

EFFECTOS DEL TRATAMIENTO DE LA PULPA DE CAFE, FRESCA O ENSILADA, CON HIDROXIDO DE CALCIO, SOBRE SU VALOR NUTRITIVO¹

Roberto Gómez-Brenes,² Guillermo Bendaña,³ Jorge Mario González,² Roberto Jarquín,² J. Edgar Braham² y Ricardo Bressani⁴

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Guatemala, Guatemala, C. A.

RESUMEN

El presente estudio se efectuó para determinar los efectos de la adición de hidróxido de calcio sobre la composición química y valor nutritivo de la pulpa de café, fresca o ensilada. Se mezcló pulpa fresca o ensilada con 1, 2 y 3^o/o de hidróxido de calcio. El proceso se llevó a cabo en dos periodos de tiempo, 0 y 16 horas, respectivamente, después de los cuales las pulpas se dejaron secar al sol durante 36 horas, hasta alcanzar 12^o/o de humedad. Estas muestras se analizaron para determinar su composición química proximal y de algunos minerales (Ca, P, Na, K), así como por su contenido de cafeína, taninos y ácidos clorogénico y cafeico. Con los materiales ya analizados, se elaboraron raciones con 15^o/o de proteína y 15 ó 30^o/o de pulpa de café fresca o ensilada, las que se ofrecieron a ratas recién destetadas durante seis semanas. Se recolectó la información requerida, y los materiales necesarios para determinar ganancia de peso, eficiencia de alimentación, digestibilidad aparente y toxicidad de las raciones.

Los resultados del análisis químico mostraron que los principales cambios ocurridos en las pulpas a causa del efecto del hidróxido de calcio, fueron los siguientes:

Manuscrito modificado recibido: 18-2-88.

1- Este trabajo fue financiado por la Research Corporation, New York, N.Y. (Subvención INCAP No. PN-740) y el International Development Research Centre, Ottawa, Ontario, Canadá (Subvención INCAP No. PN-311).

2 Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

3 Estudiante del Curso de Postgrado en Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de los Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala/INCAP.

4 Coordinador de Investigaciones y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.

disminución del extracto etéreo (de 4.0 a 2.5), de la fibra cruda (de 18.3 a 11.9), y de la proteína (de 12.3 a 8.6), en una relación inversa al porcentaje de hidróxido de calcio utilizando ambas pulpas. La cantidad de ceniza se incrementó, fluctuando los valores entre 5.5 y 14.4% como consecuencia del Ca(OH)_2 agregado, lo que influyó al calcular la relación calcio:fósforo en las dietas. Se encontró una relación promedio de 7.2:1 en las pulpas control (0% de Ca(OH)_2) y de 59.0:1 en las pulpas que contenían el mayor porcentaje de Ca(OH)_2 (3%). Con respecto al contenido de cafeína, taninos y ácidos clorogénico y cafeico, se encontró que los tratamientos alcalinos sólo fueron efectivos en reducir los taninos de la pulpa, más en la fresca que en la ensilada. La cantidad de éstos disminuyó a medida que se incrementaba el porcentaje de hidróxido de calcio agregado y la duración del tratamiento.

Los resultados del ensayo biológico revelaron que el agregado de hidróxido de calcio en cualquiera de los dos tipos de aplicación y a cualquier concentración de las usadas, no mejoró el valor nutritivo de la pulpa de café. Siempre se observó mejor comportamiento en los animales que consumieron pulpa ensilada con respecto a los que consumieron pulpa fresca, y entre los que consumieron raciones con 15 ó 30% de pulpa. Se comportaron mejor los animales que consumieron raciones con sólo 15% de pulpa, ya fuese ensilada o fresca. En este estudio no se observó mortalidad en los animales que consumieron pulpa ensilada; sin embargo, con pulpa fresca tratada con hidróxido de calcio, se apreció alta mortalidad, hasta de un 88% en algunos grupos, principalmente en aquéllos que recibieron 30% de pulpa y 2 ó 3% de hidróxido de calcio.

INTRODUCCION

El uso intensivo de la pulpa de café, ya sea en la industria animal o de otro tipo, debe ser prioritario para muchos países latinoamericanos, por tres razones. Primero, ayudaría a evitar la contaminación ambiental, así como muchos problemas de salud pública. Segundo, hasta cierto grado evitaría la competencia que hoy día existe entre la industria de la alimentación animal y la alimentación humana por la adquisición de granos básicos. Tercero, porque es una materia prima abundante que ha sido y sigue siendo subutilizada en los países en desarrollo, que son los principales productores. Además, la composición química de este subproducto sugiere la posibilidad de obtener de él varios compuestos químicos de interés comercial.

El alto contenido (de 65 a 85%) de humedad (1, 2) de la pulpa de café, y la presencia en su composición química de ciertas sustancias como la cafeína (1, 3, 4), los taninos (3, 5, 6) y otros compuestos fenólicos (6, 7) —que se cree son tóxicos a los niveles que se encuentran en este material— han dificultado en gran medida su utilización en la nutrición animal.

