

73-030
esp. 2

COMPOSICION QUIMICA Y DIGESTIBILIDAD

in vitro DE LA PULPA DE CAFE

T E S I S

Presentada al Programa de Estudios para Graduados Universidad
Nacional - Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

P o r

JAIME RUBIO URIBE

Como requisito parcial para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Bogotá - Colombia

1973

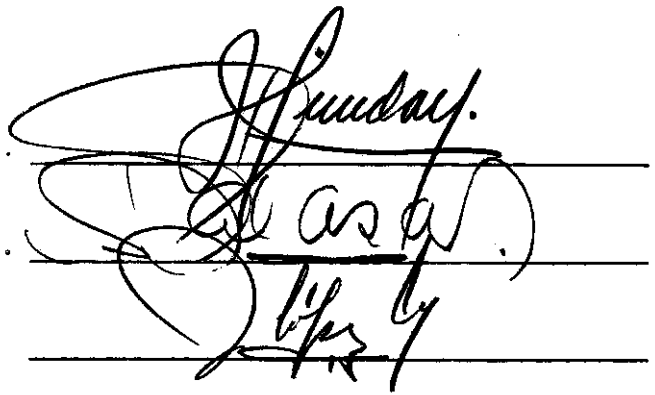
TESIS APROBADA POR :

COMITE CONSEJERO :

Dr. JAIME PINEDA MORALES, Ph. D.

Dr. JUAN J. SALAZAR CRUZ, Ph. D.

Dr. JUAN LOPEZ MACHADO, M.S.



The image shows three handwritten signatures in black ink, each written over a horizontal line. The first signature is 'Jaime Pineda Morales', the second is 'Juan J. Salazar Cruz', and the third is 'Juan Lopez Machado'. The signatures are written in a cursive style.

" El presidente de tesis y el consejo examinador de grado, no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato".

(Artículo 217 de los estatutos de la Universidad Nacional).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a la Federación Nacional de Cafeteros, Universidad Nacional, Instituto Colombiano Agropecuario, Programa de Estudios para Graduados y a la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional, por la invaluable ayuda otorgada para la ejecución del presente trabajo.

Expresa su gratitud a las siguientes personas, que en una u otra forma facilitaron la culminación de sus estudios de especialización y colaboraron en el proceso del experimento: Doctores, Germán Valenzuela Samper, Silvio Echeverri Echeverri, Jaime Pineda Morales, Juan José Salazar, Juan López M., Luis Arturo Gil, Víctor Cotrino, José R. Maguñá V., José N. Isaza M., Otto Mario Marín; Señores Antonio J. León, José Daniel Gómez, Luis F. Hernández, Gonzalo Guzmán y Javier Aristizábal, señorita Aurora Cuesta.

Al Comité Consejero integrado por los doctores Jaime Pineda, Juan J. Salazar y Juan López M.

DEDICO :

A Mery, quien con su abnegación y su amor de esposa y madre incomparables dió estímulo permanente a la realización y culminación de mis estudios.

A mis hijos, con todo mi amor.

A la memoria de mi padre, a mi madre y hermanos.

MICROBIOGRAFIA

El autor nació en Manizales en 1936. Realizó sus estudios primarios en el Colegio de Nuestra Señora y obtuvo el grado de Bachiller en el Instituto Universitario de su ciudad natal.

Cursó estudios superiores en la Universidad de Caldas, obteniendo el título de Médico Veterinario y Zootecnista en 1964, con la tesis titulada "Crianza artificial de terneros Costeño Con Cuernos". Durante siete años trabajó en el Programa Nacional de Ganado de Leche del Instituto Colombiano Agropecuario, en donde colaboró y fue autor de varias publicaciones.

Desde 1967 ingresó a la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia trabajando en el Centro Nacional de Investigaciones de Café CENICAFE, en la sección de Industria Animal. En 1971, fué comisionado por esta entidad para realizar estudios de post-grado en el Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias UN-ICA, donde realizó el presente trabajo.

Está casado con Mery Trujillo de Rubio y su hogar lo alegran cuatro hijos: María del Rosario, Luz Marina, Jaime Eduardo y Constanza.

CONTENIDO	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
3. MATERIALES Y METODOS	16
4. RESULTADOS Y DISCUSION	23
4.1. ANALISIS PROXIMAL O DE WEENDE	23
4.2. INOCULACION CON LEVADURAS	25
4.3. ENSILAJE DE PULPA DE CAFE	28
4.4. ANALISIS DE MINERALES	30
4.5. ENERGIA BRUTA	33
4.6. ANALISIS DE LOS CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR	33
4.7. DIGESTIBILIDAD <u>in vitro</u>	37
4.8. ESTIMACION DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA CON BASE EN LOS RESULTADOS QUIMICOS	40
4.9. CALCULO DEL TND Y DE LA PROTEINA DIGESTIBLE	42
5. CONCLUSIONES	46
6. RESUMEN	47
7. SUMMARY	50
BIBLIOGRAFIA	52
APENDICE	61

LISTA DE TABLAS

Número		Página
1	Pulpa de Café. Análisis químicos encontrados por diferentes autores con pulpa fresca presentados como porcentaje de la materia seca	5
2	Pulpa de Café. Análisis químicos encontrados por diferentes autores con pulpa ensilada, <u>ex</u> presados como porcentaje de la materia seca.	7
3	Pulpa de Café. Resumen comparativo de la composición química proximal de las muestras <u>ana</u> lizadas, expresada como porcentaje de la materia seca.	24
4	Pulpa de Café. Comparación de los análisis de la pulpa inoculada con levaduras obtenidas de ella misma y pulpa inoculada con una levadura comercial, expresados en porcentaje de la materia seca.	27
5	Pulpa de Café. Comparación del análisis proximal en base seca, entre las muestras de ensilaje obtenidas al mes y a los cuatro meses de conservación.	29

Número		Página
6	Pulpa de Café. Resumen comparativo del análisis de minerales.	31
7	Pulpa de Café. Análisis de los componentes encontrados con la aplicación de los métodos de Fibra Detergente.	34
8	Pulpa de Café. Digestibilidad <u>in vitro</u> de la materia seca obtenida por el método modificado de Van Soest.	38
9	Pulpa de Café. Digestibilidad verdadera, obtenida <u>in vitro</u> , corregida por lignina y calculada por los análisis químicos.	39
10	Pulpa de Café. Estimación del valor nutritivo con base en los análisis químicos. Aplicación de la ecuación aditiva de Van Soest.	41
11	Pulpa de Café. Cálculo de la energía digestible y de la energía metabolizable a partir del TND calculado por las ecuaciones de regresión de Harris <u>et al.</u> (21).	
12	Obtención de la materia seca total y de la humedad residual de las distintas muestras.	62

Número		Página
13	Obtención del extracto etéreo y de la fibra cruda.	63
14	Obtención del nitrógeno total y de la proteína cruda por el método Kjeldhal.	64
15	Obtención de la ceniza.	65
16	Cálculo del extracto no nitrogenado ENN en base seca.	66
17	Análisis de minerales. Calcio.	67
18	Análisis de minerales. Potasio.	68
19	Análisis de minerales. Magnesio.	69
20	Análisis de minerales. Hierro .	70
21	Análisis de minerales .Fósforo.	71
22	Obtención del contenido de paredes celulares por el método de Fibra detergente neutro (FDN) expresado en base seca.	72
23	Obtención de la fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest, expresado en base seca.	73

Número		Página
24	Obtención del contenido de celulosa por el método detergente ácido de Van Soest, expresado en base seca.	74
25	Obtención de lignina por el método detergente ácido de Van Soest, expresado en base seca.	75
26	Cálculo del contenido de hemicelulosa y de sílice a partir de las fracciones obtenidas con el detergente neutro y el detergente ácido por el método de Van Soest. Expresados en base seca.	76
27	Digestibilidad de la materia seca <u>in vitro</u> , obtenida por medio del método modificado por Van Soest.	77
28	Estimación del valor nutritivo con base en los análisis químicos. Aplicación de la ecuación aditiva de Van Soest para la obtención de la digestibilidad verdadera de la materia seca, DVMS.	78
29	Análisis de los resultados de la energía bruta, obtenidos por medio del uso de la bomba calorimétrica.	79
29	(Continuación de la anterior)	80

LISTA DE FIGURAS

Número		Página
1	Pulpa de Café. Cambios mostrados por el N total durante el tiempo de incubación con levaduras.	26

1. INTRODUCCION

Siendo Colombia uno de los principales productores de café en el mundo, es la pulpa de café uno de los desechos agrícolas más abundante en nuestro país. Muchos investigadores en diversos países productores del grano, han buscado la manera de utilizarla como parte de la dieta alimenticia en animales. Algunos de ellos, hacen referencia a factores adversos que interfieren con su utilización y aunque ninguno de los autores es enfático en definir cual o cuales pueden ser dichos factores, culpan a la cafeína, a los polifenoles y a los taninos.

Al observar con detenimiento los datos que existen sobre su composición química proximal, se llega a la conclusión de que la pulpa de café es un material que posee un alto contenido de fibra.

La producción de pulpa con base en la materia seca, puede estimarse para Colombia en la cantidad de 207.900 toneladas anuales. Este es el resultado de una producción promedio de 541,25 kg por hectárea y una extensión sembrada en café de 1.067.097 hectáreas, según se puede deducir de los datos del censo cafetero de 1970 (16, 17, 32). Dicha cantidad de pulpa seca, representa una producción de pulpa fresca en la zona cafetera colombiana, de 1.155.000 toneladas. Como en la actualidad este material es causante de contaminación ambiental, por ser arrojado a los ríos o por dejarse descomponer en las cercanías de las viviendas campesinas, con producción de malos olores y la multiplicación

ción de insectos, merece hacerse un estudio de su composición química, con miras a definir las fracciones que la integran y determinar si es posible su utilización.

Este estudio persiguió los siguientes objetivos:

- a) Establecer la composición química de la pulpa de café obtenida del beneficio de la cereza de Coffea arabica, var. típica.
- b) Conocer su valor nutritivo in vitro.
- c) Calcular la digestibilidad verdadera de la materia seca, con base en los análisis químicos.
- d) Conocer las fracciones que componen la fibra de la pulpa con la aplicación de los métodos detergentes de análisis.
- e) Comparar los cambios que se operan en el valor nutritivo de la pulpa, cuando ésta se somete a diferentes procesos de conservación.

2. REVISION DE LITERATURA

La pulpa de café es un subproducto obtenido del beneficio de la cereza de café. La pulpa, está formada por el epicarpio y parte del mesocarpio del fruto (51). La capa del mucílago que forma parte de la cereza madura, se descompone en forma natural cuando ocurre la ruptura de la superficie de la cereza por la presencia de bacterias pectinolíticas (23); una pequeña parte del mucílago queda adherida a la pulpa. El mucílago es un subproducto que puede ser recuperable por recirculación del agua durante el proceso del beneficio (10). Con él, se ha producido miel de café (10), la cual se ha utilizado en raciones para cerdos (8), en comparación con la melaza de caña, con buenos resultados. Un análisis químico de los azúcares de dicho sub-producto, fue realizado por Valencia (53).

La pulpa que se obtiene durante la temporada de la cosecha del café, se deja podrir o descomponer en las cercanías de los beneficios del café, o es arrastrada por el agua del lavado hacia las cañadas y los ríos. La descomposición de la pulpa, se permite en las fincas cafeteras, con la finalidad de utilizarla posteriormente como fertilizante, ya que con base en trabajos realizados por varios investigadores (13, 38, 48, 51), se ha demostrado su gran valor en tal sentido.

El envío de la pulpa hacia los ríos, provoca la contaminación de las aguas. La pulpa en descomposición causa la propagación de moscas y de malos olores (10,13).

Los investigadores, conocedores de los problemas que ocasiona la creciente producción de pulpa, han trabajado en busca de una utilización práctica para este subproducto. Desde 1934, Salcedo (48), aparece como uno de los primeros que la recomendó como un buen abono. Posteriormente, se encuentran otros trabajos tendientes a demostrar la bondad de éste subproducto como fertilizante (13, 33, 38).

En la alimentación animal, los estudios sobre el uso de la pulpa de café, comienza con el trabajo de Regan y Goss (40, 41) en 1943 en la Universidad de California. Ellos utilizaron pulpa seca, procedente de Nicaragua. Estos autores encontraron esta pulpa con valor alimenticio semejante al del heno de buena calidad.

En los años posteriores, la pulpa de café fue objeto de diferentes ensayos preliminares, en busca de su incorporación a la alimentación de las diferentes especies animales. Los análisis químicos encontrados para la pulpa seca, se resumen en la Tabla 1 (40, 13, 60, 29, 10, 4, 22, 31, 7, 14). Work et al. (60), encontraron que la pulpa seca sin necesidad de ser molida, se podía incluir en la mezcla para vacas lecheras en la proporción de un 20%, agregándola en forma creciente para acostumarlas.

