

Compuestos Fenólicos en la Pulpa de Café. Cromatografía de Papel de Pulpa Fresca de 12 Cultivares de *Coffea arabica* L.¹

J. Ramírez*

ABSTRACT

The compounds soluble in 80% methanol were extracted from fresh coffee pulp and this extract was used to isolate first the compounds soluble in ethyl acetate and the those soluble in a mixture of ethyl acetate and methanol (5:1). These last two fractions were subjected to two dimensional descending filter paper chromatography, with n-butanol, water and acetic acid (BWA, 4:1:5) as solvents in one direction and 2% acetic acid in the other direction. On the basis of R_f values, chromogenic reactions, fluorescence and UV absorption spectra, some compounds were tentatively identified as belonging to the following groups: chlorogenic acids, catechins, leucoanthocyanidins, anthocyanins and flavonol glycosides. Although there are differences in total phenolic compounds of the coffee pulp among the 12 cultivars studied, qualitative variations were minimal.

COMPENDIO

Sobre la base de los valores de R_f , reacciones cromogénicas, fluorescencia y espectros de absorción de luz UV, se identificaron tentativamente algunos compuestos fenólicos extraídos de la pulpa de café fresca como pertenecientes a los siguientes grupos: ácidos clorogénicos, catequinas, leucoantocianidinas, antocianinas y derivados glucósidos de flavonoles. Aunque existen diferencias significativas en cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales en las pulpas de los doce cultivares estudiados, las variaciones cualitativas son mínimas.

INTRODUCCION

Los compuestos fenólicos, llamados también polifenoles, están presentes en todo vegetal y comprenden un grupo heterogéneo de sustancias, unas con estructuras químicas relativamente simples y otras complejas como los taninos y la lignina

El grano del fruto de la especie *Coffea arabica* L. se caracteriza por tener un alto contenido de estos compuestos y en particular, de los llamados ácidos clorogénicos (hasta un 8% sobre la base de materia seca, los cuales han sido objeto de algunos estudios específicos (2, 3, 4, 5, 30) En cambio en varios estudios realizados sobre la pulpa de café, se ha investigado directa o indirectamente sobre los compuestos fenólicos que ésta contiene (1, 6, 9, 10, 13, 14, 15,

31, 32), sólo ha llegado a establecerse la identidad y cantidad relativa de unos pocos de estos compuestos. La información disponible al respecto, además de escasa, es inconsistente.

La pulpa de café se ha estudiado extensivamente desde el punto de vista nutricional; los resultados obtenidos demuestran que en ella están presentes algunos componentes que, por su toxicidad, interfieren en su utilización para la alimentación de los animales de la finca (15). Los compuestos fenólicos han sido señalados como posibles responsables del efecto tóxico de la pulpa pero no existe evidencia concluyente en apoyo de estas afirmaciones.

Por tal razón es necesario realizar estudios más detallados para conocer la naturaleza y el contenido de dichos compuestos en pulpa fresca obtenida de diferentes cultivares, como punto de partida para su determinación en la pulpa deshidratada, que es la forma en la cual generalmente se ha utilizado para preparar alimentos destinados a los animales de la finca.

En el presente trabajo se describen los resultados obtenidos en un estudio hecho con técnicas de cromatografía de papel sobre los compuestos fenólicos

¹ Recibido para publicación el 26 de julio 1986. Proyecto subvencionado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Venezuela.

* Departamento de Bioquímica, Universidad Nacional Experimental del Táchira Apartado 436, San Cristóbal, estado Táchira Venezuela.

de la pulpa fresca del fruto maduro de doce cultivares de *Coffea arabica* L., los cuales son cultivados en forma comercial o experimentalmente en la región de Los Andes de Venezuela, debido a sus altos rendimientos y resistencia a algunas razas de la roya

MATERIALES Y METODOS

La pulpa se obtuvo de muestras representativas de cerezas maduras de café de ocho cultivares susceptibles a la roya del café (Bourbón Amarillo, Bourbón Rojo, Catuai Amarillo, Caturra Amarillo, Caturra Rojo, Mundo Novo 385, Semperflorens y Typica Rojo) y cuatro cultivares resistentes a algunas razas de la roya (BA-2-204741-172A, Geisha B-209842-182A, KP-263-295940-196B y KP-423). Estas muestras se recolectaron de las parcelas establecidas en el campo de la Estación Experimental de Bramón, CIARLA, Estado Táchira, Venezuela, durante el último trimestre del año 1982. El café en cereza se mantuvo refrigerado hasta el momento de ser despulpado; esta operación se hizo generalmente al día siguiente de su recolección. El despulpado se efectuó a mano, con una hojilla de acero inoxidable; la pulpa así obtenida fue inmediatamente utilizada para determinar el contenido de materia seca y de compuestos fenólicos totales, y para extraer compuestos solubles en metanol acuoso al 80% (v/v).