Algunos investigadores (8, 9) han utilizado carbonato de calcio mezclado con la pulpa de café para acelerar su secamiento y mejorar la calidad de los ensilajes. Estos autores concluyeron que con carbonato de calcio es factible disminuir el tiempo de secado en la pulpa, pero ello no mejora la calidad de los ensilados.

Debido a su alcalinidad, el hidróxido de calcio induce hidrólisis parcial de las paredes celulares del pergamino de café (10), y ha sido efectivo en disminuir, en cerdos, el efecto tóxico del gopipol de la harina de algodón (11). A causa del bajo precio del hidróxido de calcio y de su gran

disponibilidad en los países del área, en el estudio aquí descrito se exploró su efectividad en mejorar el valor nutritivo de la pulpa de café fresca o ensilada.

MATERIAL Y METODOS

Pulpa de Café

Se usaron dos tipos de pulpa, fresca o ensilada, esta última almacenada durante 12 meses en un silo de trinchera ubicado en la Finca Experimental del INCAP.

Tratamiento con Hidróxido de Calcio para Determinar su Efecto sobre el Valor Nutritivo de la Pulpa

En este estudio se utilizaron tres concentraciones de hidróxido de calcio (1, 2 y 3^o/o), con base en el peso de la pulpa, y dos tiempos de tratamiento (0 y 16 horas). El diseño experimental se expone en la Tabla 1. El tratamiento con hidróxido de calcio consistió en mezclar la pulpa de café fresca o ensilada con la cantidad de Ca(OH)_2 correspondiente, dejándola luego en reposo por el tiempo estipulado (0 ó 16 horas). Después de este período, la pulpa se expuso al sol para secarla, lo que necesitó de 24 a 36 horas de exposición solar, con movimiento cada dos horas, hasta alcanzar cerca de 12^o/o de humedad. Luego se molió en un molino de martillo a 60 mallas y se guardó en refrigeración hasta que se le practicaron los análisis químicos y las pruebas biológicas.

El tratamiento control con 0^o/o de Ca(OH)_2 consistió en el uso de la pulpa fresca o ensilada sin ningún tratamiento alcalino, procediéndose a las operaciones de secado, molienda y almacenamiento descritas anteriormente.

Ensayos Biológicos

Se emplearon ratas jóvenes de la cepa Wistar, de 21 días de edad, provenientes del bioterio del INCAP, distribuyéndose ocho ratas para cada ración, cuatro machos y cuatro hembras. El ensayo tuvo una duración de seis semanas. Las raciones experimentales se elaboraron a un nivel de 15^o/o de proteína y 15 y 30^o/o de pulpa de café fresca o ensilada tratadas con hidróxido de calcio. Estas raciones se detallan en la Tabla 2.

Análisis Químicos

Se llevaron a cabo los siguientes análisis químicos, en la pulpa fresca o ensilada tratada con hidróxido de calcio: composición proximal por los métodos de la AOAC (13), cafeína por el procedimiento de Ishler, Finucane y Baker (14), taninos por el método de Schandler (15), ácido cafeico y ácido clorogénico según las técnicas de Pomenta y Burns (16), potasio por fotometría de llama y fósforo por el método de Fiske y Subbarow (17).

TABLA 1

**DISEÑO EXPERIMENTAL DE LOS TRATAMIENTOS CON HIDROXIDO
DE CALCIO, PARA PULPA FRESCA Y ENSILADA**

Tiempo de aplicación (horas)	Concentración de Ca(OH) ₂ (o/o)
0	1
	2
	3
16	1
	2
	3

TABLA 2

**COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS RACIONES CON 15% DE PROTEINA
Y 15 Y 30% DE PULPA FRESCA O ENSILADA, TRATADAS CON Ca(OH)₂,
UTILIZADAS EN EL ENSAYO CON RATAS EN CRECIMIENTO**

Ingrediente	1	2	3	4
Harina de soya	21.00	21.00	21.00	21.00
Granillo de trigo	30.00	15.00	30.00	15.00
Pulpa ensilada tratada con Ca(OH) ₂	15.00	30.00	—	—
Pulpa fresca tratada con Ca(OH) ₂	—	—	15.00	30.00
Aceite de semilla de algodón	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite de bacalao	1.00	1.00	1.00	1.00
Alphacel*	5.95	3.47	6.10	3.55
Almidón	18.05	20.53	17.90	20.45

* Alphacel: celulosa pura.

Todas las raciones fueron suplementadas con 5 ml de una solución de vitaminas (12) por cada 100 g de ración.

Analisis Estadístico

Para evaluar los resultados obtenidos en los ensayos biológicos, los datos se sometieron a un diseño estadístico en bloques al azar y luego se aplicó un análisis de varianza.