La digestibilidad de la pulpa fresca deshidratada, fue estudiada por Lewi y Carbonell (29) en cabras Anglonubian. Encontraron las siguientes digestibilidades en porcentajes: proteína 34,0; extracto etéreo

TABLA 1. Pulpa de Café. Análisis químicos encontrados por diferentes autores con pulpa fresca presentados como porcentaje de la materia seca.

	Materia seca	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína	Cenizas	Extracto no nitrogenado
Regan y Goss (40)	94,5	2,7	19,7	13,0	9,0	50,1
Choussy (13)	86,8	1,8	27,8	8,2	3,7	57,6
Work et al. (60)	91,3	3,1	15,6	8,9	8,7	63,6
Lewy y Carbonell (29)	-	1,7	19,3	9,0	9,8	60,2
Calle (10)	91,6	2,9	25,2	12,5	9,9	48,8
Bará et al. (4)	87,8	1,9	23,8	14,2	10,7	49,6
Herrera et al (22)	87,1	2,4	21,9	12,1	6,6	52,3
Lizarazo (31)	91,9	3,1	12,3	10,8	7,4	58,1
Bressani et al (7)	87,4	2,5	21,0	11,2	8,3	44,4
Christiansen et al (14)	-	2,6	22,0	10,4	-	-

97,9; Fibra 87,7; extracto no nitrogenado 76,1 y materia seca 76,2.

Squibb (49), estudió la pulpa de café en forma de ensilaje y concluyó que la pulpa ensilada, debe administrarse como parte de una ración y no como el principal constituyente de ella. Los análisis químicos de la pulpa de café ensilada, realizados por diferentes investigadores se muestran en la Tabla 2. (49, 10, 42, 4, 25, 22, 14, 7).

Tanto los análisis de la pulpa seca como los de la pulpa ensilada, muestran un contenido alto de fibra cruda. Las demás fracciones, varían para los análisis de la pulpa seca así como para los de la pulpa ensilada, con cada uno de los trabajos mencionados. Estas variaciones se pueden atribuir a la variedad de café analizada, a la altitud de las tierras de cultivo y a la época de su cosecha (7).

Durante algunos años las investigaciones sobre el tema se abandonaron debido posiblemente a algunos factores adversos que impedían tener éxito en su aplicación. Entre dichos factores, que los investigadores han señalado como responsables de las respuestas negativas están: la cafeína, el ácido clorogénico, los taninos y los polifenoles (2, 6, 7, 10, 11, 33, 49, 60).

Siguió entonces la época en la que algunos investigadores realizaron trabajos con distintas partes del fruto del café (5, 33, 44), desde el perfume de las flores (33) hasta el uso del pergamino (44). Se es

TABLA 2. Pulpa de Café. Análisis químicos encontrados por diferentes autores con pulpa ensilada, expresados como porcentaje de la materia seca.

		Humedad original	Materia seca	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína	Cenizas	Extracto no nitrogenado
Squibb	(49)*	87,0	-	3,7	27,5	14,4	10,6	43,6
Calle	(10)	-	91,5	4,6	27,7	16,6	7,3	43,2
Rest y Randel	(42)**	86,0	-	2,3	26,6	15,1	7,5	48,8
	(42)***	86,0	-	2,6	25,1	14,8	7,5	52,6
Bará et al.	(4)	85,8	-	1,9	22,0	16,3	10,0	49,7
Jarquín et al.	(25)	-	-	2,8	22,6	11,6	9,6	53,4
Herrera et al.	(22)	-	89,1	3,3	21,8	13,4	7,4	43,1
Christiansen et al. (14)		81,0	100,0	3,1	25,0	15,4	-	-
Bressani et al. (7)		-	92,1	2,6	20,8	10,7	8,8	49,2

* Los números entre paréntesis corresponden a las citas bibliográficas.

** Resultados de la pulpa ensilada en canecas metálicas.

*** Resultados de la pulpa ensilada en bolsas plásticas.

tudió la utilización de los residuos de café que se recuperan en el café instantáneo (5) cuyo contenido de fibra es de 65% y también el de los rípios de café (44) con un contenido de 35% de fibra.

En Colombia, varias investigaciones (2, 24, 39, 43, 47), se condujeron con el fin de encontrar utilización al grano de café en las épocas de superproducción con la obtención de aceite y de torta para la alimentación de animales (24). Se utilizó la torta de café, la cual fue considerada como un alimento tosco (39), que mostró la presencia de factores adversos (2), como baja palatabilidad y respuestas negativas en crecimiento y aumento de peso en cerdos y ovinos (43). Sin embargo, en novillos Holstein de 16 meses de edad, (47) utilizada a niveles de 30%, mostró respuestas similares a las de la cascarilla de algodón. Los corderos utilizados para evaluar el aceite, no lo consumieron pero sí el aceite hidrogenado cuyo coeficiente de digestibilidad fue de 42% (24).

Se sugiere que la utilización de microorganismos, hace factible la producción de alimentos sin depender de los métodos tradicionales agrícolas (59). Un aspecto importante para contribuir al estudio de la utilización de la pulpa de café en la alimentación, es el relacionado con los trabajos de Calle (11, 12) en 1951, sobre la propagación de levaduras alimenticias en la pulpa y mucílago de café. El microorganismo ensayado por Calle (11) fue una falsa levadura de la familia

Torulopsidácea que se produce a escala comercial en varios países. El procedimiento (12) fue el siguiente: se agregaron 3 litros de agua a la pulpa resultante de beneficiar a mano 10 kg de cerezas maduras de café. La pulpa se dejó en ebullición durante 1 hora y se filtró en lienzo fino; al licor resultante, se le adicionó fosfato de amonio en cantidad de 0,5% como fuente de N y de P. El pH del medio fue de 4,5. El mosto se colocó en balones de 4 litros de capacidad y se inoculó con razas de Torulopsis utilis, previamente sembradas en agar en tubos de ensayos que se dejaron fermentar hasta su agotamiento. Se suministró aireación durante 24 horas, con un motor acoplado a un tubo de caucho, que provocaba agitación del medio. Al cabo del tiempo convenido, se notó el agotamiento del azúcar. Las levaduras se separaron por decantación y filtración al vacío. Las muestras se enviaron al laboratorio para ser analizadas. El análisis de la levadura (11) fue el siguiente: humedad, 78,2%; extracto etéreo, 5.0%, fibra cruda, 3,4%; nitrógeno, 7,2%; proteína cruda, 44,8%; cenizas, 8,5% y extracto no nitrogenado, 15.6%.

Standinger (50), en un estudio de laboratorio de varios desechos agrícolas como fuente de carbono para la levadura Cándida utilis, indicó que el jugo de pulpa de cereza de café fue adecuado para dicho propósito.

En los últimos años, los investigadores han realizado nuevamente tra-

bajos tendientes a buscar un uso adecuado de la pulpa de café. La mayoría de ellos se han conducido en Centro América. En un reciente trabajo, Bressani et al. (7), realizaron un análisis de la pulpa de café, fresca y ensilada cuyos resultados en base seca se observan en la Tabla 1 y en la Tabla 2, respectivamente. Según estos autores, la pulpa fresca deshidratada, contiene cantidades de proteína comparables a las de los cereales, aún cuando su contenido de fibra es mayor y el de extracto libre de nitrógeno es menor. Agregan que es posible que éstos dos últimos compuestos sean factores limitantes en la utilización de la pulpa de café, al igual que su contenido de cafeína y de polifenoles. La composición química proximal de la pulpa ensilada no difiere de la pulpa sin ensilar. Entre los minerales, el potasio se encuentra en alta concentración y los niveles de calcio y fósforo están en proporción adecuada. Un análisis comparativo del contenido de potasio de los alimentos de uso animal (35, 36, 37), permite establecer que los granos contienen menos de 0,5% de este elemento, el maíz contiene 0,27% y la soya contiene 2,24%. Entre las materias primas que presentan el mayor contenido de potasio se encuentran la melaza de caña con 3,17% y la melaza de remolacha con 6,20%.

En Colombia se realizó un estudio (31) tendiente a mostrar la composición química proximal de la pulpa de café obtenida en 4 sitios diferentes del país. Los resultados se encuentran en la Tabla 1, cabe destacar que la fibra se encontró muy reducida en comparación con

los demás análisis mostrados. La utilización de la pulpa de café en animales no rumiantes, se realizó en estudios con ratas y pollos (6). El objeto era el de identificar los factores fisiológicos adversos y determinar el efecto de varios procesos para su mejor utilización. Los resultados revelaron que a medida que el nivel de pulpa aumentaba en la ración, el peso de los animales disminuía. Las raciones con 30% de pulpa, causaron alta mortalidad antes de 7 días en las ratas y pollos, con síntomas variados. Estos datos concuerdan con los hallados por Isaza*, quien al añadir un 10% de pulpa de café deshidratada a una dieta balanceada, para pollitos de 8 días de nacidos, con el fin de establecer la energía metabolizable de la pulpa, encontró una mortalidad alta y disminución del crecimiento. Los datos experimentales (6), demostraron que ninguno de los siguientes tratamientos eliminó la toxicidad del producto: cocción seca y húmeda, extracción de la parte acuosa, fermentación y extracción de la pulpa con solventes orgánicos. El almacenamiento parece reducir la toxicidad del producto. Como posibles sustancias tóxicas, se señalan, la cafeína y el ácido clorogénico, pero estas no han podido ser identificadas en forma definitiva.

* Norman Isaza, entrevista personal con el doctor Norman Isaza, sobre Energía Metabolizable de varias materias primas. Bogotá (Octubre, 1973).

Lee (28), menciona que después de la cafeína, el ácido clorogénico es el componente más importante del café. Los efectos del ácido clorogénico en la fisiología animal no son bien conocidos. En la fisiología de las plantas, es un factor muy importante para la respiración y el metabolismo y sin él, la semilla de café no germina.

Un trabajo encaminado a averiguar si la pulpa de café contiene cafeína en cantidades tóxicas para rumiantes en crecimiento (9) fue conducido alimentando ad libitum, 5 grupos de 6 terneros Holstein de 100 días de edad y 95,5 kg de peso durante 99 días. Se utilizó una dieta testigo y 4 dietas más, en 2 de las cuales, la pulpa deshidratada y la pulpa ensilada proporcionaron 0,15 y 0,11% respectivamente de cafeína. En las otras 2 dietas, se suministró cafeína en las cantidades de 0,12 y 0,24%. Los resultados mostraron que el consumo de alimento y las ganancias de peso fueron significativamente menores ($P < .05$), cuando las raciones contienen pulpa ó 0,24% de cafeína pura. La adición de 0,12% de cafeína pura produjo resultados similares a la ración testigo, se dedujo que los efectos negativos de la pulpa, fueron producidos por otros factores en forma aislada o combinados con cafeína.

En otro trabajo (25), se usó la pulpa de café deshidratada al sol y molida en la preparación de raciones que contenían 0, 10, 20 y 30 por ciento. Este material sustituyó la cascarilla de algodón, en la ración de terneros Holstein castrados, con una edad de 76 días. Se condujeron 2

experimentos con duración de 12 y 24 semanas. Las dietas fueron administradas ad libitum y en ellas los demás ingredientes permanecieron constantes. De los parámetros sanguíneos medidos, ninguno mostró diferencias significativas. Las ganancias ponderales registradas, así como los índices de eficiencia de utilización del alimento acusaron una relación inversa con el contenido de pulpa de café en la dieta. Sin embargo, al prolongar el tiempo de alimentación, éstas diferencias tendieron a ser menores. En las pruebas de digestibilidad efectuadas no se constataron mayores discrepancias en cuanto a los nutrimentos digeribles totales entre las diferentes raciones empleadas, notándose cierta mejoría cuando el contenido de pulpa era mayor, la cual no se reflejó en el desarrollo de los animales. Se concluye que éste hallazgo puede estar relacionado con un menor consumo de alimento a medida que aumenta el porcentaje de pulpa de café en la ración.

En otro trabajo (4), conducido también con novillos, se estudiaron niveles de 15% y de 30% de pulpa seca y pulpa ensilada en reemplazo de cantidades idénticas de materia seca de una ración a base de pasto elefante ensilado, miel de purga y harina de algodón. Los resultados indican que no existió rechazo de ninguna de las raciones comparadas y que la pulpa de café puede sustituir sin desventaja 15% del pasto ensilado de la ración; un 30% de pulpa de café seca o ensilada, produjo menores aumentos de peso que los obtenidos con la ración sin pulpa. No se observaron efectos fisiológicos desfavorables en los novillos que pudieran atribuirse al consumo de pulpa de café.