La extracción de compuestos fenólicos utilizando metanol absoluto seguido de metanol acuoso al 50%, se hizo de acuerdo al procedimiento usado por Goldstein y Swain (8); la determinación de compuestos fenólicos totales se hizo por el método descrito por Ramírez Martínez *et al* (17). La extracción de compuestos fenólicos solubles en acetato de etilo se llevó a cabo siguiendo el método utilizado por Ramírez Martínez y Luh (16), con ligeras modificaciones. La suspensión acuosa remanente, después de obtener el extracto de acetato de etilo, se sometió a extracción con una mezcla de acetato de etilo y metanol (5:1, v/v), tal como lo describe Schulz (21) para extraer glicósidos de flavonoides.

La separación de los compuestos fenólicos presentes en los extractos obtenidos con acetato de etilo y con la mezcla de acetato de etilo y metanol, se realizó mediante cromatografía de papel descendente y bidimensional sobre papel de filtro Whatman N° 1 (46 x 57 cm), a temperatura ambiental de laboratorio. Como solventes para desarrollar los cromatogramas se utilizó, primero, una mezcla de n-butanol, agua destilada y ácido acético glacial (BAW, 4:1:5) en la dirección de la fibra de papel y después, ácido acético (HOAc) al 2% (v/v) perpendicularmente a esta dirección (24).

Después de secar al aire los cromatogramas se examinaron con luz ultravioleta de onda larga ($\lambda = 366$ nm) en ausencia y en presencia de vapores de amoníaco y se marcó el contorno de las manchas fluorescentes (27). Se asperjaron dos cromatogramas con una mezcla (1:1, v/v) recién preparada a partir de soluciones acuosas de FeCl_3 al 1% y $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ al 1%; se remojaron en un baño de HCl 0.2N y se enjuagaron profusamente en un baño de agua destilada (24). Otros cromatogramas se revelaron con reactivos recién preparados de p-nitroanilina diazotizada (DPNA) o vanilina-HCl (16). También se usó el reactivo del ácido p-tolueno sulfónico para detectar compuestos flavonoides con estructuras específicas (19).

Algunas de las manchas positivas con el reactivo de $\text{Fe-Cl}_3\text{-K}_3\text{Fe}_3(\text{CN})_6$ fueron identificadas tentativamente tomando en cuenta los valores de R_f , la fluorescencia en luz ultravioleta, los espectros de absorción de luz ultravioleta de las manchas recortadas de 40 cromatogramas y extraídas con metanol y los colores desarrollados después de tratar los cromatogramas con reactivos cromogénicos. La identificación de las leucoantocianidinas se verificó mediante el calentamiento por 30 minutos de los extractos metanólicos de las correspondientes manchas con un volumen igual de HCl al 5% en n-butanol (28).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan los datos del contenido de compuestos fenólicos de la pulpa fresca de café de cultivares susceptibles (cuatro primeros) y resistentes.

Cuadro 1. Contenido de compuestos fenólicos en pulpa fresca de café expresado como por ciento de materia seca.

No.	Cultivar	MeOH 100%	MeOH 50%	Total
1	Caturra Rojo	1.55	1.03	2.58
2	Typica Rojo	1.58	1.06	2.64
3	Bourbon Amarillo	2.19	0.80	2.99
4	Mundo Novo 385	2.29	0.89	3.18
5	KP-263-205940-196-B	1.68	0.77	2.45
6	KP-423	1.57	0.93	2.50
7	BA-2-204741-172-A	1.78	1.30	3.08
8	Geisha B-209842-182-A	2.00	1.11	3.11

tes (cuatro últimos) a algunas razas de roya. El mayor contenido de compuestos fenólicos extraídos con metanol puro (MeOH 100%) lo exhibe el cultivar Mundo Novo 385 y el menor el cultivar Caturra Rojo, mientras que el mayor contenido de compuestos fenólicos extraídos subsecuentemente con metanol acuoso (MeOH 50%) se observa en el cultivar BA-2 y el menor en el cultivar KP-263. El contenido de compuestos fenólicos totales fluctuó entre 2.45% y 3.18%, con base en materia seca; no se encontró una diferencia claramente perceptible entre cultivares susceptibles y resistentes a la roya.

Una proporción de dos partes (en volumen) de solución metanólica al 80% en agua a una parte (en peso) de pulpa fresca resultó ser adecuada para la extracción de compuestos fenólicos para cromatografía. La eliminación por rotaevaporación al vacío del metanol, del extracto así obtenido y su subsiguiente concentración a un volumen de 50 ml, dejó los compuestos fenólicos en una solución acuosa. De esta solución se obtuvo, primero, una fracción de compuestos solubles en acetato de etilo la cual se denominó Fracción A y después, una fracción extraída con una mezcla de acetato de etilo y metanol, la cual se denominó Fracción B.