TABLA 1
CONDICIONES DE TOSTACION DE CAUPI, CANAVALLA Y LUPINO*

Leguminosas	Temperatura arena (°C)	Tiempo residencia		Temperatura del grano		Humedad del grano		Consumo gas (lb/hr)	Eficiencia** (o/o)
		Inicio min	Final min	Inicio °C	Final °C	Inicio o/o	Final o/o		
Caupí	150	2.5	19	19	94	20	6.3	1.12	53
Canavalia	150	2.0	14	14	90	20	6.2	1.12	45
Lupino	150	2.5	16	24	94	20	6.8	1.12	60
Caupí	200	2.5	17	10	100	20	4.2	1.75	44
Canavalia	200	2.0	14	14	96	20	4.3	1.75	52
Lupino	200	2.5	16	24	110	20	4.2	1.75	47
Caupí	250	2.5	20	20	116	20	1.1	2.00	38
Canavalia	250	2.0	15	16	117	20	1.4	2.00	51
Lupino	250	2.5	17	25	128	20	1.6	2.00	45

* La carga de leguminosa fue de 10 libras en cada corrida experimental.

** Eficiencia (o/o) =
$$\frac{m_L c_L \Delta T_L + m_V h_V}{m_G h_G}$$

m_L : Masa de leguminosa (kg/hr).

c_L : Calor específico leguminosas (BTU/kg°C).

ΔT_L : Cambio en temperatura del grano (°C).

m_V : Masa de vapor de agua (lb/hr).

m_V : Calor latente de vaporización (BTU/lb).

m_G : Masa de gas propano (lb/hr).

h_G : Calor de combustión de gas propano (BTU/lb).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis Químico Proximal

Los resultados del análisis químico proximal, tanto de la pulpa fresca como de la ensilada con y sin tratamiento alcalino, se presentan en la Tabla 3.

Según puede observarse en las columnas de extracto etéreo, fibra cruda y proteína, las pulpas sin tratamiento alcalino (00/o de $\text{Ca}(\text{OH})_2$), tanto fresca como ensilada, siempre mostraron valores mayores que las tratadas con diferentes porcentajes de hidróxido de calcio. En otras palabras, a mayor concentración de este compuesto inorgánico las pulpas contenían menores cantidades de estos nutrientes. Sin embargo, los valores iniciales para todos los compuestos con la excepción de cenizas, siempre fueron menores para la pulpa ensilada. Esto se interpretó en el sentido de que el proceso de ensilado indujo cambios en la estructura química de los compuestos orgánicos.

La disminución en el contenido de extracto etéreo de las pulpas tratadas con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ podría explicarse por una saponificación de las grasas con hidróxido de calcio, conducente a la formación de jabones insolubles en éter. Sucedió lo mismo con los valores de fibra cruda. Se sabe que los tratamientos con hidróxido de sodio, calcio o amonio, disminuyen el contenido de celulosa y hemicelulosa en el pergamino de la pulpa de café (10), y es muy probable que el hidróxido de calcio actúe de la misma manera sobre la pulpa, disminuyendo su contenido de fibra. Con respecto a la proteína, puede pensarse que el hidróxido de calcio actuó provocando una hidrólisis, lo cual redujo, por drenaje de líquidos —ya que la pulpa de café contiene altos niveles de agua—, el contenido de aminoácidos libres y nitrógeno no proteínico y, por lo tanto, el contenido total de proteína cruda de las pulpas. Asimismo, es posible que el pH alcalino haya inducido una liberación de amoníaco. En contraposición a lo anterior, los contenidos de ceniza aumentaron a medida que la concentración de hidróxido de calcio se incrementó en la pulpa. Como era de esperar, a excepción de la reducción en el contenido de fibra cruda —que podría considerarse beneficioso—, los tratamientos alcalinos redujeron los contenidos de grasa y proteína que son dos nutrientes esenciales para la alimentación animal. La elevación en el contenido de cenizas no puede considerarse una ventaja, ya que es el resultado de sólo la adición de hidróxido de calcio, provocando el consabido desbalance de minerales. Los resultados del análisis proximal de las pulpas libres de tratamiento (00/o de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) concuerdan con los publicados en la literatura (1-5).