Jarquín (27), utilizó el pergamino de café en la alimentación de rumiantes y encontró que el uso de este material es favorable económicamente, como sustituto del tazol, un subproducto forrajero del maíz, en niveles del 30%.

En un ensayo preliminar para mostrar la utilidad de los métodos de ensilaje de pulpa (42) se concluyó que es posible el ensilado de pequeñas cantidades de pulpa en sacos plásticos. Los resultados de los análisis se observan en la Tabla 3.

El ensayo más reciente sobre ensilaje de pulpa de café (26), mostró que no hubo diferencias significativas en valores sanguíneos con excepción de ácidos grasos libres entre cuatro grupos de terneros Holstein alimentados con pulpa de café. Así mismo se indica que la pulpa de café ensilada puede utilizarse en niveles no mayores de 20%.

El análisis químico utilizado por todos los autores para mostrar las fracciones que componen la pulpa, ha sido el proximal o de Weende (20). Los investigadores han tratado de establecer un nuevo método, que reemplace al anterior, debido a que consideran que hay empirismo en el cálculo de las fracciones de fibra cruda, extracto etéreo y extracto no nitrogenado (1, 14, 20, 54, 55, 56, 57).

Un nuevo método para la preparación de la fibra de los materiales vegetales, ha sido el empleado por Van Soest (14, 54, 55, 56, 57). Se utilizan detergentes en dos combinaciones, el lauril sulfato de sodio

en solución neutra o ligeramente alcalina y el bromuro de cetil trimetil amonio en solución fuertemente ácida.

La fibra preparada por la solución neutra, representa esencialmente los constituyentes de las paredes celulares, en forma no degradada. La fibra preparada por la digestión ácida, representa la porción más indigestible de la fibra, por lo menos en lo que a rumiantes se refiere. La pared celular de la planta, corresponde a lo que puede ser definido nutricionalmente como una fracción total de fibra.

La disponibilidad nutritiva de la pared celular está controlada por las características estructurales que encadenan juntamente a la hemicelulosa a la celulosa y a la lignina.

El doble carácter nutritivo de la materia seca, de las plantas, contradice el uso de factores individuales para predecir la digestibilidad de la materia seca entera.

La digestibilidad in vitro (18) no descubre la naturaleza del factor limitante. Esta identificación se obtiene con base en los análisis químicos.

La cantidad en que es rebajada la digestibilidad por efecto de la lignificación, ha sido expresada matemáticamente por Hvidsten (30), por medio de la fórmula: digestibilidad de la materia seca = $84,9 - 1,15 x$, donde x = porcentaje de lignina.

3. MATERIALES Y METODOS

El material utilizado se obtuvo de un lote semiexperimental, de Coffea arabica var. Típica que había sido establecido en Marzo de 1968 en Cenicafé, Chinchiná, Colombia. La densidad de siembra de dicho lote era de 2.887 árboles por hectárea sembrados al triángulo, a libre crecimiento. El sombrero de un 50% estaba proporcionado por árboles de guamo sembrados a distancia de 15 metros.

Las características ambientales y las físicas y químicas del suelo son: está localizado en Cenicafé, Chinchiná, Colombia, 1360 metros de altura sobre el nivel del mar, 20,6°C de temperatura promedio, humedad relativa de 75%, precipitación pluvial de 2.510 mm. Estos datos meteorológicos corresponden a un período de observación de 30 años (15).

Dicho suelo pertenece a la Unidad 20, desarrollado sobre cenizas volcánicas, algo de tobas volcánicas, rocas ígneas y material aluvial (19). Presenta al perfil, abundantes piedras de diferentes formas y tamaños, las cuales afloran a la superficie en muchos sitios, generalmente de tipo andesítico. Los suelos presentan condiciones físicas muy buenas y una profundidad efectiva buena para el desarrollo de plantas como el café. Su fertilidad es media a baja. Estos suelos se encuentran en partes planas, inclinadas y pendientes de 0 a 60%. Sus características químicas son: pH, 5,5; materia orgánica, 7,9%; nitrógeno orgánico total, 0,40%; fósforo, 4 ppm; potasio, 0,18 miliequiva-

lentes por 100 gramos; calcio, 1,2 miliequivalentes por 100 gramos; magnesio, 0,4 miliequivalentes por 100 gramos. Textura: franco arenosa; arena: 64,18%; limo: 32%; arcilla: 3,82% (19).

Después de cosechada la cereza, se obtuvo la pulpa por medio de una despulpadora manual. La pulpa así obtenida se mezcló, para ser dividida en cuartos, de los cuales se obtuvo la muestra general por descarte. De esta muestra una parte se ensiló en un microsilo de laboratorio, otra parte se destinó para deshidratar y una tercera fue guardada en refrigeración a 4°C para ser inoculada posteriormente con levaduras, para observar los cambios que pudieran presentarse en cuanto al nitrógeno y a la fibra.

Con el fin de hacer comparaciones, se obtuvo una muestra de las fosas de descomposición de la pulpa, del beneficio de café de Cenicafé, la cual se deshidrató y se sometió a los mismos análisis que fueron realizados con las demás muestras.

Las características del microsilo corresponden a una caja de madera con un peso de 7 kg, cuyas dimensiones son 0,32 m de profundidad, por 0,32 m de largo por 0,32 m de ancho. Posee una tapa en la parte superior, con bisagras y una tapa interna también de madera, ajustada de tal manera que impide la entrada del aire y permite mantener una presión uniforme sobre la superficie del material ensilado, para

prensarlo. En la parte inferior de la caja existe un orificio que permite la salida del líquido producido por la presión del prensado. El peso del material húmedo ensilado fue 24,6 kg. El silo se colocó en un laboratorio de ambiente controlado cuya temperatura fue de $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa de $65\% \pm 5\%$, medidas registradas por medio de un Higrotermógrafo.

Se tomó muestra del material ensilado al mes y a los cuatro meses. Para ello se utilizó un barrenó, con el cual se extrajo material de los cuatro costados y del centro del silo que se mezcló para formar una sola muestra.

Del líquido que drenaba del silo se obtuvo una pequeña muestra la cual al dejarse en reposo, presentó un precipitado en el fondo que al ser examinado al microscopio resultó ser un cultivo de levaduras. Estas, después de ser propagadas en el laboratorio, se utilizaron para inocular la muestra de pulpa de café destinada para tal fin. La propagación se efectuó en melaza de caña, con adición de fosfato de amonio y de d-biotina al 2%, preparación hidrosoluble tipo F para fermentación, suministrada por laboratorios Roche, además se suministró aire con una bomba para mantener las condiciones aeróbicas necesarias. La temperatura del baño maría, fue de 28°C . Se logró obtener una cantidad de 300 ml de levaduras en suspensión.

La pulpa de café inoculada con estas levaduras, se dividió previamente en tres muestras, para estudiar que tipo de tratamiento ofrecía mejores resultados para incrementar el N. Los tres substratos fueron: pulpa deshidratada molida, pulpa fresca entera y pulpa fresca cortada en licuadora.

Los substratos se colocaron en sendos beakers de 3.000 ml de capacidad.

El procedimiento seguido fue el siguiente: 1. Pulpa de café molida 82,1 g; agua 1,290,0 g; biotina al 2%, 50 mg; fosfato de amonio al 0,5%, 6,6625 g; inóculo húmedo 100 ml.

2. Pulpa de café entera: 500 g; agua 1,290 g; biotina al 2%, 50 mg; fosfato de amonio al 0,5%, 8,95 g; inóculo húmedo, 100 ml.

3. Pulpa de café cortada: 500 g; agua 1.290 g; biotina al 2%, 50 mg; fosfato de amonio al 0,5%, 8,95 g; inóculo húmedo, 100 ml.

Los beakers con sus respectivas mezclas se colocaron en baño maría a 28°C. El pH se calibró, para mantenerlo en 4,5. Se utilizó un motor para aireación de los empleados para el mismo fin en los acuarios, con miras a mantener las condiciones aeróbicas requeridas. Al comenzar y luego cada 12 horas, se tomaron alícuotas de 35 ml hasta completar 60 horas, a cada uno de los tres tratamientos. A cada alícuota tomada directamente en un tubo de centrifuga, se le agregaron 10 ml de ácido

tricloroacético, y se dejó en reposo 1 hora, al cabo de la cual se centrifugó a 1.000 rpm, se descartó el sobrenadante y se lavó con agua destilada para formar suspensión, centrifugando por dos veces más durante 5 minutos cada vez.

El contenido del tubo de centrifuga se pasó a papel de filtro previamente tarado, se lavó el tubo para remover toda la materia seca y se dejó filtrar. Se llevó el papel de filtro a estufa de 60°C, hasta secar por 24 horas y se pesó después de dejar al ambiente. La diferencia se anotó como materia seca. A ésta se le determinó N por el método de Kjeldahl (20, 45).

Después del tiempo convenido, los sobrantes de los beakers se llevaron a estufa de 65°C para secado y en esta forma se obtuvieron las muestras inoculadas con levaduras, que sirvieron para hacer los análisis químicos previstos.

Teniendo en cuenta lo anterior, las muestras que fueron analizadas en el presente trabajo se identifican de la siguiente manera:

- a) Pulpa fresca.
- b) Pulpa ensilada.
- c) Pulpa descompuesta o de fosa.
- d) Pulpa inoculada con levaduras: 1. Molida; 2. Entera; 3. Cortada.

Las muestras fueron sometidas a los siguientes análisis:

Análisis proximal o de Weende (20, 45), que comprende el análisis de materia seca (MS), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), nitrógeno total, proteína cruda (PC), cenizas (C) y extracto no nitrogenado (ENN).

Análisis de minerales: fósforo, por el método fotocolorimétrico (20): calcio, magnesio, potasio y hierro, por medio de los métodos de espectro_fotometría de absorción atómica (45).

La Energía Bruta, se analizó en cada una de las muestras por medio del calorímetro de bomba (20, 45). Se identificaron los componentes de la fibra por medio de los métodos de la Fibra Detergente Neutro (FDN), fibra ácido detergente (FAD), para analizar los contenidos de las paredes celulares (PC), contenido celular (CC), hemicelulosa, lignina, celulosa y sílice. Estos métodos se encuentran explicados en detalle por Goering y Van Soest y están aprobados por la A.O.A.C. (18, 20, 45, 54, 55, 56, 57).

Por último se utilizó el método de la digestibilidad in vitro de Tillery y Terry, modificado en su segunda fase por Van Soest. (18, 45).

A partir de los datos químicos, obtenidos por medio del análisis de Van Soest, se estima el valor nutritivo de cada una de las muestras de pulpa de café.

Con base en los análisis de las fracciones que componen cada una de las muestras, obtenidos por el método proximal, se calculó el total de nutrientes digestibles (TND) y la proteína digestible por medio de la aplicación de las ecuaciones de regresión de Harris et al. (21).

Las muestras de pulpa de cada uno de los tratamientos, fueron muy pequeñas por ello solo se realizaron como análisis estadístico pruebas de F y de t para establecer el tipo de tendencia comparada entre la digestibilidad in vitro y el valor nutritivo estimado con base en los resultados químicos del análisis de Van Soest.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. ANALISIS PROXIMAL O DE WEENDE.

Las muestras de pulpa de café sometidas a los tratamientos previstos, presentaron los resultados del análisis de Weende que se observan en la Tabla 3. Se destaca, el incremento de la proteína cruda, en las muestras inoculadas con levaduras.

La fracción fibra cruda, es alta en todas las muestras, incrementándose en la pulpa descompuesta y bajando a la mitad en la pulpa inoculada cortada.

No se encuentran diferencias muy marcadas entre la pulpa fresca y la pulpa ensilada. Este resultado concuerda con el reportado por Bressani, et al (7), quienes no encontraron diferencias entre los análisis químicos de la pulpa fresca y la pulpa ensilada.

El color, el olor y el aspecto del ensilaje, fueron satisfactorios, lo que permite pensar que la pulpa obtenida en el momento del beneficio puede ser conservada como ensilaje, para su posterior utilización.