En las Fracciones A y B de la mayoría de los cultivares estudiados se detectaron 20 y 21 manchas de color azul, respectivamente, después de asperjar los cromatogramas con el reactivo de $\text{FeCl}_3\text{-K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. Los datos de dichas manchas, correspondientes a su movilidad (valores de R_f) en los sistemas de solventes usados y colores observados bajo luz ultravioleta de onda larga —en ausencia y presencia de vapores de amoníaco— aparecen en los Cuadros 2 y 3 para las Fracciones A y B, respectivamente. Todas las manchas son incoloras bajo la luz visible, con la excepción de la mancha 1 (color amarillo) de la Fracción A y las manchas 27 y 28 (color rojo) de la Fracción B. Los mapas representativos de los cromatogramas bidimensionales de las Fracciones A y B, revelados con el reactivo de $\text{FeCl}_3\text{-K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, se presentan en las Figs 1 y 2, respectivamente.

Las manchas dos y cuatro de la Fracción A al ser examinadas con luz ultravioleta exhibieron fluorescencia azul, la cual se tornó verde-amarillenta en presencia de vapores de amoníaco. Pareciera que en la mancha dos están presentes dos compuestos superpuestos, aunque ligeramente desplazado el uno del otro en la dirección de migración con el ácido acético al 2%. Los valores de R_f en los solventes BAW y

Cuadro 2. Valores de R_f y colores observados bajo luz ultravioleta de las manchas de la Fracción A.

Mancha No.	R_f^*		Color	
	BAW (4:1:5)	Acido acético al 2%	Luz ultravioleta	NH_3^+ luz ultravioleta
1	0.92 ± 0.018	0	Azul	Amarillo
2	0.73 ± 0.021	0.11 ± 0.013	Azul Blanco	Verde
3	0.61 ± 0.023	0.14 ± 0.012	Azul Morado	Amarillo
4	0.71 ± 0.019	0.24 ± 0.011	Azul Gris	Verde
5	0.88 ± 0.019	0.39 ± 0.046	—	—
6	0.78 ± 0.009	0.38 ± 0.023	—	—
7	0.80 ± 0.018	0.46 ± 0.038	—	—
8	0.72 ± 0.026	0.42 ± 0.010	—	—
9	0.68 ± 0.018	0.60 ± 0.016	Azul Gris	Verde
10	0.74 ± 0.019	0.67 ± 0.021	—	—
11	0.71 ± 0.028	0.76 ± 0.010	Azul Gris	Verde
12	0.60 ± 0.023	0.57 ± 0.020	Azul Blanco	Verde
13	0.61 ± 0.029	0.74 ± 0.010	Azul Gris	Verde
17	0.45 ± 0.035	0.57 ± 0.018	—	—
19	0.34 ± 0.040	0.46 ± 0.019	—	—
21	0.65 ± 0.018	0.37 ± 0.022	—	—
22	0.56 ± 0.020	0.31 ± 0.022	—	—
23	0.49 ± 0.024	0.31 ± 0.022	—	—
24	0.48 ± 0.030	0.19 ± 0.016	Rojo Ladrillo	Amarillo
26	0.36 ± 0.039	0.26 ± 0.018	—	—

* Valor de $R_f \pm$ desviación estándar.

Cuadro 3. Valores de R_f y colores observados bajo luz ultravioleta de las manchas de la Fracción B.

Mancha No.	R_f^*		Color	
	BAW (4:1:5)	Acido acético al 2%	Luz ultravioleta	NH_3^+ luz ultravioleta
9	0.70 ± 0.029	0.61 ± 0.015	Azul Gris	Verde
10	0.75 ± 0.028	0.67 ± 0.016	—	Azul
12	0.61 ± 0.028	0.57 ± 0.019	Azul Blanco	Verde
13	0.62 ± 0.037	0.74 ± 0.008	Azul	Verde
14	0.63 ± 0.034	0.82 ± 0.010	—	—
15	0.53 ± 0.027	0.63 ± 0.014	Azul Gris	Verde
16	0.29 ± 0.026	0.69 ± 0.013	—	—
17	0.45 ± 0.029	0.56 ± 0.016	—	—
18	0.37 ± 0.034	0.52 ± 0.007	—	—
19	0.34 ± 0.030	0.45 ± 0.032	—	—
20	0.44 ± 0.033	0.37 ± 0.018	—	—
23	0.48 ± 0.037	0.29 ± 0.018	Azul Violeta	Amarillo Marrón
24	0.48 ± 0.030	0.19 ± 0.014	Rojo Ladrillo	Amarillo
25	0.41 ± 0.021	0.15 ± 0.007	—	—
26	0.37 ± 0.039	0.26 ± 0.013	—	—
27	0.33 ± 0.043	0.25 ± 0.023	—	—
28	0.37 ± 0.035	0.11 ± 0.027	—	—
29	0.33 ± 0.029	0.05 ± 0.017	—	—
30	0.56 ± 0.034	0.28 ± 0.026	—	—
31	0.63 ± 0.030	0.34 ± 0.022	—	—
32	0.76 ± 0.027	0.79 ± 0.016	Azul Gris	Verde

* Valor de $R_f \pm$ desviación estándar.