*Otros Análisis Químicos**Minerales*

Las determinaciones de fósforo, calcio, sodio y potasio se realizaron con el propósito de observar el balance entre sodio y potasio, y el de fósforo respecto al contenido de calcio, que, como se esperaba, resultó ser muy alto en las pulpas con tratamientos alcalinos. Estos hallazgos se dan a conocer en la Tabla 4. Los resultados de la determinación de fósforo,

TABLA 3
ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE PULPA FRESCA (P. F.) Y PULPA ENSILADA (P. E.)
SOMETIDAS A TRATAMIENTOS ALCALINOS (g/o/o)

Tratamiento con Ca(OH) ₂ (hr)	Concentración de Ca(OH) ₂ o/o	Humedad		Extracto etéreo		Fibra cruda		Proteína (N x 6.25)		Cenizas		Extracto libre de nitrógeno*	
		P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.
0	0	7.8	10.8	4.0	3.7	18.3	16.8	12.3	10.4	6.8	9.5	50.8	48.8
	1	8.5	10.7	3.4	3.3	17.6	15.5	10.2	9.8	8.5	11.0	51.8	49.7
	2	11.1	9.1	3.1	3.0	16.7	12.1	10.8	10.4	9.9	13.5	48.4	51.9
	3	10.1	10.0	3.3	2.5	16.3	11.9	9.8	9.5	10.9	13.9	49.6	52.2
16	0	9.5	9.6	3.8	3.3	17.6	14.6	11.0	9.7	5.5	12.4	52.6	50.4
	1	9.7	9.6	3.1	3.2	17.4	14.8	10.3	9.7	10.5	10.9	49.0	51.8
	2	9.7	10.5	3.0	2.7	17.6	14.1	10.0	8.6	12.2	14.7	47.5	49.4
	3	9.8	9.6	3.0	2.9	15.8	13.7	9.4	8.8	13.4	15.4	48.6	49.6

* Calculado por diferencia.

TABLA 4

RELACION CALCIO/FOSFORO ENCONTRADA EN LAS MUESTRAS DE PULPA FRESCA O ENSILADA DESPUES DEL TRATAMIENTO CON HIDROXIDO DE CALCIO, Y CONTENIDO DE FOSFORO, CALCIO, SODIO Y POTASIO EN LAS PULPAS TESTIGO (mg/0/0)

Tratamiento con Ca(OH) ₂	Concentración de Ca(OH) ₂	Ca ^o /o Pulpa		Relación Ca:P	
		Fresca	Ensilada	Fresca	Ensilada
0	0	1.88	1.57	7.5/1	6.5/1
	1	2.00	2.46	18.7/1	21.4/1
	2	5.09	3.32	47.5/1	28.9/1
	3	6.70	4.98	62.6/1	43.2/1
16	0	1.82	1.18	7.7/1	6.4/1
	1	4.76	2.07	44.4/1	18.0/1
	2	5.80	3.79	54.1/1	32.5/1
	3	7.95	6.46	74.2/1	56.1/1

Contenido de minerales en las pulpas testigo

Fósforo	107	115
Calcio	817	830
Sodio	82	90
Potasio	1,650	1,715

sodio y potasio en las pulpas testigo (00/o de Ca(OH)₂), concuerdan con los publicados en la literatura (1, 5), aunque los de calcio parecen ser un poco más altos. Como era de prever, el nivel de calcio aumentó, tanto en la pulpa fresca, como en la ensilada. No obstante, el incremento en la pulpa ensilada fue menor. Con respecto a tiempo, los valores a 16 hr fueron superiores a los de 0 hr, lo que pudo haber sido por pérdidas de sulfatos orgánicos.

Cafeína, Taninos, Acido Clorogénico, Acido Cafeico

En la Tabla 5 se detallan los resultados de los análisis de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico, practicados en muestras de pulpa fresca o ensilada tratadas con Ca(OH)₂. Como lo revelan los datos, el contenido de cafeína fue mayor en la pulpa fresca que en la ensilada. En este caso, los tratamientos alcalinos no ejercieron ningún efecto sobre la disminución de cafeína, como lo demostró el análisis estadístico, al no existir diferencias significativas ($P < 0.05$) en ninguno de los tratamientos; solamente hubo diferencias entre las pulpas.

En la determinación de taninos, se observó que la pulpa fresca acusó mayor cantidad de taninos que la pulpa ensilada. La acción del tratamien-

TABLA 5

CONTENIDO DE CAFEINA, TANINOS, ACIDO CLOROGENICO Y
ACIDO CAFEICO EN PULPA DE CAFE, FRESCA (P. F.) O ENSILADA (P. E.),
SOMETIDA A TRATAMIENTO CON HIDROXIDO DE CALCIO
(g/o/o)

Tratamiento con Ca(OH) ₂ (hr)	Concentración de Ca(OH) ₂ o/o	Cafeína		Taninos		Acido clorogénico		Acido cafeico	
		P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.	P.F.	P.E.
0	0	1.10	0.63	2.10	1.35	1.71	1.49	0.18	0.16
	1	0.96	0.63	1.54	1.30	1.68	1.46	0.17	0.15
	2	0.98	0.62	1.21	1.31	1.65	1.41	0.19	0.16
	3	0.98	0.70	1.31	1.30	1.68	1.41	0.19	0.15
16	0	0.96	0.63	2.54	1.35	1.74	1.39	0.19	0.16
	1	0.98	0.65	1.46	1.37	1.69	1.40	0.17	0.13
	2	1.20	0.65	0.94	1.33	1.61	1.40	0.19	0.14
	3	0.98	0.67	0.96	1.29	1.63	1.38	0.19	0.14

to alcalino sobre el contenido de taninos reveló que, a mayor concentración de Ca(OH)₂, menor era la cantidad encontrada de estos compuestos, tanto en la pulpa fresca como en la ensilada. Pero, según se observó, en la pulpa fresca la disminución fue mayor que en la pulpa ensilada. Los resultados del análisis estadístico, mostraron que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre pulpas y entre tratamientos, siendo mejores en reducir el contenido de taninos aquéllas que estuvieron 16 horas con 2 y 3o/o de hidróxido de calcio.