La pulpa procedente de las fosas de descomposición, presentó un olor repugnante, a podrido. La humedad original, la fibra cruda y la proteína cruda aumentan en relación con la pulpa fresca y la ensilada, esto puede deberse a una concentración de dichas fracciones por la pérdida de materiales hidrosolubles, debido a la entrada permanente de agua,

TABLA 3. Pulpa de Café. Resumen comparativo de la composición química proximal de las muestras analizadas, expresada como porcentaje de la materia seca. (Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Descompuesta	Inoculada con levaduras		
				Molida	Entera	
Materia seca parcial	17,90	18,20	14,80	16,40	13,60	14,40
Materia seca total	91,80	95,40	91,05	93,20	94,35	04,20
Extracto etéreo	3,86	4,80	4,10	4,12	4,01	4,37
Fibra cruda	19,43	20,62	26,20	21,83	18,47	10,50
Nitrógeno total	1,80	2,10	2,64	3,20	3,90	3,65
Proteína cruda	11,25	13,12	16,60	20,00	24,40	22,82
Cenizas	8,72	7,14	6,86	9,80	11,82	11,00
Extracto no nitrogenado	56,74	54,32	46,24	44,25	41,20	51,31
Materia orgánica	83,08	88,26	84,18	83,40	82,40	83,20

por la lluvia o por el lavado del café del resto de la cosecha. Entre las muestras inoculadas con levaduras, merece destacarse la disminución marcada de la fibra cruda, y el aumento simultáneo de la proteína cruda en el tratamiento de la pulpa cortada, lo que permite indicar, que la pulpa así tratada, mejora satisfactoriamente su calidad.

No se encuentran diferencias en el contenido de materia orgánica de las distintas muestras analizadas.

4.2. INOCULACION CON LEVADURAS.

La figura 1 muestra los cambios presentados por el nitrógeno durante las 60 horas de inoculación de las muestras inoculadas con levaduras. El mayor incremento se obtuvo con las muestras inoculadas entera y cortada. La muestra molida tuvo un bajo incremento. Este método de inoculación, para obtener un incremento de la proteína a expensas de los carbohidratos solubles, es un trabajo preliminar, con el cual se quiere mostrar en qué forma se puede mejorar nutritivamente un producto de desecho como lo es la pulpa de café. No se encuentran en la literatura trabajos previos que utilicen la levadura proveniente de la misma pulpa.

En la Tabla 4 se aprecia la comparación del análisis de la pulpa inoculada con levaduras, realizado en este trabajo, con el de la pulpa y

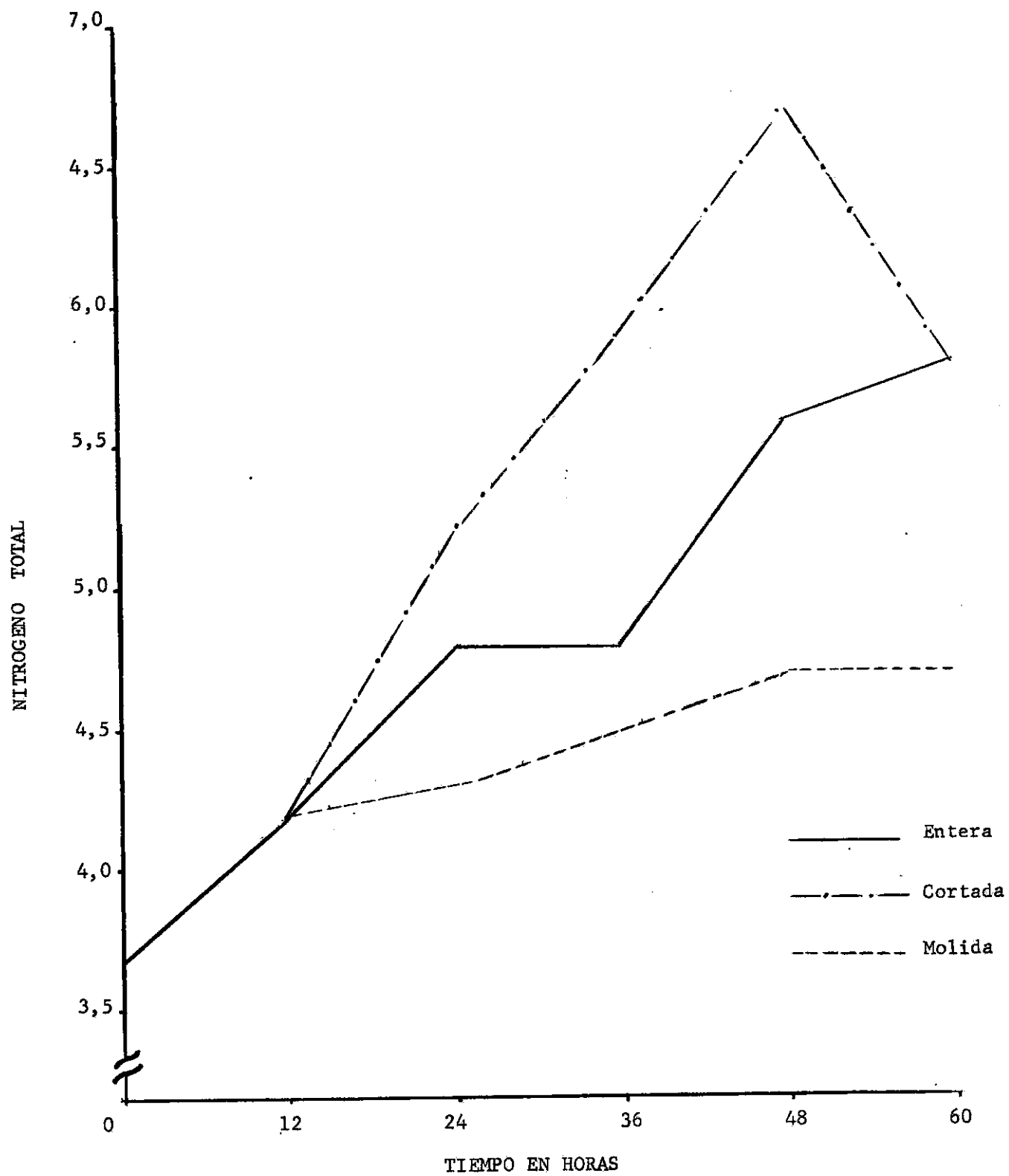


Figura 1. Pulpa de Café. Cambios mostrados por el N total durante el tiempo de incubación con levaduras.

TABLA 4. Pulpa de Café. Comparación de los análisis de la pulpa inoculada con levaduras obtenidas de ella misma y pulpa inoculada con una levadura comercial, expresados en porcentaje de la materia seca. (Tibaitatá, 1973).

	Pulpa de Café			Pulpa más mucilago según Calle (1951)
	Molida	Entera	Cortada	
Humedad	83,60	86,40	84,60	78,21
Extracto eféreo	4,12	4,01	4,37	5,00
Fibra cruda	21,83	18,47	10,50	3,40
Nitrógeno	3,20	3,90	3,65	7,21
Proteína cruda	20,00	24,40	22,82	44,81
Cenizas	9,80	11,82	11,00	8,50
Extracto no nitrógeno	44,25	41,30	51,31	15,60

mucílago inoculados con una falsa levadura de la familia Torulopsidácea (10,11).

Es preciso destacar varios aspectos, de esta comparación. La cepa de levaduras utilizada por Calle (11), era procedente del comercio. A la pulpa le fue agregado el mucílago, rico en carbohidratos. El análisis corresponde a las levaduras puras que fueron recuperadas, de allí su bajo contenido de fibra cruda y su alto contenido de proteína. En el presente trabajo las levaduras se obtuvieron procedentes de la misma pulpa, no se utilizó el mucílago y no hubo separación de las levaduras del resto del material. La disminución de la fibra, favorece el tratamiento de cortar la pulpa, para facilitar la acción de las levaduras en la conversión de los carbohidratos solubles a proteína.

4.3. ENSILAJE DE LA PULPA DE CAFE.

El material almacenado en el microsilo del laboratorio, mostró una temperatura interior de 23°C, el peso inicial fue de 24,6 kg, se encontró una pérdida por escurrimiento del 30% ya que al final el peso del material fue de 17,0 kg. El color del líquido que drenó inicialmente, era rojo cereza, este cambió paulatinamente hasta convertirse en café oscuro al final del primer mes cuando concluyó el drenaje.

En la Tabla 5, se presentan los resultados comparativos del análisis de Weende, de la muestra de ensilaje obtenida al mes y de la obtenida

TABLA 5. Pulpa de Café. Comparación del análisis proximal en base seca, entre las muestras de ensilaje obtenidas al mes y a los cuatro meses de conservación. (Tibaitatá, 1973).

	Ensilaje al mes	Ensilaje cuatro meses
Materia seca %	100,00	100,00
Extracto etéreo %	4,80	4,67
Fibra Cruda %	20,62	22,89
Nitrógeno total %	2,10	2,15
Proteína cruda %	13,12	13,44
Cenizas %	7,14	7,80
Extracto no nitrogenado %	54,32	51,20
Materia orgánica %	88,66	88,73

a los cuatro meses de realizado el almacenamiento. No se encuentran diferencias entre las dos muestras, en las fracciones que se analizan, lo que permite pensar que si la caféina disminuye con el almacenamiento (7), éste procedimiento podría ser de gran utilidad para obtener pulpa de menor contenido de caféina, con un contenido constante de las otras fracciones.

4.4. ANALISIS DE MINERALES.

El análisis de los minerales, Tabla 6, muestra el alto contenido de potasio de todas las muestras con excepción de la muestra procedente de la fosa, en la cual éste mineral se encuentra rebajado a más de la mitad.

La presencia de éste potasio en tan alta cantidad, ha sido mencionada por Bressani et al. (7), quienes manifiestan que el alto contenido de este mineral en la pulpa podría ocasionar problemas por interferir con la utilización del sodio. Underwood (52), afirma que un elevado cociente nutritivo potasio: sodio, agota el sodio y el cloro del organismo y aumenta por consiguiente las necesidades de dichos elementos. Annisson y Lewis (3), indican que la absorción del magnesio en el rumen y probablemente del calcio, está modificada por la cantidad de potasio ingerida en la dieta, ya que las concentraciones relativamente altas de éste ión en el rumen aumentan la

TABLA 6. Pulpa de Café. Resumen comparativo del análisis de minerales.
 (Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Descom- puesta	Inoculada con levaduras		
				Molida	Entera	
Calcio	0,76	0,77	1,30	1,07	1,00	0,95
Fósforo	0,52	0,47	0,23	0,30	0,51	0,51
Potasio	7,10	6,60	3,10	6,11	7,42	7,11
Magnesio	0,10	0,05	0,06	0,51	0,61	0,60
Hierro ppm	76,30	55,03	104,20	53,65	53,00	63,70

diferencia de potencial entre el rumen y la sangre; cuanto mayor es el potencial, mayor es la concentración que debe ser alcanzada por los cationes como el magnesio para que puedan ser absorbidos. Así mismo indican que el pasto de gramíneas en primavera es rico en potasio, 3,5% de la materia seca y los altos niveles de potasio en el rumen de animales en pastoreo pueden ser un factor que contribuye a la tetania por el pasto, cuadro clínico caracterizado por absorción deficiente de magnesio. Este desorden está asociado con una alta relación K/Ca, K/Mg y K/Na (30).

El contenido de potasio presentado por la pulpa de café es más alto que el de la melaza de remolacha que posee 6,20%. Este alto potasio, debe tenerse en cuenta como uno de los factores adversos que pueden interferir con la utilización de la pulpa en la alimentación animal.

En la pulpa descompuestas el contenido de potasio se reduce posiblemente por ser arrastrado con el agua que entra y sale continuamente de la fosa de almacenamiento.

Entre los demás minerales analizados, se observa que la relación Calcio:fósforo se encuentra aumentada en la pulpa procedente de la fosa, en esta muestra se encuentra también aumentado al contenido de hierro. El magnesio aumenta considerablemente en las muestras inoculadas con levaduras.

4.5. ENERGIA BRUTA.

La energía bruta analizada por medio de la bomba colorimétrica, mostró los siguientes resultados, expresados en Mcal/kg: fresca 4,4; ensilada 4,6; inoculada con levaduras: molida 4,3; entera 4,3; cortada 3,9. No se encontraron análisis de energía bruta de la pulpa de café en la literatura relativa al tema.

4.6. ANALISIS DE LOS CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR.

Los métodos detergentes de Van Soest para el análisis de la materia seca hasta donde se conoce, se aplican por primera vez a la pulpa de café.

Los resultados obtenidos, se aprecian en la Tabla 7. El contenido de paredes celulares (PC), la fibra detergente ácido (FDA), celulosa, lignina y sílice, obtenidos con la pulpa de café procedente de la fosa, son comparativamente más altos que en las demás formas de presentación de la pulpa. Estos valores, indican que la pulpa de fosa presenta poder nutricional escaso por poseer un alto contenido de paredes celulares y de lignina.