HOAc al 2%, así como las longitudes de onda de sus máximos y mínimos de absorción de luz ultravioleta, sugieren que estas dos manchas corresponden a los isómeros del ácido isoclorogénico (21, 29).

Las manchas 9, 12 y 13 de la Fracción A y las manchas 9, 12, 13 y 15 de la Fracción B, al ser ex-

puestas a luz ultravioleta, mostraron fluorescencia azul la cual cambió a verde-amarillenta en presencia de vapores de amoníaco. Tienen espectros de absorción de luz ultravioleta muy similares al del ácido clorogénico (Fig. 3), con absorción máxima alrededor de 330 nm y absorción mínima alrededor de 265 nm. De las anteriores observaciones y de los valores de R_f

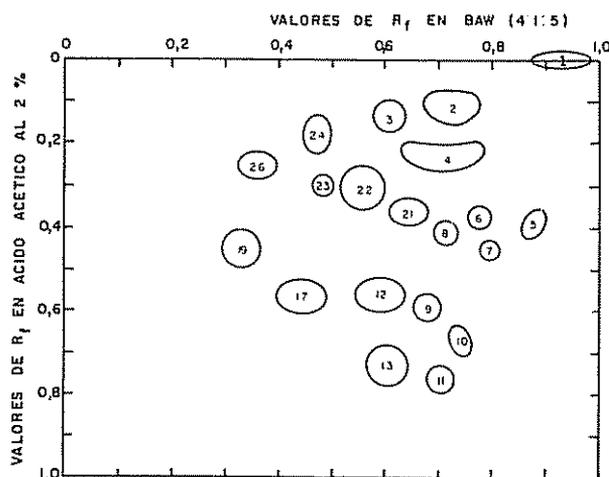


Fig. 1. Mapa de manchas de la Fracción A obtenido cuando se grafican los valores de R_f presentados en el Cuadro 2.

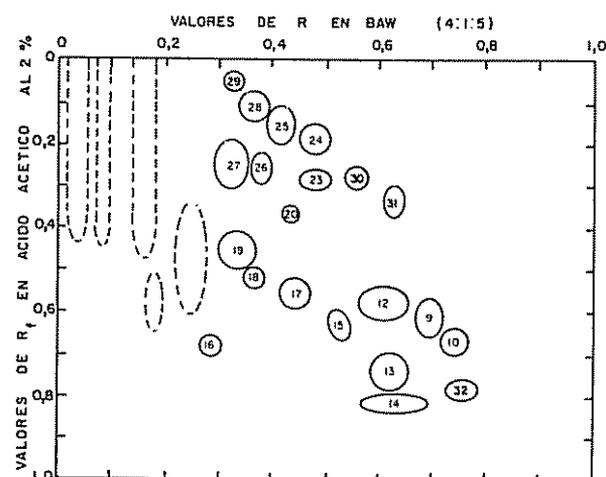


Fig. 2. Mapa de manchas de la Fracción B obtenido cuando se grafican los valores de R_f presentados en el Cuadro 3.