Es probable que la menor reducción de taninos en la pulpa ensilada se deba a que, durante el proceso de ensilaje, y por la acción de la fermentación y cierta pérdida de humedad, la pulpa pierda cierta cantidad de taninos. Los taninos que han quedado se fijan fuertemente a otros compuestos, formando complejos, los cuales son más difíciles de eliminar que en la pulpa fresca que no ha sufrido aún ninguna alteración. Como lo informa la literatura (18, 19), la pulpa fresca contuvo mayor cantidad de taninos que la pulpa ensilada.

Los tratamientos alcalinos actuaron sobre el contenido de taninos de la pulpa, más en la fresca que en la ensilada, disminuyendo la cantidad de éstos a medida que se incrementa el porcentaje de Ca(OH)₂ y la duración del tratamiento.

Se han encontrado efectos similares al tratar granos de sorgo altos en taninos, con hidróxido de amonio, el cual no sólo redujo la cantidad de taninos, sino que mejoró el valor nutritivo de estos granos demostrado en ensayos con pollos (20). Un efecto similar puede ocurrir con los taninos de la pulpa de café.

Con respecto a los ácidos clorogénico y caféico, la pulpa fresca arrojó mayores valores que la pulpa ensilada. Los hallazgos indican que hubo

una ligera disminución en el contenido de ácido clorogénico a medida que el porcentaje de Ca(OH)_2 en los tratamientos se aumentaba. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre tratamientos.

Ensayo Biológico

En las Tablas 6 y 7 constan los resultados del ensayo con ratas en crecimiento alimentadas con raciones a base de pulpa fresca o ensilada tratadas con Ca(OH)_2 . En la Tabla 6 se observan los datos sobre consumo de alimento y ganancia de peso. El consumo de alimento fue mayor en los grupos alimentados con pulpa ensilada tratada con Ca(OH)_2 , que en aquellos que consumieron pulpa fresca más Ca(OH)_2 y, dentro de cada grupo, el nivel de 15% de pulpa en la ración indujo mayores consumos de alimento que cuando la pulpa constituía el 30% de la misma, siendo estos resultados muy similares para ambas pulpas.

En el ensayo con pulpa ensilada, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las raciones con 15% de pulpa en cuanto a consumo de alimento. Lo mismo sucedió entre las raciones con 30% de pulpa, lo que indica que el tratamiento alcalino no tuvo ningún efecto sobre el consumo de alimento; incluso varias raciones con concentraciones de hidróxido de calcio de 2 y 3% acusaron menores consumos de alimento que la que poseía 0% de Ca(OH)_2 .

El análisis estadístico del ensayo con pulpa fresca mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las raciones que no recibieron tratamientos alcalinos y las que sí los recibieron; las primeras tuvieron un mejor consumo de alimento.

Como consecuencia del consumo de alimento, los datos de ganancia de peso siguieron la misma tendencia que éste, es decir, que las ganancias de peso fueron mayores en el ensayo de pulpa ensilada que en el de pulpa fresca y, dentro de cada ensayo, las raciones con 15% de pulpa rindieron mayores ganancias ponderales que las que tenían 30%. En el ensayo con pulpa ensilada, se observa que todas las raciones muestran ganancias de peso muy similares, y el análisis estadístico no demostró diferencias significativas entre las raciones con o sin tratamientos alcalinos, tanto entre las raciones con 15% de pulpa como entre las que contenían 30%. En el ensayo con pulpa fresca hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en las raciones que contenían 15% de pulpa, lo que muestra que con raciones sin ningún tratamiento alcalino, se obtuvo mayores ganancias de peso. En el caso de las raciones con 30% de pulpa fresca no se realizó el análisis estadístico porque, además de haber en ellas casos de 88% de mortalidad, también se registraron casos en que el aumento de peso fue cero.