La comparación de los análisis de la pulpa fresca y la pulpa ensilada, difieren en el contenido de lignina y hemicelulosa, en favor de la pulpa ensilada. El contenido de paredes celulares es similar para

TABLA 7. Pulpa de Café. Análisis de los componentes encontrados con la aplicación de los métodos de Fibra Detergente (Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Descom- puesta	Inoculada con levaduras		
				Molida	Entera Cortada	
Contenido de paredes celulares (PC) %	42,00	41,95	56,90	41,50	36,10	35,87
Contenido celular (CC) %	58,00	58,05	43,10	58,50	63,90	64,13
Fibra detergente ácido (FDA) %	46,43	43,70	63,70	49,27	41,52	40,71
Hemicelulosa %	4,63	1,75	6,80	7,77	5,42	4,84
Celulosa %	29,51	29,66	33,42	29,02	28,25	28,90
Lignina %	16,85	13,96	28,27	19,91	13,04	11,60
Sflice %	0,27	0,08	2,01	0,34	0,23	0,21

ambos tipos de pulpa. El contenido de sílice de la pulpa ensilada es comparativamente el más bajo de las formas estudiadas.

La pulpa inoculada con levaduras presenta un análisis muy similar entre los tratamientos de la entera y la cortada mostrando diferencia en favor de ésta última, por el menor contenido de lignina.

La pulpa de café en cualquiera de las presentaciones estudiadas en este trabajo, posee una disponibilidad muy limitada para los animales no rumiantes, ya que ellos no producen en su organismo las enzimas capaces de desdoblar los carbohidratos estructurales, como la celulosa y la hemicelulosa (55, 56). Además el contenido de lignina es alto, y es indigestible para dichos animales. Es probable que a ello se deban los hallazgos de varios investigadores (6, 10), quienes han encontrado detrimento del crecimiento de los animales cuando se aumentan los niveles de pulpa en la ración.

El alto contenido de lignina, ha sido mencionado por Calle (10), quien manifiesta que las fibras del exocarpo de la pulpa de café, están fuertemente lignificadas. La lignina produce un enlace muy fuerte con las partes cristalizadas de la estructura de la celulosa, formando una barrera física que impide que la celulosa sea atacada por los microorganismos celulolíticos del rumen (30). La digestibilidad de la celulosa baja notoriamente, a medida que se incrementa el contenido de lignina. Cuando el contenido de lignina pasa de 10%, la digestibilidad de

la celulosa baja significativamente .

El incremento del contenido de paredes celulares (55), produce un marcado descenso de la ingestión voluntaria, esto ocurre con materiales que como la pulpa de café, forman una cubierta de la similla de la planta y como tal se ha demostrado que estos materiales suministran fibra relativamente indigestible incluso para los rumiantes (58).

Los rumiantes jóvenes, con los cuales se han conducido recientemente algunos ensayos (25, 26) con pulpa de café fresca, no responden al incremento de los niveles de dicho material en su dieta, debido a que a la edad en que han sido utilizados, 77 días, se comportan aún como animales no rumiantes, por no tener desarrollada la microflora del rumen y no producir las enzimas capaces de desdoblar la celulosa y hemicelulosa (54, 55, 5,6 57).

El contenido de celulosa obtenido con el método de Van Soest en el presente trabajo para la pulpa de café fresca, coincide con el resultado de Wiltbank mencionado por Calle (10), quien por el método ácido-soda, obtuvo 27,65 por ciento.

El complejo ligno-celulosa, es alto en todas las muestras, rebajando en la pulpa cortada inoculada con levaduras.

4.7. DIGESTIBILIDAD in vitro.

En la Tabla 8 se encuentran los resultados de la digestibilidad in vitro por el método de Tilley y Terry, modificado en su segunda fase por Van Soest (18, 45).

La digestibilidad verdadera de la materia seca fue muy baja para la pulpa de fosa, un poco mayor para la pulpa molida inoculada con levaduras y fue mas o menos constante para las demás muestras de pulpa.

La digestibilidad in vitro muestra la tendencia que presentan las distintas muestras, pero no indica el factor limitante (18).

Entre los factores que limitan la digestibilidad de la materia seca se encuentra la lignina, que como se aprecia en la Tabla 7, presenta un contenido alto en las distintas muestras.

La digestibilidad verdadera estimada in vitro, corregida por el contenido de lignina, por medio de la ecuación de Hvidsten (30) es muy similar y presenta la misma tendencia en todas las muestras con la digestibilidad calculada por los resultados químicos como se observa en la comparación que se presenta en la Tabla 9.

TABLA 8. Pulpa de Café. Digestibilidad in vitro de la materia seca, obtenida por el método de Van Soest. (Tibaitafá, 1973).

	Detergente Neutro g	Detergente Neutro %	Digestibili- dad verdadera %	Digestibilidad aparente * %
Fresca	0,0684	14,87	85,13	72,23
Ensilada	0,0632	13,38	86,82	73,92
Descompuesta	0,1693	37,60	62,40	49,50
Molida **	0,1080	23,00	76,00	63,10
Entera **	0,0788	17,51	83,20	70,30
Cortada **	0,0636	14,00	86,00	73,10

* Digestibilidad aparente = Digestibilidad verdadera menos 12,9

** Inoculada con levaduras.

TABLA 9. Pulpa de Café. Digestibilidad verdadera, obtenida in vitro corregida por lignina y calculada por los análisis químicos. (Tibaitatá, 1973).

	DV <u>in vitro</u> %	DV corregida por %	DV Calculada %
Fresca	85,13	65,50	66,90
Ensilada	86,92	68,80	69,00
Descompuesta	62,40	52,40	52,50
Molida	76,00	62,00	66,00
Entera	83,20	69,90	73,10
Cortada	86,00	71,60	75,90

* $DV \text{ corregida} = 84,9 - 1,15 x$
donde $x = \% \text{ de lignina}$

4.8. ESTIMACION DE LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA CON BASE EN LOS RESULTADOS QUIMICOS.

En la Tabla 10, se presentan los resultados de la digestibilidad estimada a partir de los datos químicos obtenidos por los métodos detergentes de Van Soest. Para el cálculo, se asume que los factores químicos en forma individual, limitan por adición de unos a otros el valor nutritivo. La mayor división básica en la materia seca de los vegetales, está entre el contenido celular y la pared celular de las plantas. Como resultado, se ha formulado la siguiente ecuación aditiva para el calcular la digestibilidad (1, 18, 45):

$$\% \text{ de digestibilidad de la materia seca} = 0,98 + Wd_c - M$$

Donde S = contenido celular con una digestibilidad promedio de 98%.

W = % de contenido de paredes celulares.

D_c = Coeficiente estimado de digestibilidad de las paredes celulares.

M = Pérdidas metabólicas fecales estimadas.

Las pérdidas metabólicas fecales estimadas para ovinos son 12,9 unidades, valor que siempre se usa. En la estimación de las pérdidas fecales metabólicas de los bovinos, se usa la siguiente ecuación de regresión:

$$M = 36,57 - 0,275 \ x$$

Donde M = Pérdidas metabólicas fecales estimadas

X = Digestibilidad verdadera estimada

La ecuación aditiva, no pretende reemplazar al sistema in vitro, para

TABLA 10. Pulpa de Café. Estimación del valor nutritivo con base en los análisis químicos. Aplicación de la ecuación aditiva de Van Soest. (Tibaitatá, 1973).

	0.98 S + W Dc - M *			
	Deshidra- tada	Ensilada	Descom- puesta	Inoculada con levaduras Molida Entera Cortada
Coefficiente de digestibilidad del contenido celular (0.98)	0,98	0,98	0,98	0,98
Contenido celular S	58,00	58,05	43,10	63,90
0.98 S	56,84	56,89	42,24	62,62
Coefficiente de digestibilidad de las paredes celulares (Dc)	0,24	0,29	0,18	0,29
Contenido de paredes celulares (W)	42,00	41,95	56,90	36,10
W Dc	10,08	12,16	10,24	10,47
Digestibilidad verdadera de la Materia seca (DVMS) **	66,92	69,05	52,48	73,09
M (para ovinos) DAMS ***	54,02	56,15	39,58	60,19
M (para bovinos) DAMS ***	48,52	51,48	30,34	56,62

* Explicación en el texto

** DVMS = Digestibilidad verdadera de la materia seca

*** DAMS = Digestibilidad aparente de la materia seca

obtener el coeficiente de digestibilidad verdadera (1). El objeto es comparar los dos valores, el in vitro y el de la ecuación. En el presente trabajo se sometieron los datos a la prueba de F, la cual no fue significativa, lo que indica que el comportamiento de lo teórico y lo experimental fue similar. Al someterse los mismos resultados a una prueba de t, se encontraron diferencias significativas, lo que indica que puede utilizarse uno de los métodos pues son excluyentes. Es decir, que la tendencia de los resultados obtenidos con la digestibilidad in vitro y los obtenidos por el cálculo con base a los análisis químicos, fueron similares.

La pulpa de café inoculada con levaduras y cortada, presenta el mejor valor de digestibilidad verdadera in vitro y calculado por los resultados químicos obtenidos.

4.9. CALCULO DEL TND Y DE LA PROTEINA DIGESTIBLE.

La aplicación de las ecuaciones de regresión de Harris et al. (14,21), permiten obtener el TND estimado. A partir de la obtención del TND, se calculan la energía digestible y la energía metabolizable. La base para efectuar los cálculos, se consigue con el factor 4,4 Mcal/kg TND. Se obtiene entonces la energía digestible.

La energía metabolizable se obtiene de multiplicar el valor encontrado

para la energía digestible, por el factor 0,82 (14, 21, 35, 36, 37).

En la Tabla 11 se observan los valores estimados de energía digestible, energía metabolizable y el TND. También, se encuentran los valores de energía bruta, como se expresó atrás. En dicha Tabla se expresa el porcentaje de energía bruta que puede ser metabolizable por el ganado.

El TND obtenido para la pulpa procedente de la fosa, al aplicar la ecuación de regresión como un alimento considerado de la categoría 1, fue de 8,13%. Este valor es muy bajo nutritivamente para continuar calculando los demás datos de la energía. Los valores de TND encontrados, coinciden con los calculados para la pulpa fresca y ensilada por Christiansen et al. (14).

Los resultados, indican que la pulpa de café fresca posee un bajo valor energético para ser utilizada con rumiantes.

La pulpa ensilada y la pulpa inoculada con levaduras cortada mejoran considerablemente las fracciones calóricas estudiadas.

La proteína digestible se calcula por las ecuaciones mencionadas por Harris et al (21). Según estos autores, aún no se han calculado ecuaciones de regresión para la categoría 5 de alimentos.

Las ecuaciones, se aplicaron para calcular la proteína digestible de

TABLA 11. Pulpa de Café. Cálculo de la energía digestible y de la energía metabolizable a partir del TND calculado por las ecuaciones de regresión de Harris et al. (21). (Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Inoculada con levaduras		
			Molida	Entera	Cortada
Energía bruta Mcal/kg	4,4	4,6	4,3	4,3	3,9
Energía digestible Mcal/kg	1,15	2,95	2,51	2,50	3,15
Total de nutrientes digestibles %	26,1	66,9	57,0	56,6	71,4
Energía metabolizable Mcal/kg	0,94	2,42	2,10	2,10	2,60
Utilización de la energía bruta %.	21	53	48	47	65

la pulpa fresca, categoría 1 y la de la pulpa ensilada categoría 3

Los resultados fueron los siguientes:

Fresca : $Y = 0,866 (11,25) - 306 = 6,68$ de proteína digestible.

Ensilada: $Y = 0,908 (13,12) - 3,77 = 8,14$ de proteína digestible.

En las fórmulas Y es la proteína digestible y el número entre paréntesis corresponde a la proteína cruda obtenida por el análisis proximal.

La proteína digestible encontrada es similar a la calculada en las Tablas de alimentación (18) para las mismas clases de pulpa.

La digestibilidad calculada para la proteína de la pulpa fresca es de 59,4% y para la ensilada es de 62,0%. Estos resultados de digestibilidad difieren de los encontrados en los ensayos con cabras (29) en los que se obtuvo una digestibilidad de la proteína con pulpa fresca de 34%.

Es posible que la lignina atrape no solo la celulosa sino gran parte de la proteína de la pulpa y la arrastre hacia las heces para ser excretada sin metabolizar.

5. CONCLUSIONES

1. La pulpa de café descompuesta, no posee valor nutritivo para los animales, por su alto contenido de lignina, su escaso poder energético y su bajo porcentaje de digestibilidad.
2. El alto contenido de potasio y de lignina, y el bajo poder energético de la pulpa fresca, son factores que interfieren con su utilización en alimentación animal.
3. Considerando los bajos valores nutritivos encontrados mediante los diferentes análisis y la baja palatabilidad del material, se concluye que hasta tanto no se diseñen procesos mejorantes y económicos del valor nutritivo de la pulpa de café, su utilización en gran escala para la alimentación animal está seriamente limitada.