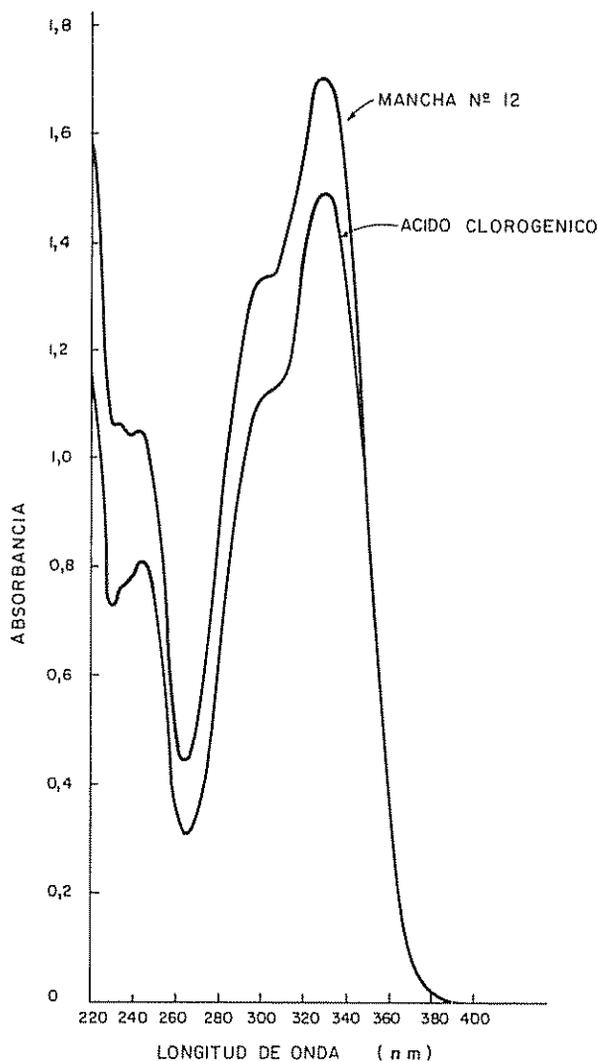


Fig. 3 Espectros de absorción de luz ultravioleta del ácido clorogénico y de la mancha No 12

observados en BAW y HOAc al 2% se puede concluir que la mancha 12 es la forma *cis* del ácido 3-café-oil-químico y las manchas, 9, 13 y 15 son isómeros de éste.

Sobre la base de los valores de R_f en los dos solventes usados, la ausencia de fluorescencia con luz ultravioleta en presencia y ausencia de vapores de amoníaco, las reacciones positivas al ácido *p*-tolueno sulfónico y a la vanilina-HCl, y los espectros de absorción de luz ultravioleta, las manchas 21 y 22 de la Fracción A se han identificado tentativamente como catequina y epicatequina, respectivamente. Se observó que la mancha 22 tiene parcialmente sobrepuesta una mancha que fluoresce azul-blanco con luz ultravioleta en presencia de vapores de amoníaco, pero

que no reacciona con $FeCl_3 \cdot K_3Fe(CN)_6$ y DPNA. Las manchas 30 y 31 de la Fracción B tienen algunas características parecidas a las manchas 22 y 21, respectivamente; sin embargo, los valores promedios de R_f en HOAc al 2% son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba estadística de *t* (12).

Las manchas 3, 23 y 24 de la Fracción A y 23 y 24 de la Fracción B tienen valores de R_f , reacciones cromogénicas y espectros de absorción de luz ultravioleta que sugieren la posibilidad de que sean derivados de un flavonol, tales como glucósidos de quercetina (rutina, isoquercitrina, etc). De igual manera, las manchas 17, 19 y 26, tanto de la Fracción A como de la B, presentan valores de R_f , reacciones cromogénicas y espectros de absorción de luz ultravioleta similares a los que se han descrito para las leucoantocianidinas (11). Para estas tres últimas manchas se obtuvieron resultados positivos con la prueba de las leucoantocianidinas (28).

Las manchas 27 y 28 de la Fracción B corresponden a antocianinas y están presentes solamente en extractos de pulpa de café de color rojo. Sobre la naturaleza de las restantes manchas por ahora nada se puede adelantar, debido a la poca abundancia de estos compuestos en los extractos o bien, a que la información obtenida es insuficiente para establecer las correspondientes identificaciones tentativas.

En los cromatogramas de la Fracción B se observó la presencia de manchas en forma de bandas paralelas a la dirección del movimiento del HOAc al 2% y ubicadas a valores de R_f en el solvente BAW por debajo de 0.3 (área demarcadas por líneas discontinuas en la Fig. 2). Estas bandas corresponden a compuestos que migran poco en los solventes usados y están constituidas por una mezcla heterogénea de compuestos fenólicos poliméricos (18).

Finalmente, si se toma en cuenta tanto la intensidad del color de las manchas como su tamaño se puede concluir que en la Fracción A los compuestos fenólicos más abundantes son los correspondientes a las manchas 1, 2, 3, 4, 12, 13, 17, 19, 21, 22, 24 y 26, mientras que en la Fracción B lo son los correspondientes a las manchas 12, 13, 14, 17, 19, 24, 27 y 28.

DISCUSION

Aunque la cantidad de compuestos fenólicos totales extraíbles de la pulpa de café mostró una gran variabilidad de cultivar a cultivar, ésta no se puede atribuir únicamente a diferencias específicas entre cultivares. En las uvas se ha encontrado que, dentro de un mismo cultivar y en una misma cosecha, hay fluctuaciones en el contenido de compuestos fenólicos de-

pendiendo de la fecha y condiciones prevalecientes al momento mismo de la cosecha (22).

Para la extracción cuantitativa de compuestos fenólicos de un material vegetal no existe un método que sea totalmente satisfactorio. Los solventes más usados para su separación de los componentes estructurales de las células vegetales son etanol, metanol y el agua misma. El metanol es uno de los solventes preferidos para este propósito por lo fácil que es eliminado bajo vacío y a temperaturas por debajo de 40°C. Al eliminar todo el metanol y parte del agua mediante rotaevaporación, se tienen los compuestos fenólicos en un medio acuoso del cual se pueden extraer con un solvente inmiscible con agua.