En la Tabla 7 se presentan los datos del índice de eficiencia alimenticia (IEA), porcentaje de digestibilidad aparente, y mortalidad de los animales alimentados con raciones con pulpa fresca o ensilada tratadas con hidróxido de calcio. A semejanza de los resultados anteriores, el índice de eficiencia alimenticia resultó ser mejor en el caso de las raciones a base de pulpa ensilada que en las de pulpa fresca y, dentro de ellas, las que tenían 15% de pulpa ensilada o fresca fueron superiores a las que contenían 30%. El análisis estadístico en cuanto a valores de IEA no arrojó diferencias significativas entre ninguna de las raciones con 15% de pulpa

TABLA 6

ALIMENTO CONSUMIDO Y GANANCIA DE PESO USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA,
Y 15 Y 30% DE PULPA, FRESCA Y ENSILADA, TRATADAS CON HIDROXIDO DE CALCIO

Tratamiento con Ca(OH) ₂ (hr)	Concentración de Ca(OH) ₂ o/o	Alimento consumido, g				Ganancia de peso, g			
		P. F.		P. E.		P. F.		P. E.	
		15%o	30%o	15%o	30%o	15%o	30%o*	15%o	30%o
0	0	718b	440b	806a	611a	129.5c	40.0	137.7a	84.5a
	1	666a	431b	808a	563b	108.7a	26.2	104.2b	68.7a
	2	667a	466b	830a	588b	104.0a	17.5	142.2a	74.0a
	3	646a	393a	806a	575b	77.2d	27.7	131.2a	68.8a
16	0	692a	422b	799a	559b	121.1c	22.5	134.1a	69.1a
	1	666a	404b	812a	582b	113.0b	17.7	134.3a	78.5a
	2	633a	383a	821a	540b	93.9e	14.3	141.1a	58.0a
	3	561b	326a	769b	506b	61.2d	0.0	117.2b	46.6b

P.F. = Pulpa fresca.

P.E. = Pulpa ensilada.

Las letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

* No se realizó análisis estadístico porque, además de haber casos de 88% de mortalidad, hubo también casos en que el aumento fue cero.

TABLA 7

INDICE DE EFICIENCIA ALIMENTICIA, DIGESTIBILIDAD APARENTE Y MORTALIDAD
USANDO RACIONES CON 15% DE PROTEINA Y 15 Y 30% DE PULPA, FRESCA O
ENSILADA, TRATADAS CON HIDROXIDO DE CALCIO

Tratamiento con Ca(OH) ₂ (hr)	Concentración de Ca(OH) ₂ (%)	IEA				% D.A.				Mortalidad	
		P.F.		P.E.		P.F.		P.E.		P.F.	
		15%/o	30%/o	15%/o	30%/o	15%/o	30%/o	15%/o	30%/o	15%/o	30%/o
0	0	5.6 ^b	11.6	5.9 ^a	7.2	69.0	64.0	72.7	66.9	2	—
	1	6.2 ^a	60.8	5.8 ^a	8.2	68.1	61.0	71.0	72.0	—	2
	2	6.6 ^a	46.6	5.9 ^a	8.2	67.6	59.5	71.5	61.5	—	7
	3	6.9 ^a	24.3	6.3 ^a	8.4	67.0	63.0	69.4	62.4	—	4
16	0	5.7 ^b	27.1	6.0 ^a	8.3	69.2	65.0	73.5	65.4	—	2
	1	5.9 ^b	40.1	6.1 ^a	7.8	68.0	63.0	70.2	61.1	—	—
	2	6.7 ^a	114.2	5.8 ^a	10.2	69.5	62.5	67.7	62.3	1	1
	3	9.4 ^c	—	6.6 ^a	11.1	68.2	61.0	69.9	60.7	1	4

P.F. = Pulpa fresca.

P.E. = Pulpa ensilada.

Las letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0.05).

ensilada, pero sí entre las raciones con 15^o/o de pulpa fresca, mostrando las raciones sin tratamientos alcalinos un mejor IEA. Con respecto al porcentaje de digestibilidad aparente, puede observarse que estos valores fueron bastante similares, tanto entre las raciones con 15^o/o como entre las que contenían 30^o/o de pulpa, ya fuese ensilada o fresca. Los valores correspondientes a las raciones con 15^o/o de pulpa ensilada fueron ligeramente superiores. La adición de Ca(OH)_2 no pareció influenciar los valores de digestibilidad. En este estudio no se observó mortalidad en los animales que consumieron pulpa de café ensilada. Sin embargo, al usar pulpa fresca tratada con hidróxido de calcio, se observó una alta mortalidad, hasta de 88^o/o en algunos grupos, principalmente en aquellos con 30^o/o de pulpa y 2 ó 3^o/o de hidróxido de calcio. La muerte de los animales ocurrió principalmente durante las dos primeras semanas del experimento.

En el presente estudio se decidió usar —además de la ración seleccionada en un trabajo previo (21), 5^o/o de proteína y 15^o/o de pulpa fresca o ensilada— otra ración con 15^o/o de proteína y 30^o/o de pulpa fresca o ensilada, con el objeto de observar el efecto que el hidróxido de calcio pudiese ejercer sobre el valor nutritivo de la pulpa de café.