6. RESUMEN

Uno de los subproductos más abundantes como desecho agrícola, lo constituye la pulpa de café, la cual se deja descomponer o se envía a las aguas de los ríos provocando la contaminación ambiental en la zona cafetera.

Con el presente trabajo, se estudió la composición proximal por el método de Weende y se llevó a cabo el análisis de la materia seca para conocer las fracciones que hacen parte de la pared celular con la aplicación de los métodos detergentes de Van Soest. Además se empleó el método de la digestibilidad in vitro modificado en su segunda fase por Van Soest con el fin de determinar la digestibilidad verdadera de la materia seca.

Las muestras de pulpa de café utilizadas, fueron: pulpa fresca, pulpa ensilada, pulpa fresca inoculada con levaduras y pulpa obtenida de las fosas de descomposición. Las muestras procedían de la cosecha de café de un lote semiexperimental de Coffea arabica var. típica, obtenidas en el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Colombia.

Los análisis químicos y el proceso microbiológico de inoculación se llevaron a cabo en el Laboratorio Nacional de Nutrición Animal de Tibaitatá, en Bogotá.

El proceso de inoculación con levaduras, obtenidas de la pulpa ensilada,

mostró un incremento en el contenido de nitrógeno total.

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, ni entre las muestras de ésta última obtenidas al mes y a los cuatro meses.

El contenido de fibra de la pulpa de café es alto, pero se destaca la disminución de ésta fracción presentada por la pulpa inoculada con levaduras cuyo tratamiento previo a la inoculación fue el cortado con cuchillas de licuadora. La pulpa inoculada con levaduras en sus tres formas de tratamiento: molida, entera y cortada, presentó un incremento marcado en el contenido de proteína cruda.

El análisis de minerales mostró que la pulpa de café posee un alto contenido de potasio, superior al de la melaza de remolacha que es el material utilizado en alimentación, con mayor contenido de éste mineral.

La energía bruta, medida por medio de la bomba calorimétrica, no mostró diferencias muy marcadas. Sin embargo, al aplicar las ecuaciones de regresión de Harris, para establecer el total de nutrientes digestibles (TND), se encontró que el poder energético de la pulpa fresca es muy bajo, mejorando considerablemente en la inoculada con levaduras cortada.

El análisis de las paredes celulares por medio de los métodos detergentes de Van Soest, mostró que el contenido de lignina con base en la materia seca, es alto en todas las muestras estudiadas. Así mismo, es alto el contenido de celulosa. En la pulpa cortada inoculada con levaduras, el contenido de lignina baja apreciablemente.

La digestibilidad verdadera de la materia seca in vitro y la obtenida con base en la ecuación sumativa a partir de los datos químicos analizados, presentaron un porcentaje alto, con excepción de la pulpa descompuesta. Pero, si se tiene en cuenta el alto contenido de lignina, la digestibilidad de la materia seca baja considerablemente. La mejor digestibilidad in vitro fue la presentada por la pulpa inoculada con levaduras cortada.

Se concluyó que la pulpa de café por su alto contenido de fibra y de lignina, no presenta utilidad nutritiva para los animales. Es posible pensar en inocular la pulpa con levaduras, con el fin de incrementar su valor nutritivo.

La lignina debe ser considerada como un factor adverso que interfiere con la utilización de la celulosa y de otros nutrientes, bajando el nivel nutritivo de la pulpa.

La pulpa descompuesta proveniente de las fosas, no posee valor nutritivo para los animales.

7. SUMMARY

One of the main by-products of Colombia is the pulp resulting from coffee plantations, which is a waste that produces water pollution, has high fiber and high potassium content. This research studied the proximal composition, cell-wall, lignine, cellulose and silice fractions, in vitro, digestibility by the Van Soest modified methods, gross energy and TDN using the Harris calculated method of fresh, putrified, ensiled and yeast inoculated pulp.

The yeast inoculated pulp showed an increase of the nitrogen content from 1,80%, found in fresh pulp, to 3,90%. No differences were found among fresh, one month and four month ensiled pulp in proximal composition but yeast inoculated pulp had a higher nitrogen, 3,9 and a decreased fiber content from 19,43% to 10,50%.

Fresh, ensiled, putrified and inoculated pulp showed 16,85%, 19,96 %, 28,27% and 11,60 of lignine; 85,13%, 86,82%, 62,40, and 86% of dry matter true digestibility, respectibility.

Gross energy, TDN, DE, ME for fresh pulp were 4,4 Mcal/kg, 26,1%, 1,15 Mcal/kg, 0,94 Mcal/kg, respectively. Ensiled pulp showed: 4,6 Mcal/kg, 66,9%, 2,95 Mcal/kg, 2,42 Mcal/kg for the same parameters respectively and yeast inoculated pulp had: 3,9 Mcal/kg, 71,4%, 3,15 Mcal/kg, 2,60 Mcal/kg. The putrified coffee pulp had only 8,13% of TDN.

It is concluded that coffee pulp because of its high fiber and lignine contents has very low nutritive value for monogastric and is limited for ruminants since lignine corrected dry matter true digestibility was 65,50%, 68,80 and 71,60% for fresh, ensiled and inoculated coffee pulp respectively; however, yeast inoculation or other improved methods may reduce the lignine content and increase its usefulness.

Future work with animals should give the production and economic verification of this results.

BIBLIOGRAFIA

1. ALARCON, M.E. 1972. Estimación del valor nutritivo de los forrajes. Temas de Orientación Agropecuaria (Colombia) 76:25-35.
2. ALVAREZ, G.H. et al. 1966. Estudio de la torta de café como fuente de proteína en raciones para aves. In Instituto Colombiano Agropecuario. Día de Campo sobre Ciencias Animales. Bogotá. s.p.
3. ANNISON, E.F. y D. LEWIS. 1966. El metabolismo del rumen. Traducción del inglés por M. Chavarría. México, UTHEA. 200 p.
4. BARA, H.M.; F.M. ESPINOSA y M.S. GUERRERO. 1970. Determinación del nivel adecuado de pulpa de café en la ración de novillos. Santa Tecla, El Salvador, Instituto Salvadoreño de Investigaciones de café. 24 p. (Boletín informativo, 92).
5. BERGLUND, R. 1964. Dried Coffe grownds used in fórmula feeds. Feedstuffs (EE.UU). 36(37): 8.
6. BRESSANI, R. et al. 1971. Valor nutritivo de la pulpa de café en monogástricos. Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. México, 1973. Documento N 10.
7. _____; E. ESTRADA; y R. JARQUIN. 1972. Pulpa y pergamino del café. I. Composición química y contenido de amincácidos de la proteína de la pulpa. Turrialba, (Coşta Rica) 22:299-304.

8. BUITRAGO, J. et al. 1971. Evaluación de la melaza de café en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. Rev. ICA (Colombia) 6:75-78.
9. CABEZAS, M.T. et al. 1973. Pulpa de café y cafeína en raciones para terneros. In Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 4a, Guadalajara México, 1973. Documento R. 15.
10. CALLE, H. s.f. Promoción de las investigaciones sobre beneficio del café y utilización integral y diversificada de sus productos y subproductos. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de Café, 15 h (mecanografiado).
11. _____. 1951. Propagación de levaduras alimenticias en la pulpa y mucílago de café. Rev. Cafetera de Colombia. 10(122):3730-3732.
12. _____. 1951. Ensayo sobre cultivo de levaduras alimenticias en pulpa de café. Boletín informativo Cenicafé (Colombia). 2(14):33-36.
13. CHOussy, F. 1944. La pulpa como elemento del ganado. Anales Inst. Tec. del Salvador. 1(1):265-280.
14. CHRISTIANSEN, W.M.C. et al. 1972. Latin American Tables of feed

- composition. Gainesville Florida University, Dept. of Animal Sci. 62 p.
15. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Anuario Meteorológico 1970. Suplemento. Chinchiná. Centro Nacional de Investigaciones de café. p.1.
16. _____. 1971. ^{Bolletín de} Información Estadística sobre café. No.45. Bogotá, División de Investigaciones Económicas. p.1
17. _____. 1972. Economía Cafetera. No.6. Bogotá, División de Investigaciones Económicas. p8.
18. GOERING, H.K. y P.J. VAN SOEST. 1970. Forage fiber analysis; apparatus, reagents, procedures, and some applications. United State Department of Agriculture. 20 p. (Agricultural Handbook, 379).
19. GOMEZ, A.A. 1971. Curso de conservación de Suelos. Sección de conservación de suelos. Chinchiná, Centro Nacional de Investigaciones de café. (Mimeografiado) s.p.
20. HARRIS, L.E. 1970. Métodos para el análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Gainesville, Florida, University. Center for tropical Agriculture Feed composition project.

21. HARRIS, L.E.; L.C. KEARL y P.V.FONNESBECK. 1972. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. Journ. Animal Sci. (EE.UU). 35:658-680.
22. HERRERA, H.E. et al. 1970. Análisis químico bromatológico de algunas materias primas colombianas empleadas en nutrición animal. Bogotá, ICA. 38 p.
23. HILMER, F.A. y A.S. DE LA CRUZ. Role of incidental microflora in natural decomposition of mucilage Larger in Kona Cherriers. Jour. of Food Sci. (EE.UU). 29:850-853.
24. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE COLOMBIA. 1959. Aprovechamiento de los excedentes del café. El café en la alimentación de rumiantes. Informe de Progreso No.5. Bogotá. s.p.
25. JARQUIN, R. et al. 1973. Pulpa de café en la alimentación de rumiantes. Turrialba (Costa Rica) 23:41-47
26. _____. 1973. Utilización de la pulpa de café en forma de ensilaje. In Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 4a. Guadalajara, México, 1973. Documento R 26.
27. _____; J.M. GONZALEZ y R. BRESSANI. 1973. Utilización del pergamino de café en la alimentación de rumiantes. In Reunión

de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 4a, Guadalajara, México. 1973. Documento R 25.

28. LEE, S. 1962. Role of clorogenic acid in coffee Tea and Coffee . (EE.UU) 123: 13, 39-42.
29. LEWI, V.S.M. y R. CARBONELL. 1949. Estudios sobre la digestibilidad de la pulpa de café y de la hoja de banano. El café de El Salvador. 19:1619-1624.
30. LEWIS, D. ed. 1961. Digestive Physiology and Nutrition of the ruminant; proceeding London. Butterworths. 279 p.
31. LIZARAZO, D. 1971. Utilización de la cereza de café en la preparación de cncentrados para animales. Tesis Ing. Quim. Bogotá, Universidad de América, Facultad de Ingeniería Química. 200 h. (Mecanografiado).
32. LOPEZ, A.R. 1971. Importancia económica y social de la industria cafetera colombiana. Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 35 h.
33. MARTINEZ, N.G.N. 1959. Coffe by-products. Economic Botany (EE.UU). 13:86-88.

34. NEWTON, G.L; J.P. FONTENOT; R.E. TUCKER; C.E. POLAND. 1972.
Effects of high dietary potassium intake on the metabolism
of magnesium by sheep. Jour. Animal Sci. (EE.UU). 35:440-445.
35. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. EE.UU. Subcommittee on Beef Cattle
Nutrition. 1970. Nutrient requirement of beef cattle. 4 ed.
Rev. Washington, ^{National} Academy of Sciences. 55 p (Nutrient
requirement of domestic animals, 4).
36. _____. Subcommittee on Poultry Nutrition. 1971. Nutrient
requirement of poultry. 6 ed. Rev. Washington, National
Academy of Sciences. 57 p. (Nutrient requirement of
domestic animals, 1).
37. _____. Subcommittee on Swine Nutrition. 1968. Nutrient
requirements of swine. 6 ed. Rev. Washington, National
Academy of Science. 69 p. (Nutrient requirement of
domestic animals, 2).
38. PARRA, J. 1959. El valor fertilizante de la pulpa de café.
Cenicafé, (Colombia) 10:441-461.
39. RAMIREZ, S. y R. K. WAUGH. 1963. Torta de café para ganado bo-
vino. Agric. Trop. (Colombia) 19:257-263.

40. REGAN, W.M. y H. GOSS. 1943. Parece que las vacas de Nicaragua pronto llegarán a alimentarse de café. La Hacienda (EE.UU). p. 404.
41. _____. 1944. Café para bovinos. La Hacienda (EE.UU). p. 84.
42. REST, D.J. y P.F. RANDEL. 1969. Methods of ensiling coffee pulp. Agric. Exp. St. Trans. ASAE (EE.UU) 12:180-186.
43. ROBAYO, A. 1961. Ensayo sobre la utilización del café en la alimentación de ovinos y porcinos. Rev. Fac. Med. Vet. y Zoot. (Colombia) 19:257-263.
44. ROGERSON, A. 1955. Nutritive value coffee hulls. East. African Agric. Jour. 20:254-255 (Res. in Nutr. Abs. and Rev. 1955. 25:1086).
45. RUBIO, J. 1973. Compendio de métodos de laboratorio en nutrición animal. Bogotá, UN-ICA. 43 p. (Mecanografiado).
46. RUMSEY, T.S. and P.A. PUTRAM. 1972. EKG, respiratory, saliva flow and serum mineral changes associated with KCE-citric induced tetany in cattle. Jour. Animal Sci. (EE.UU). 35:986-994.
47. SALAZAR, C. J.J. y R. K. WAUGH. s.f. La torta de café en la ceba de novillos mestizos Holstein. Bogotá, ICA. s.p. (mecanografiado).