El acetato de etilo es el solvente más comúnmente usado para separar los compuestos fenólicos de los azúcares, aminoácidos y otros compuestos que son más solubles en agua que en acetato de etilo. Generalmente los lípidos se separan antes de efectuar la extracción con acetato de etilo, mediante extracción con éter de petróleo y cloroformo. En el presente trabajo se prescindió de este paso a fin de prevenir cambios en la composición de los compuestos fenólicos presentes. En efecto, al intentar la utilización de cloroformo para eliminar la cafeína presente en el extracto inicial de la pulpa, se produjeron alteraciones de las proporciones en que se encuentran los ácidos fenólicos y las catequinas.

Por otra parte, es de esperar que el acetato de etilo no extraiga todos los compuestos fenólicos presentes en el medio acuoso. Esto se hizo evidente cuando, después de efectuar la extracción con acetato de etilo, se extrajo el medio acuoso remanente con una mezcla de acetato de etilo y metanol en proporciones tales que aseguren la formación de dos fases (21). Se observó que en la Fracción A (compuestos extraídos por acetato de etilo) están presentes algunos compuestos fenólicos que no aparecen en la Fracción B (compuestos subsecuentemente extraídos por la mezcla de acetato de etilo y metanol), especialmente aquellos con valores de R_f en BAW por encima de 0.5 y de R_f en HOAc al 2% por debajo de 0.5. De igual modo, en la Fracción B están presentes algunos compuestos fenólicos que no aparecen en la Fracción A y que tiene valores de R_f en BAW por debajo de 0.6 y entre ellos compuestos que aparecen en forma de bandas paralelas a la dirección del movimiento del HOAc al 2%. Asimismo, hay algunos compuestos fenólicos que están presentes en las dos fracciones. En líneas generales, el método de extracción utilizado demostró ser confiable y reproducible cuando se aplicó a las doce muestras de pulpa que se analizaron.

En cuanto a la cromatografía de papel, en el presente trabajo se tomó en cuenta no solamente la fluo-

rescencia de las manchas en los cromatogramas sino también su oxidación por el reactivo de $FeCl_3 \cdot K_3Fe(CN)_6$ y los colores que se desarrollan con otros reactivos cromogénicos que se conoce son relativamente específicos para ciertos grupos de compuestos fenólicos. Aún así, no se puede afirmar que todos los compuestos fenólicos extraíbles con metanol acuoso al 80% fueron detectados por medio de la cromatografía de papel. Es muy probable que la presencia de otros compuestos fenólicos, o de determinadas manchas en los cromatogramas de algunos cultivares de café, haya pasado inadvertida debido a su exclusión o a sus relativas bajas concentraciones en los extractos obtenidos. Por consiguiente, tampoco se puede concluir que existen diferencias de naturaleza cualitativa respecto al contenido de compuestos fenólicos de los cultivares estudiados, a excepción de las antocianinas que definitivamente no están presentes en las pulpas de color amarillo. Aún más, es posible que una o más manchas de los cromatogramas bidimensionales obtenidos pueden estar constituidas por dos o más compuestos que migran conjuntamente.

Sobre la base de los resultados de la cromatografía de papel se identificaron tentativamente los compuestos o grupos de compuestos más conspicuos. Entre los compuestos más abundantes están algunos del grupo de los llamados ácidos clorogénicos, que ha sido estudiado en los granos de café procesados y sin procesar (2, 3, 4, 5, 30). A igual que en el grano de café, el compuesto más abundante en la pulpa parece ser el ácido clorogénico propiamente dicho (ácido 3-cafeoilquinico), seguido de los ácidos isoclorogénicos (ácidos 3,4-3,5- y 4,5-dicafeoilquinicos). Aquí, es preciso señalar que, aparte del grupo de los ácidos clorogénicos, ningunos otros derivados simples del ácido cinámico (tales como ácidos cafeico, ferúlico o p-cumárico), fueron detectados en los extractos obtenidos de la pulpa de café; de estar presentes, lo están en una concentración relativamente baja.

Otros compuestos fenólicos prominentes en la pulpa de café parecen ser algunos compuestos del grupo de las catequinas (flavan-3-oles), especialmente la epicatequina, cuya presencia ha sido encontrada en la pulpa y en semillas de muchas frutas (7, 16, 24, 25, 26). De igual manera sobresalen —por su relativa abundancia en los extractos de la pulpa de café— compuestos que parecen ser leucoantocianidinas y o bien, proantocianidinas (oligómeros de flavan-3,4-dioles), los cuales también han sido detectados en la pulpa y semillas de muchas frutas (11, 16, 25). Las catequinas y leucoantocianidinas forman parte de los taninos condensados, los cuales son ampliamente conocidos como agentes precipitantes de las proteínas (20, 23).