Los resultados indicaron que el comportamiento de los animales que consumieron pulpa de café ensilada fue mejor que el de los que consumieron pulpa fresca, tanto a nivel de 15 como de 30^o/o en la ración. Los resultados también señalan que la pulpa de café, fresca o ensilada, no muestra en ninguno de los dos tiempos (0 y 16 horas) de tratamiento, ningún cambio favorable en su valor nutritivo al aplicársele los tratamientos alcalinos. El hecho de que hubo un mejor comportamiento en los animales que consumieron pulpa ensilada no fue sorprendente, puesto que eso ya se había comprobado en un estudio anterior (21). También se comprobó de nuevo la relación inversa que existe entre la calidad de pulpa de café en la ración y el comportamiento general de los animales.

Inicialmente se pensó que el tratamiento de la pulpa de café con hidróxido de calcio disminuiría la cantidad de sustancias tóxicas que la pulpa posee, reduciendo en esa forma su toxicidad, y mejorando, por ende, su valor nutritivo. Efectivamente, a mayor concentración de hidróxido de calcio usado, mayor fue la disminución de taninos y ácido clorogénico en la pulpa, aunque esta disminución no implicó una ausencia total de los factores tóxicos de la pulpa, ya fuese fresca o ensilada. Por lo tanto, es muy probable que las cantidades de cafeína, taninos, ácido clorogénico y ácido cafeico que aún quedan en la pulpa de café, siguen actuando como sustancias tóxicas a los niveles en que persisten. Existe también la posibilidad de que el hidróxido de calcio actúe sobre la proteína de la pulpa de café —fresca o ensilada—, provocando una hidrólisis alcalina, haciendo disminuir el contenido de nitrógeno esencial de la pulpa por la pérdida de aminoácidos libres y nitrógeno no proteínico.

Otro posible efecto negativo de la adición de hidróxido de calcio a la pulpa de café fue el desbalance calcio:fósforo que se provocó. La pulpa de café de por sí tiene una alta relación de calcio con respecto a fósforo (1) y con los tratamientos alcalinos; este desbalance se acentuó mucho más. La literatura ha informado de los efectos perjudiciales causados en los animales que consumen raciones en que existe un exceso de calcio (22, 23). Se sugiere que en futuros estudios donde se use pulpa de café y

calcio, se ponga especial cuidado en balancear estos dos elementos, antes de usar estos materiales en nutrición animal.

SUMMARY

EFFECTS OF TREATMENT WITH CALCIUM HYDROXIDE, OF FRESH OR ENSILAGED COFFEE PULP, ON ITS NUTRITIONAL QUALITY

This study was carried out to determine the effects of the addition of calcium hydroxide on the chemical composition and nutritive value of fresh or ensilaged coffee pulp. Fresh or ensilaged pulp were mixed with 1, 2 and 3% of calcium hydroxide. The process was carried out during 0 and 16 hr, after which time the treated pulp was sun-dried for 36 hr until moisture content reached 12%. These samples were then analyzed for their proximate chemical composition and for some minerals (Ca, P, Na, K), as well as for caffeine, tannins and chlorogenic and caffeic acids content. Diets were then prepared from these materials, containing 15% protein and 15 or 30% fresh or ensilaged coffee pulp, and offered to weanling rats during six weeks. Information required on weight gain, food conversion, apparent digestibility and toxicity of the diets was recorded.

Results of the chemical analysis revealed that the main changes found in both types of pulp as a result of the calcium hydroxide treatment were the following: a decrease in ether extract (from 4.0 to 2.5 g/100 g), crude fiber (from 18.3 to 11.9 g/100 g) and protein content (from 12.3 to 8.6 g/100 g) in an inverse relation to the amount of calcium hydroxide used. The amount of ash increased, fluctuated between 5.5 and 15.4%, depending on the amount of calcium hydroxide used. The latter affected the Ca:P ratio in the diets, where an average ratio of 7.2:1 was found in the control pulp (0% calcium hydroxide) and 59.0:1 in those treated with the highest amount of calcium hydroxide (3%). Regarding the caffeine, tannins and chlorogenic and caffeic acids contents, calcium hydroxide was effective in decreasing only tannins, more so in the fresh than in the ensilaged pulp; the decrease was in direct proportion to the amount of calcium hydroxide added and to the length of the $\text{Ca}(\text{OH})_2$ treatment.

The results of the biological assays showed that the addition of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ in either of the two time periods used and at either of the concentrations studied, did not improve the nutritive value of coffee pulp. There was always a better performance in the animals that consumed ensilaged pulp than in those fed fresh pulp. The animals fed 15% coffee pulp either fresh or ensilaged performed better than those consuming 30% coffee pulp. No mortality was observed in the animals fed ensilaged pulp, but a mortality of up to 88% occurred in some groups fed calcium hydroxide treated fresh pulp, especially in those fed 30% coffee pulp and 2 or 3% calcium hydroxide.

