café ya que cantidades variables de estos compuestos se encuentran también en la pulpa deshidratada (Capítulo 7). Cantidades mayores se encuentran en ésta si la pulpa es tratada con sulfito (Muriillo y col. 1977), y también pueden formarse a partir de los taninos hidrolizables (McLead 1974). Estos fenoles estarían libres en el tracto gastrointestinal y cierta cantidad de ellos probablemente se absorbe.

El mecanismo por medio del cual el organismo se deshace de estos compuestos es conjugándolos con los ácidos sulfúrico o glucurónico (Williams 1964). Los compuestos fenólicos pueden también sufrir reacciones de metilación y deshidroxilación. Cuando se eliminan como compuestos conjugados con el ácido sulfúrico, aparecen en la orina como sulfatos etéreos, lo que podría ser una prueba química para evaluar el papel que los fenoles juegan en la pulpa de café cuando ésta es consumida por los animales. El ácido sulfúrico se deriva probablemente del metabolismo de la cistina. Irrespectivo de si la destoxificación se realiza a través del ácido sulfúrico o del ácido glucurónico, el mecanismo tiene implicaciones importantes en el valor nutricional de la pulpa de café y su efecto sobre el comportamiento de los animales.

Existe evidencia bioquímica que sugiere que los animales alimentados con pulpa de café muestran un nivel bajo de glucosa sanguínea (Jarquín y col. 1973). Por otra parte, la destoxificación a través de compuestos sulfurados implica que los aminoácidos que contienen azufre están siendo utilizados para este propósito, aumentando así las necesidades dietéticas de metionina. Algunos resultados preliminares indican que la excreción de sulfatos etéreos en la orina puede aumentar en los animales alimentados con pulpa de café, sin embargo, no se ha observado ninguna respuesta a este respecto cuando la ración se suplementa con metionina (Jarquín y col. 1977). Si los requerimientos de azufre se encontraran aumentados, el tratamiento de la pulpa de café con sulfitos sería muy ventajoso, ya que

serviría no sólo como una fuente de azufre sino que también interferiría con la reacción fenol-proteína, haciendo la proteína más disponible para el animal.

Taninos

Los compuestos fenólicos discutidos en la sección anterior son compuestos monómeros, pero en el tejido vegetal también existen dos grupos de polímeros de naturaleza fenólica. La lignina se deriva de la polimerización de unidades fenil-propanoicas, y constituye, con la celulosa, el material estructural de los vegetales superiores. El segundo grupo de polímeros fenólicos se conoce bajo el término poco definido de taninos. Químicamente, los taninos se pueden agrupar en dos clases, los taninos hidrolizables que se hidrolizan en ácido gálico y azúcares, y los taninos condensados que se derivan de flavonoides monómeros. El posible papel que los taninos hidrolizables juegan en lo que respecta a los efectos adversos de la pulpa de café ya ha sido discutido.

La característica más importantes de los taninos es probablemente su capacidad de ligar proteínas, haciéndolas inaccesibles al organismo; también pueden actuar como inhibidores enzimáticos. La proteína dietética al unirse con los taninos puede ser protegida de la hidrólisis proteolítica enzimática en el rumen (Leroy y col. 1967). Estos compuestos poliméricos pueden, por lo tanto, interferir con el comportamiento de los animales al disminuir la disponibilidad biológica de la proteína consumida, o a través de un proceso de inactivación de la acción enzimática, o como una fuente de componentes fenólicos libres. No se dispone de evidencia en lo que respecta a este efecto particular, excepto que la pulpa de café deshidratada contiene alrededor de 50% de su proteína en forma lignificada.

Potasio

Es un hecho conocido que la pulpa de café contiene niveles altos de potasio. El papel que este elemento juega cuando se alimenta pulpa de café no es conocido. Existen informes en la literatura que indican que consumos altos de potasio aumentan las necesidades de magnesio del animal. Por otro lado, es posible que el alto consumo de aquél no tenga ningún efecto detrimental, ya que otros ingredientes para raciones, tales como las melazas de remolacha y de caña de azúcar, tienen también un alto contenido de potasio.

Conclusiones

En conclusión, se considera importante determinar el papel que las substancias discutidas juegan en la utilización de la pulpa de café como alimento para animales de crianza. Una vez que se encuentre disponible esta información se podrán diseñar los sistemas necesarios para la remoción de estas substancias de la pulpa, permitiendo así el uso de mayores niveles de este subproducto en alimentación animal.