LITERATURA CITADA

- 1 AGUIRRE, B.F. 1966. La utilización industrial del grano de café y de sus productos. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. 43 p (Investigaciones Tecnológicas del ICAITI N° 1).
- 2 CARELLI, M.L.C.; LOPEZ, C.R.; MONACO, L.C. 1974. Chlorogenic acid in species of *Coffea* and selections of *C. arabica* L. Turrialba 24(4):398-400
- 3 CLIFFORD, M.N. 1979. Chlorogenic acids-their complex nature and routine determination in coffee beans. Food Chemistry 4:63-71
- 4 CLIFFORD, M.N.; WIGHT, J. 1976. The measurement of feruloylquinic acids and caffeoylquinic acids in coffee beans. Journal of the Science of Food and Agriculture 27:73-84
- 5 CORSE, J.; LAYTON, L.L.; PATTERSON, D.C. 1970. Isolation of chlorogenic acids from roasted coffee. Journal of the Science of Food and Agriculture 21:164-168.
- 6 EL-HAMIDI, A.; WANNER, H. 1964. The distribution pattern of chlorogenic acid and caffeine in *Coffea arabica*. Planta 61:90-96
- 7 EL-SAYED, A.S.; LUH, B.S. 1966. Polyphenolic compounds in canned apricots. Journal of Food Science 30:1016-1020.
- 8 GOLDSTEIN, J.L.; SWAIN, I. 1963. Changes in tannins in ripening fruits. Phytochemistry 2:371-383
- 9 JAFFE, W.; ORTIZ, D.S. 1952. Notas sobre el valor alimenticio de la pulpa de café. Agro 23:31-37.
- 10 LOPEZ-LONGO, C.R. 1972. Estudo dos pigmentos flavonoides e sua contribuição a filogenia do género *Coffea*. Tese de doutoramento São Paulo, Bra Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz". 110 p.
- 11 LUH, B.S.; HSU, E.T.; STACHOWICZ, K. 1967. Polyphenolic compounds in canned cling peaches. Journal of Food Science 32(3):251-258.
- 12 MODE, E.B. 1951. Elements of statistics. New York, Prentice-Hall 373 p
- 13 MOLINA, M.R.; FUENTE, G., DE LA; GUDIOL, H.; BRESSANI, R. 1974. Pulpa y pergamino de café. VIII. Estudios básicos sobre la deshidratación de la pulpa de café. Turrialba 24:280-284
- 14 MGLINA, M.R.; FUENTE, G., DE LA; BATTEN, M.A.; BRESSANI, R. 1974. Decaffeination. A process to detoxify coffee pulp. Journal of Agricultural and Food Chemistry 22(6):1055-1059
- 15 PULPA DE café, composición, tecnología y utilización. 1978. Ed. por J.E. Braham; R. Bressani. Bogotá, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. 152 p
- 16 RAMIREZ-MARTINEZ, J.R.; LUH, B.S. 1973. Phenolic compounds in frozen avocados. Journal of the Science of Food and Agriculture 24:219-225
- 17 RAMIREZ MARTINEZ, J.R.; LEVI, A.; PADUA, H.; BAKAL, A. 1977. Astringency in an intermediate moisture banana product. Journal of Food Science 45(2):1201-1203, 1217.
- 18 ROUX, D.G.; EVELYN, S.R. 1958. Condensed tannins. I. A study of complex leuco-anthocyanins present in condensed tannins. Biochemical Journal 69:530-538.
- 19 ROUX, D.G.; MAIHS, A.E. 1960. Selective spray reagents for the identification and estimation of flavonoid compounds associated with condensed tannins. Journal of Chromatography 5:65-74.
- 20 SALUNKE, D.K.; JADHAV, S.J.; KADAM, S.S.; CHAVAN, K.K. 1982. Chemical, biochemical, and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. C.R.C. Critical Review in Food Science and Nutrition 17(3):277-305.
- 21 SCHULZ, E. 1975. Polifenoles en cultivos y su importancia agronómica. I. Reacciones de hipersensibilidad y la acumulación de los polifenoles en los tubérculos de *Ipomea batata*. Tesis Doctoral. Maracay, Ven. U.C.V., Facultad de Agronomía. 205 p.
- 22 SINGLETON, V.L. 1966. The total phenolic content of grape berries during the maturation of several varieties. American Journal of Enology and Viticulture 17(2):126-134
- 23 SINGLETON, V.L. 1981. Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in foods. Advances in Food Research 27:149-242
- 24 SINGLETON, V.L.; DRAPER, D.E.; ROSSI JUNIOR, J.E. 1966. Paper chromatography of phenolic compounds from grapes, particularly seeds, and some variety-ripeness relationships. American Journal of Enology and Viticulture 17:206-217.
- 25 SIOUD, F.B.; LUH, B.S. 1966. Polyphenolic compounds in pear purée. Food Technology 20:182-186.
- 26 SU, C.T.; SINGLETON, V.L. 1969. Identification of three flavan-3-ols from grapes. Phytochemistry 8:1533-1588
- 27 SWAIN, I. 1953. The identification of coumarins and related compounds by filter paper chromatography. Biochemical Journal 53:200-208.
- 28 SWAIN, I.; HILLIS, W.E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. Journal of the Science of Food and Agriculture 10:63-68
- 29 THOMPSON, D.P. 1981. Chlorogenic acid and other phenolic compounds in fourteen sweet potato cultivars. Journal of Food Science 46(3):783-740
- 30 VAN DER STEEGEN, G.D.H.; VAN JUIJIN, J. 1979. Analysis of chlorogenic acids in coffee. Colloque International sur la Chimie du Café 9^o:107-112.
- 31 ZULUAGA-VASCO, J.; TABACCHI, R. 1979. Chemical composition of coffee pulp. Colloque International sur la Chimie du Café 9^o:335-344
- 32 ZULUAGA-VASCO, J.; BONILLA, V.M.; QUIJANO, R. 1975. Contribución al estudio y utilización de la pulpa de café. Colloque International sur la Chimie du Café 7^o:233-242