BIBLIOGRAFIA

1. Bressani, R., E. Estrada & R. Jarquín. Pulpa y pergamino de café. I. Composición química y contenido de aminoácidos de la proteína de la pulpa. *Turrialba*, 22(3): 299-304, 1972.
2. Molina, M.R., G. de la Fuente, M.A. Baten & R. Bressani. Decaffeination. A process to detoxify coffee pulp. *J. Agric. Food Chem.*, 22(6): 1055-1059, 1974.

3. Jaffé, W. & D.S. Ortiz. Notas sobre el valor alimenticio de la pulpa de café. *Agro (Venezuela)*, **23**: 31-37, 1952.
4. Bressani, R. Composición química de los subproductos del café. En: *Informe Final de la Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y Otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales*. Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974, p. 13-14 (Resumen).
5. Aguirre, B.F. *La Utilización Industrial del Grano de Café y de sus Subproductos*. Guatemala, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, 1966, 43 p. (Investigaciones Tecnológicas del ICAITI No. 1).
6. Molina, M.R., G. de la Fuente, H. Gudiel & R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. VIII. Estudios básicos sobre la deshidratación de la pulpa de café. *Turrialba*, **24**(3): 280-284, 1974.
7. Bressani, R. & L. G. Elías. Utilización de desechos de café en alimentación de animales, y materia prima industrial. Presentado en la Reunión de Exposición Pecuaria del Istmo Centroamericano (EXPICA-76), San Salvador, El Salvador, 3-8 mayo de 1976. Guatemala, INCAP, 1976, 25 p. (Documento mimeografiado).
8. Fonseca, H. & J.E. Aguilar. Respuesta de la pulpa de café sometida a secamiento con diferentes niveles de carbonato de calcio. En: *Informe Final de la Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y Otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales*, Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974, p. 37. (Resumen).
9. Bohkenfor, B. & H. Fonseca. Calidad del ensilado con pulpa de café, conteniendo diferentes niveles de humedad y varios aditivos. En: *Informe Final de la Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y Otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales*, Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974, p. 41 (Resumen).
10. Murillo, B., M.T. Cabezas & R. Bressani. Pulpa y pergamino de café. X. Cambios en la composición química del pergamino de café por efecto de diferentes tratamientos alcalinos. *Turrialba*, **25**(2): 179-182, 1975.
11. Jarquín, R., R. Bressani, L.G. Elías, C. Tejada, M. González & J.E. Braham. Effect of cooking and calcium and iron supplementation on gossypol toxicity in swine. *J. Agric. Food Chem.*, **14**: 275-279, 1966.
12. Manna, L. & S.M. Hauge. A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1953.
13. Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the AOAC*. 11th ed. Washington, D.C., The Association, 1970, 957 p.
14. Ishler, N.H., T.P. Finucane & E. Baker. Rapid spectrophotometric determination of caffeine. *Anal. Chem.*, **20**: 1162-1166, 1948.
15. Schlander, S.H. Tannins and related phenolics. In: *Methods in Food Analysis*. M.A. Joslyn (Ed.). New York, Academic Press, 1950, p. 471-481.
16. Pomenta, J.V. & E.E. Burns. Factors affecting chlorogenic, quinic and caffeic acid levels in sunflower kernels. *J. Food Sci.*, **36**: 490-492, 1971.
17. Fiske, C.H. & Y. Subbarow. The colorimetric method for the determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, **66**: 375-400, 1925.
18. Murillo, B. Composición química y fraccionamiento de los componentes regulares de pulpa de café ensilada con aditivos. En: *Informe Final de la Primera Reunión Internacional sobre la Utilización de Subproductos del Café en la Alimentación Animal y Otras Aplicaciones Agrícolas e Industriales*, Turrialba, Costa Rica, 11-14 junio, 1974. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974, p. 40. (Resumen).

19. Murillo, B. Metodología y costos de ensilaje de la pulpa de café. Presentado en la Reunión de Exposición Pecuaria del Istmo Centroamericano (EXPICA-76), San Salvador, El Salvador, 3-8 mayo, 1976. Guatemala, INCAP, 1976, 9 p. (Documento mimeografiado).
20. Price, M.L., L. G. Butler, J.C. Rogler & W.R. Featherston. Overcoming the nutritionally harmful effects of tannin in sorghum grain by treatment with inexpensive chemicals. *J. Agric. Food Chem.*, **27**: 441-445, 1979.
21. Gómez Brenes, R.A., G. Bendaña, J.M. González, J.E. Braham & R. Bressani. Relación entre el contenido de pulpa de café y la proteína en la dieta de animales monogástricos. Enviado a *Arch. Latinoamer. Nutr.*, **35**: 422-437, 1985.
22. Alba, J. de. Alimentación del Ganado en América Latina. México, Editorial Fournier, 1971, p. 94-104.
23. Underwood, E.J. *The Mineral Nutrition of Livestock*. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations by Commonwealth Agricultural Bureau. Aberdeen, Great Britain, Central Press Ltd., 1966, 237 p.