48. SALCEDO, C.L. 1934. Algo acerca de la pulpa de café. Rev. Cafetera de Colombia. 6(58-62): 18-63.
49. SQUIBB, R.L. 1945. El ensilaje de la pulpa de café en el engorde de los becerros. La Hacienda (EE.UU). 40(9):438-441.
50. STANDINGER, W.I. 1968. A laboratory investigation of some agricultural waste products for growth of candida utilis. Turrialba (Costa Rica) 18:234-241.
51. SUAREZ DE CASTRO, F. 1960. Valor de la pulpa de café como abono. Agric. Trop. (Colombia) 16:503-513.
52. UNDERWOOD, E.J. 1969. Los minerales en la alimentación del ganado. Trad. del inglés por P.D. Maheenda. Zaragoza, Acribia. 320 p.
53. VALENCIA, A.G. y H. CALLE. 1968. La miel de café y su composición. Cenicafé (Colombia) 19:135-139.
54. VAN SOEST, P.J. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. Jour. Assoc. Offic. Amerc. Chem. (EE.UU). 40:825-829.
55. _____. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Jour. Assoc. Offic. Agric. Chem. (EE.UU). 46:829-835.

56. VAN SOEST, P.J. and R.H. WINE. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell-wall constituents. Jour. Assoc. Offic. Anal. Chem. (EE.UU) 50:50-55.
57. _____. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. Jour. Animal Sci. (EE.UU) 26:119-128.
58. WANCJERW, A. Fibra bruta. Bogotá, ICA. 28 h. (mimeografiado).
59. WESLIEN, C.I. et al. 1970. Uric acid levels in men fed algae and yeast as protein sources. Jour. Food Sci. (EE.UU) 35:294-298.
60. WORK, H.W.; M. LEWY V.S. y L. ESCALLON. 1946. Informe preliminar del valor de la pulpa de café seca, como sustituto del maíz en la ración de las vacas lecheras. El café de El Salvador 16:773-779.

A P E N D I C E

TABLE 12. Pulpa de Café. Obtención de la materia seca total y de la humedad residual de las distintas muestras. (Tibaitatá, 1973).

	Peso muestra analizada	Peso muestra seca	Humedad muestra	Humedad residual	Humedad promedio	Materia seca	Materia seca total promedio
	g	g	g	g	%	%	%
Fresca	2,5	2,3089	0,1911	7,64		92,36	
	2,5	2,3082	0,1918	7,67		92,33	
	2,5	2,2981	0,2019	8,08		91,92	
	2,5	2,2914	2,2086	8,34		91,70	
	2,5	2,2835	0,2165	8,66		91,34	
	2,5	2,2808	0,2192	8,77	8,20	91,23	91,80
Ensilada	2,5	2,4052	0,0948	3,79		96,21	
	2,5	2,4032	0,0968	3,87		96,13	
	2,5	2,3680	0,1320	5,28		94,72	
	2,5	2,3634	0,1366	5,46	4,60	94,54	95,40
Descompuesta	2,5	2,2762	0,2238	8,95		91,05	
	2,5	2,2760	0,2240	8,96	8,95	91,05	91,05
Molida *	2,5	2,3281	0,1719	6,90		93,10	
	2,5	2,3332	0,1668	6,70	6,80	93,30	93,20
Entera *	2,5	2,3625	0,1375	5,50		94,50	
	2,5	2,3551	0,1449	5,80	5,65	94,20	94,35
Cortada*	2,5	2,3551	0,1478	5,90		94,10	
	2,5	2,3579	0,1421	5,70	5,80	94,30	94,20

* Inoculada con levaduras

TABLA 13. Pulpa de Café. Obtención del extracto etéreo y de la fibra cruda. (Tibaitafá, 1973).

	Peso muestra		Extracto etéreo		Extracto etéreo promedio		Extracto etéreo prom. base seca		Peso fibra		Fibra prom.		Fibra base seca	
	g	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	
Fresca	2,5	0,0834	3,34			0,4503	18,01							
	2,5	0,0819	3,28	3,31		0,4575	18,30					18,05		
	2,5	0,0793	3,17			0,4663	18,65							
	2,5	0,0827	3,31	3,24		0,4680	18,72					18,68		
	2,5	0,1044	4,18			0,4237	16,95							
	2,5	0,0986	3,94	4,06		0,4111	16,44	3,86				16,69		19,43
Enfilada	2,5	0,1096	4,38			0,4948	19,79							
	2,5	0,1192	4,77	4,57		0,4888	19,55	4,80			19,67		20,62	
Descompuesta.	2,5	0,0900	3,60			0,6043	24,17							
	2,5	0,0969	3,88	3,74		0,5887	23,55	4,10			23,86		26,20	
Mollida *	2,5	0,0954	3,82			0,5089	20,36							
	2,5	0,0964	3,86	3,84		0,5086	20,34	4,12			20,35		21,83	
Entera *	2,5	0,1011	4,04			0,4393	17,57							
	2,5	0,0859	3,54	3,79		0,4319	17,27	4,01			17,42		18,47	
Cortada *	2,5	0,1087	4,35			0,2478	9,91							
	2,5	0,0971	3,90	4,12		0,2474	9,89	4,37			9,90		10,50	

* Inoculada con levaduras.

TABLA 14. Pulpa de Café. Obtención del nitrógeno total y de la proteína cruda por el método Kjeldahl. (Tibaitatá, 1973).

	Peso muestra húmeda	Nitrógeno muestra	Nitrógeno promedio	Nitrógeno promedio base seca	Proteína cruda ba- se seca (NX6,25) %
	g	%	%	%	
Fresca	1	1,65			
	1	1,63			
	1	1,65			
	1	1,67			
	1	1,73	1,66	1,80	11,25
Ensilada	1	1,99			
	1	1,97			
Descompuesta	1	2,40			
	1	2,40	2,40	2,64	16,60
Molida *	1	2,89			
	1	3,01	2,95	3,20	20,00
Entera *	1	3,67			
	1	3,67	3,67	3,90	24,00
Cortada *	1	3,46			
	1	3,43	3,44	3,65	22,81

* Inoculada con levaduras.

TABLA 15. Pulpa de Café. Obtención de la ceniza. (Tibaitafá, 1973).

	Peso muestra g	Peso de la ceniza g	Ceniza %	Ceniza promedio %	Ceniza base seca %
Fresca	2,5	0,1974	7,90		
	2,5	0,1971	7,88		
	2,5	0,1901	7,60		
	2,5	0,1987	7,95		
	2,5	0,2187	8,75	8,01	8,72
Ensilada	2,5	0,1692	6,77		
	2,5	0,1711	6,84	6,80	7,14
Descompuesta	2,5	0,1610	6,44		
	2,5	0,1518	6,07	6,25	6,86
Molida *	2,5	0,2280	9,12		
	2,5	0,2284	9,14	9,13	9,80
Entera *	2,5	0,2844	11,38		
	2,5	0,2731	10,92	11,5	11,82
Cortada *	2,5	0,2567	10,27		
	2,5	0,2613	10,45	10,36	11,00

* Inoculada con levaduras.

TABLA 16. Pulpa de Café. Cálculo del extracto no nitrogenado (ENN) en base seca *, (Tibaitafá, 1973).

	MS	EE	FC	Pr	C	ENN Base seca
Fresca	100	- 3,86	- 19,43	- 11,25	- 8,72	= 56,74
Ensilada	100	- 4,80	- 20,62	- 13,12	- 7,14	= 54,32
Descompuesta	100	- 4,10	- 26,20	- 16,60	- 6,86	= 46,24
Inoculada con levaduras						
Molida	100	- 4,12	- 21,83	- 20,00	- 9,80	= 44,25
Entera	100	- 4,01	- 18,47	- 24,40	- 11,82	= 41,30
Cortada	100	- 4,37	- 10,50	- 22,82	- 11,00	= 51,31

* En la Tabla. ENN, extracto no nitrogenado; EE, extracto etéreo; FC, fibra cruda;

Pr, proteína cruda; C, Cenizas; MS, Materia seca.

TABLA 17. Pulpa de Café. Análisis de minerales. Calcio. (Tibaitatá, 1973).

	Peso muestra	Volúmen dilución inicial	Cantidad tomada	Dilución final	ppm	Cantidad de mineral en la muestra	Promedio	Calcio Base seca %
	g	ml	ml	ml			%	
Fresca	0,2004	50	8	10	10,8	0,34		
	0,2000	50	8	10	11,2	0,35	0,35	0,76
Ensilada	0,2003	50	8	10	12,0	0,37		
	0,1997	50	8	10	11,8	0,37	0,37	0,77
Descompuesta	0,1995	50	8	10	20,1	0,63		
	0,2001	50	8	10	17,4	0,54	0,59	1,29
Molida *	0,2000	50	5	7	14,09			
	0,2000	50	5	7	14,24	0,50	0,50	1,07
Entera *	0,2000	50	5	7	13,51			
	0,2000	50	5	7	13,49	0,47	0,47	0,99
Cortada *	0,2000	50	5	7	13,60			
	0,2000	50	5	7	12,20	0,45	0,45	0,95

* Inoculada con levaduras.

TABLA 18. Pulpa de Café. Análisis de minerales. Potasio. (Tibaitatá, 1973).

	Peso muestra	Volúmen dilución inicial	Cantidad tomada	Dilución final	Cantidad de mineral en	Promedio	Potasio base se ca.
	g	ml	ml	ppm	%	%	%
Fresca	0,2004	50	1	10	12,7	3,17	7,10
	0,2000	50	1	10	13,3	3,32	
Ensilada	0,2003	50	1	10	12,9	3,22	6,60
	0,1997	50	1	10	12,3	3,08	
Descompuesta	0,1995	50	1	10	5,4	1,35	3,09
	0,2001	50	1	10	5,9	1,47	
Molida *	0,2000	50	1	10	11,6	2,85	6,11
	0,2000	50	1	10	11,1		
Entera *	0,2000	50	1	10	14,0	3,50	7,42
	0,2000	50	1	10	14,0		
Cortada *	0,2000	50	1	10	13,3	3,35	7,11
	0,2000	50	1	10	13,4		

* Inoculada con levaduras.

TABLA 19. Pulpa de Café. Análisis de minerales . Magnesio. (Tibaitatá, 1973).

	Peso muestra g	Volúmen dilución ml	Cantidad tomada ml	Dilución final ml	ppm	Cantidad mineral en muestra %	Promedio %	Magnesio base seca %
Fresca	0,2004	50	1	10	0,15	0,037	0,30	0,005
	0,2000	50	1	10	0,09	0,022		
Ensilada	0,2003	50	1	10	0,10	0,025	0,025	0,052
	0,1997	50	1	10	0,10	0,025		
Descompuesta	0,1995	50	1	10	0,18	0,045	0,045	0,100
	0,2001	50	1	10	0,18	0,45		
Molida *	0,2000	50	1	10	0,95	0,240	0,240	0,515
	0,2000	50	1	10	1,00	0,240		
Entera *	0,2000	50	1	10	1,10	0,290	0,290	0,614
	0,2000	50	1	10	1,17	0,290		
Cortada *	0,2000	50	1	10	1,12	0,280	0,280	0,594
	0,2000	50	1	10	1,13	0,280		

* Inoculada con levaduras.

TABLA 20. Pulpa de Café. Análisis de minerales. Hierro. (Tibaitatá, 1973).