Reseña de Libros

TOSSO, J.I. 1985. Suelos Volcánicos de Chile. Ed INIA, Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. 723 p.

La presentación de los resultados de investigaciones y de su interpretación, en forma de libro, es señal de un alto grado de progreso de un grupo de investigadores. Confirmando esta regla, el grupo de investigadores de suelos volcánicos de Chile presenta un resumen muy acertado de unos 30 años de investigaciones sobre todos los aspectos de los suelos volcánicos. Los capítulos fueron redactados por catorce investigadores conocidos internacionalmente. El énfasis en la obra se pone en los aspectos básicos de los trabajos, lo cual ha sido una característica de las investigaciones de Chile, tal vez por la formación fuertemente química y geológica de muchos de los científicos más activos en este campo.

Sin embargo, este aspecto fuerte de las ciencias básicas permite que una fracción muy amplia de los resultados sean también útiles en otros países.

Conociendo la contribución muy importante del Dr. Besoain a la ciencia de suelos volcánicos en América Latina y fuera de ella, no es sorprendente el encontrar que es el autor del primer capítulo y coautor del segundo, con varios colaboradores. Estos dos capítulos, con más de 300 páginas, son casi un libro; presentan una introducción general a los suelos volcánicos y a su mineralogía, incluyendo tanto minerales primarios como secundarios. Las bibliografías son muy amplias: 187 citas en el primer capítulo y 253 en el segundo. Ambas constituyen una fuente importante de información para quienes desean profundizarse más en la materia.

El tercer capítulo estudia las interacciones superficie de suelo y solución del suelo en Andosoles. Dadas las grandes superficies que ocupan tales suelos y sus propiedades especiales y su variabilidad, más la amplia experiencia que se ha obtenido en Chile en este campo, se justifica la inclusión de este capítulo poco corriente en los libros sobre suelos. La amplia bibliografía incluye a muchos trabajos hechos en Chile que son

poco conocidos en el exterior, sino también a otros tantos trabajos básicos de la bibliografía internacional.

El cuarto capítulo describe la química de suelos volcánicos, dedicando al tema casi 100 páginas, debido a que las investigaciones chilenas en este campo han sido muy amplias.

El quinto capítulo resume los trabajos sobre materia orgánica y procesos biológicos en suelos alofánicos. Aquí también se presenta mucho material novedoso ya que, en este campo, hay bastante menos investigaciones en otros países en comparación con Chile.

El sexto capítulo, uno de los más cortos, se refiere a la geología, al volcanismo y otros fenómenos relacionados, en las regiones Central y Sur de Chile.

Otro capítulo breve, el séptimo, discute el problema muy importante de la erosión hídrica de los suelos trumaos. Se resume la experiencia de Chile. Desafortunadamente, al contrario de los primeros capítulos, aquí no se comparan los resultados de Chile con la experiencia mundial. En el caso especial de Japón, quienes tienen trabajos comparables no se utilizan como fuente de comparación.

El octavo capítulo, el más extenso de todos, presenta la sistemática y la descripción de muchos de los suelos derivados de materiales piroclásticos en el Centro y Sur de Chile. Este capítulo tiene una gran riqueza de información que permite que los lectores comparen los suelos de Chile con otros de diferentes regiones.

En general, tanto el editor como los autores merecen una felicitación por haber preparado un volumen de nivel internacional, uno de los libros de suelos más completos y mejor documentados que este revisor ha conocido entre las publicaciones de América Latina. Este libro debe estar disponible para todos quienes trabajamos con suelos volcánicos y no debe faltar en las bibliotecas científicas agrícolas. También se debe mencionar la buena calidad de la edición, el papel de alta calidad y las buenas ilustraciones que contribuyen a una lectura fácil de esta publicación.

ELEMER BORNEMISZA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS
UCR