Bibliografía

- AX, R. L.; J. R. Lodge y J. Bray. Increased embryonic loss in chickens from 0.05% dietary caffeine. *Poultry Sci.* 53:830-831, 1974.
- BONICKE, R. y G. Czok. Zur frage der antidihaminaktivität des kaffees. In: Proc. 4th Colloq. Int. Chim. Cafe's Verts. Amsterdam, junio 2-6. Patrocinado por ASIC. p. 209-214, 1969.
- 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.
- BRESSANI, R.; E. Estrada, L. G. Elías, R. Jarquín y L. Urrutia de Valle. Pulpa y pergamino de café. IV. El efecto de la pulpa de café deshidratada en la dieta de ratas y pollos. *Turrialba* 23:403-409, 1973.
- BRESSANI, R. Use of coffee processing waste as animal feed and industrial raw material. Presentado en la Reunión Anual del IFT, Chicago, Illinois, June 8-12, 1975.
- BRESSANI, R. y J. M. González. Evaluación de la pulpa de café como sustituto del maíz en raciones para pollos de carne. Enviado a publicación, 1977.
- CUNNINGHAM, H. M. Effect of caffeine on nitrogen retention and the oxidation of C14 - labeled body fat in pigs. *J. Animal Sci.* 27:424-430, 1968.
- DAVIS, J. S. y J. C. Somogyi. Reaction mechanism of the Inactivation of thiamine by 3, 4, - dihydroxycinnamic acid. *International J. Bit. Res.* 39: 401-406, 1969.
- ESTRADA, E. Cafeína y taninos como factores limitantes en el uso de la pulpa de café en la alimentación de terneros. Tesis de Maestría. Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos. (CESNA), INCAP, 1973.
- FLORES RECINOS. F. Respuesta bio-económica de novillos en engorde alimentados con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína. Tesis de grado de Magister Scientifiae IICA (Centro Tropical de Enseñanza e Investigación). Departamento de Ganadería Tropical, Turrialba, Costa Rica, 1973.
- JARQUIN, R.; 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: 41-47, 1973.
- JARQUIN, R.; R. Gómez Brenes, L. Berducido y R. Bressani. Efecto de los niveles proteínicos y de la pulpa de café en raciones para cerdos criollos. *Turrialba*, 1977.
- LEROY, F.; S. Z. Zelzer and A. Francis. Proc. Int. Congress Nutrition 5:113-117, 1967.
- LOOMIS, W. D. y J. Battaile. Plan phenolic compounds and the isolation of plant enzymes. *Phytochem.* 5:423-438, 1966.
- MADDEN, D. E. The value of coffee pulp silage as a feed for cattle. Tesis Instituto Inter-Americano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. agosto 1948.
- McLEOD, M. N. Plant Tannins. Their role in forage quality. *Nutr. Abst. and Revs.* 44:804-815, 1974.
- MURILLO, B.; M. T. Cabezas, R. Jarquín y R. Bressani. Effect of bisulfite addition on the chemical composition and cellular content fractions of dehydrated coffee pulp. *J. Agr. and Food Chem.* (mayo/junio, 1977).

- OSEGUEDA, J.; F. L.; R. A. Quiteño h., R. A. Martínez y M. Rodríguez Ch. Uso de la pulpa de café seca en el engorde de novillos en confinamiento. p. 3-9. Agricultura en El Salvador, Año 10, No. 1 mayo/junio/1970. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador, C. A. 1970.
- SOMOGYI, J. C. y R. Bonicke. Connection between chemical structure and antithiamine activity of various phenol derivatives. International J. Vet. Res. 39:65-73, 1969.
- SOMOGYI, J. C. y U. Nägeli. Anti-thiamine effect of coffee. Intern. J. Vet. Nutr. Res. 46:149-153, 1976.
- SQUIBB, R. L. El empleo de la pulpa de café como alimento de ganado. Revista de Agricultura (Costa Rica). 17: 389-401, 1945.
- WILLIAMS, R. T. In: Biochemistry of Phenolic Compounds (J. B. Harbone, ed). pp. 205-248. Academic Press. London and New York, 1964.

Edición española: Stella R. de Feferbaum
Diseño y Producción: Jaime Rojas H.



Publicación del CIID
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Programa de Publicaciones
Edición de 1.000 ejemplares
Impreso en Revista Escala
Bogotá, Colombia, septiembre de 1978