	Peso muestra g	Volúmen dilución inicial ml	Lectura directa	Cantidad en muestra ppm	Hierro en base seca ppm																																										
Fresca	0,2004	50	1,9	349,7	76,30																																										
	0,2000	50	1,9			Ensilada	0,2003	50	1,1	262,5	55,03	0,1997	50	1,0	Descompuesta	0,1995	50	1,4	474,8	104,20	0,2001	50	1,4	Molida *	0,2000	50	1,0	250,0	53,65	0,2000	50	1,0	Entera *	0,2000	50	1,0	250,0	53,00	0,2000	50	1,0	Cortada *	0,2000	50	1,3	300,0	63,70
Ensilada	0,2003	50	1,1	262,5	55,03																																										
	0,1997	50	1,0			Descompuesta	0,1995	50	1,4	474,8	104,20	0,2001	50	1,4	Molida *	0,2000	50	1,0	250,0	53,65	0,2000	50	1,0	Entera *	0,2000	50	1,0	250,0	53,00	0,2000	50	1,0	Cortada *	0,2000	50	1,3	300,0	63,70	0,2000	50	1,0						
Descompuesta	0,1995	50	1,4	474,8	104,20																																										
	0,2001	50	1,4			Molida *	0,2000	50	1,0	250,0	53,65	0,2000	50	1,0	Entera *	0,2000	50	1,0	250,0	53,00	0,2000	50	1,0	Cortada *	0,2000	50	1,3	300,0	63,70	0,2000	50	1,0															
Molida *	0,2000	50	1,0	250,0	53,65																																										
	0,2000	50	1,0			Entera *	0,2000	50	1,0	250,0	53,00	0,2000	50	1,0	Cortada *	0,2000	50	1,3	300,0	63,70	0,2000	50	1,0																								
Entera *	0,2000	50	1,0	250,0	53,00																																										
	0,2000	50	1,0			Cortada *	0,2000	50	1,3	300,0	63,70	0,2000	50	1,0																																	
Cortada *	0,2000	50	1,3	300,0	63,70																																										
	0,2000	50	1,0																																												

* Inoculada con levaduras.

TABLA 21. Pulpa de Café. Análisis de Minerales. Fósforo. (Tribaitatá, 1973).

	Peso muestra g	Volúmen dilución ml	Cantidad tomada ml	Dilución final ml	Tramitación	Absorvancia	ppm	En muestra promedio	Base seca fósforo %
Fresca	0,2004	50	5	50	42,0	0,377	9,66	0,240	0,52
	0,2000	50	5	50	41,5	0,382	9,79		
Ensilada	0,2003	50	5	50	44,0	0,357	9,14	0,225	0,47
	0,1997	50	5	50	46,0	0,337	8,63		
Descompuesta	0,1995	50	5	50	73,0	0,137	3,51	0,105	0,23
	0,2001	50	5	50	66,0	0,181	4,64		
Molida *	0,2000	50	5	50	88,0	0,178	5,38	0,135	0,30
	0,2000	50	5	50	89,0	0,178	5,38		
Entera *	0,2000	50	5	50	168,0	0,322	9,72	0,243	0,51
	0,2000	50	5	50	153,0	0,322	9,72		
Cortada *	0,2000	50	5	50	151,0	0,306	92,4	0,231	0,51
	0,2000	50	5	50	154,0	0,306	92,4		

* Inoculada con levaduras.

TABLA 22. Pulpa de Café. Obtención del contenido de paredes celulares por el método de fibra detergente neutro (FDN) expresado en base seca. (Tibaitafá, 1973).

	Replica- ciones	Muestra analizada g	Muestra seca g	FDN g	Paredes celulares %	Promedio PC ** %	Contenido celular %
Fresca	1	1	0,9180	0,4852	44,54	42,00	58,00
	2	1	0,9180	0,4304	39,51		
Ensilada	1	1	0,9540	0,4270	40,70	41,95	58,05
	2	1	0,9540	0,4530	43,20		
Descompuesta	1	1	0,9104	0,6143	55,93	56,90	43,10
	2	1	0,0104	0,6349	57,80		
Molida *	1	1	0,9320	0,4390	40,90	41,50	58,50
	2	1	0,0320	0,4518	42,10		
Entera *	1	1	0,9430	0,3792	35,75	36,10	63,90
	2	1	0,9430	0,3860	36,40		
Cortada *	1	1	0,9420	0,3784	35,64	35,87	64,13
	2	1	0,9420	0,3832	36,10		

* Pulpa de café inoculada con levaduras.

** PC = paredes celulares

TABLA 23. Pulpa de Café. Obtención de la fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest, expresado en base seca. (Tibaitatá, 1973).

	Replica- ciones	Peso muestra g	Peso FDA g	Promedio FDA g	FDA en la muestra %	FDA base seca %																																														
Fresca	1	1	0,4450	0,4283	42,83	46,63																																														
	2	1	0,4117				Ensilada	1	1	0,4151	0,4147	41,47	43,70	2	1	0,4143	Descompuesta	1	1	0,5840	0,5820	58,20	63,70	2	1	0,5800	Molida *	1	1	0,4651	0,4592	45,92	49,27	2	1	0,4533	Entera *	1	1	0,3911	0,3915	39,15	41,52	2	1	0,3919	Cortada *	1	1	0,3764	0,3835	38,35
Ensilada	1	1	0,4151	0,4147	41,47	43,70																																														
	2	1	0,4143				Descompuesta	1	1	0,5840	0,5820	58,20	63,70	2	1	0,5800	Molida *	1	1	0,4651	0,4592	45,92	49,27	2	1	0,4533	Entera *	1	1	0,3911	0,3915	39,15	41,52	2	1	0,3919	Cortada *	1	1	0,3764	0,3835	38,35	40,71	2	1	0,3906						
Descompuesta	1	1	0,5840	0,5820	58,20	63,70																																														
	2	1	0,5800				Molida *	1	1	0,4651	0,4592	45,92	49,27	2	1	0,4533	Entera *	1	1	0,3911	0,3915	39,15	41,52	2	1	0,3919	Cortada *	1	1	0,3764	0,3835	38,35	40,71	2	1	0,3906																
Molida *	1	1	0,4651	0,4592	45,92	49,27																																														
	2	1	0,4533				Entera *	1	1	0,3911	0,3915	39,15	41,52	2	1	0,3919	Cortada *	1	1	0,3764	0,3835	38,35	40,71	2	1	0,3906																										
Entera *	1	1	0,3911	0,3915	39,15	41,52																																														
	2	1	0,3919				Cortada *	1	1	0,3764	0,3835	38,35	40,71	2	1	0,3906																																				
Cortada *	1	1	0,3764	0,3835	38,35	40,71																																														
	2	1	0,3906																																																	

* Pulpa de café inoculada con levaduras.

TABLA 24. Pulpa de Café. Obtención del contenido de celulosa por el método detergente ácido de Van Soest, expresado en base seca. (Tibaitatá, 1973).

	Replicaciones	Celulosa en muestra g	Promedio g	Celulosa en muestra %	Celulosa base seca %
Fresca	1	0,2857	0,2709	27,09	29,51
	2	0,2571			
Ensilada	1	0,2803	0,2830	28,30	29,66
	2	0,2858			
Descompuesta	1	0,3034	0,3043	30,43	33,42
	2	0,3153			
Molida *	1	0,2722	0,2704	27,04	29,02
	2	0,2686			
Entera *	1	0,2607	0,2664	26,64	28,25
	2	0,2721			
Cortada *	1	0,2658	0,2721	27,21	28,90
	2	0,2784			

* Pulpa de café inoculada con levaduras.

TABLA 25. Pulpa de Café. Obtención de lignina por el método detergente ácido de Van Soest, expresada en base seca. (Tibaitatá, 1973).

	Replicaciones	Lignina en muestra g	Promedio lignina g	Lignina en muestra %	Lignina base seca %
Fresca	1	0,1548	0,1547	15,47	16,85
	2	0,1546			
Ensilada	1	0,13,64	0,1332	13,32	13,96
	2	0,1301			
Descompuesta	1	0,2716	0,2665	26,65	28,27
	2	0,2615			
Molida *	1	0,1910	0,1856	18,56	19,91
	2	0,1803			
Entera *	1	0,1276	0,1229	12,30	13,04
	2	0,1183			
Cortada *	1	0,1085	0,1092	10,92	11,60
	2	0,1099			

* Inoculada con levaduras.

TABLA 26. Pulpa de Café. Cálculo del contenido de hemicelulosa y de sílice a partir de las fracciones obtenidas con el detergente neutro y el detergente ácido por el método de Van Soest. Expresados en base seca. (Tibaitatá, 1973).

	FDA	PC	Hemicelulosa **	FDA	Celulosa	Lignina	Sílice ***
	%	%	%	%	%	%	%
Fresca	46,63	42,00	4,63	46,63	29,51	16,85	0,27
Ensilada	43,70	41,95	1,75	43,70	29,66	13,96	0,08
Descompuesta	63,70	56,90	6,80	63,70	33,42	28,27	2,01
Molida *	49,27	41,50	7,77	49,27	29,02	19,91	0,34
Entera *	41,52	36,10	5,42	41,52	28,25	13,04	0,23
Cortada *	40,71	35,87	4,84	40,71	28,90	11,60	0,21

* Pulpa de café inoculada con levaduras

** Hemicelulosa = Fibra detergente ácido (FDA) - Paredes celulares (PC)

*** Sílice = Fibra detergente ácido (FDA) - Celulosa - Lignina.

TABLA 27. Pulpa de Café. Digestibilidad de la materia seca in vitro, obtenida por medio del método modificado por Van Soest. (Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Descom- puesta	Inoculada con levaduras		
				Molida	Entera	Cortada
Peso de la muestra	g	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Materia seca	%	91,8	95,4	91,4	93,2	94,3
Muestra Base seca	g	0,46	0,48	0,45	0,47	0,47
DN * promedio	g	0,0684	0,0632	0,1693	0,1080	0,0788
Detergente neutro	%	14,87	13,38	37,60	23,00	17,51
DVMS **	%	85,13	86,82	62,40	76,00	83,20
DAMS ***	%	72,23	73,92	49,50	63,10	70,30

* DN : Detergente neutro obtenido en la muestra analizada.

** DVMS : Digestibilidad verdadera de la materia seca.

*** DAMS : Digestibilidad aparente de la materia seca.

TABLA 28. Pulpa de Café. Estimación del valor nutritivo con base en los análisis químicos. Aplicación de la ecuación aditiva de Van Soest para la obtención de la digestibilidad verdadera de la materia seca, DVMS = 0,98 S + WDC - M *.
(Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Decompuesta	Inoculada con levaduras	
				Molida	Entera
Coefficiente de digestibilidad del CC**	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Contenido celular S	%	58,00	43,10	58,50	63,90
Contenido celular digestible	A	56,84	42,24	57,33	62,61
Contenido de lignina	%	16,85	28,27	19,91	13,04
Fibra Acido detergente	%	46,63	63,70	49,27	41,52
(Lig/FAD) 100		36,00	44,00	40,00	31,00
Coefficiente digestibilidad de PC (Dc)		0,24	0,18	0,21	0,29
Contenido de PC (W)	%	42,00	56,90	41,50	36,10
Paredes celulares digestibles B		10,08	10,24	8,71	10,47
DVMS = A + B	%	66,92	52,48	66,04	73,09
DAMS (ovejas) M = 12,9		54,02	39,58	53,14	60,19
DAMS (bovinos)		48,52	30,34	47,63	56,62

* Ecuación aditiva: Explicación en el texto

** En la Tabla S y CC : Contenido celular; A: 0,98; W y PC : paredes celulares; Dc: Coeficiente de digestibilidad de PC; B: WDC; M: pérdidas metabólicas

TABLA 29. Pulpa de café. Análisis de los resultados de la energía bruta, obtenidos por medio del uso de la bomba calorimétrica. * (Tibaitatá, 1973).

	Fresca	Ensilada	Descompuesta
Peso muestra, g	1,0925	1,1837	1,00
Materia seca, %	91,80	95,40	91,05
Peso muestra base seca, g	1,0029	1,1293	0,9105
Temperatura inicial, °F	76,00	77,07	77,00
Temperatura final, °F	79,27	80,82	80,10
T. inicial corregida, °F	75,99	77,07	77,00
T. final corregida, °F	79,26	80,80	80,08
Diferencia de temperaturas	3,267	3,725	3,080
Alambre gastado, cm	6,2	6,7	5,3
Carbonato de sodio gastado, ml	2,5	2,0	5,1
Energía bruta Kcal/kg	4.429,5	4.486,7	4.597,0
Energía bruta promedio Kcal/kg	4,422,87	4,559,27	4,597,63

TABLA 29. (Continuación)

	Inoculada con levaduras		
	Molida	Entera	Cortada
Peso muestra, g	1,2078	1,00	1,00
Materia seca, %	93,2	94,3	94,2
Peso muestra base seca, g	1,1257	0,9430	0,9420
Temperatura inicial °F	68,300	68,300	73,250
Temperatura final °F	71,875	61,600	75,875
T. inicial corregida °F	68,272	68,270	73,227
T. final corregida °F	71,850	71,571	75,867
Diferencia de temperaturas	3,578	3,301	2,640
Alambre gastado, cm	5,5	5,2	7,4
Carbonato de sodio gastado, ml	10,1	12,7	10,3
Energía bruta promedio Kcal/kg	4.268,77	4.323,23	3.944,37

* Equivalente calórico de bomba: 1.364,9