

Biogeoquímica y Geobotánica de metales básicos en el área de Mocoa-Putumayo (Colombia) Estudios preliminares

SERGIO GAVIRIA M. *

RESUMEN

Este trabajo, realizado como una primera aproximación en la Investigación Biogeoquímica de Metales en el área de Mocoa-Putumayo (Gaviria, 1981), dentro del Proyecto Landsat-Mocoa, resume los resultados de análisis para material foliar de algunas especies vegetales recolectadas a finales de 1980 en el área del Prospecto de Pórfido Cuprífero de Mocoa y sus alrededores, que explora INGEOMINAS-UNIDAS. Se hacen las interpretaciones de los resultados preliminares y se dan algunas recomendaciones para la continuación del programa propuesto.

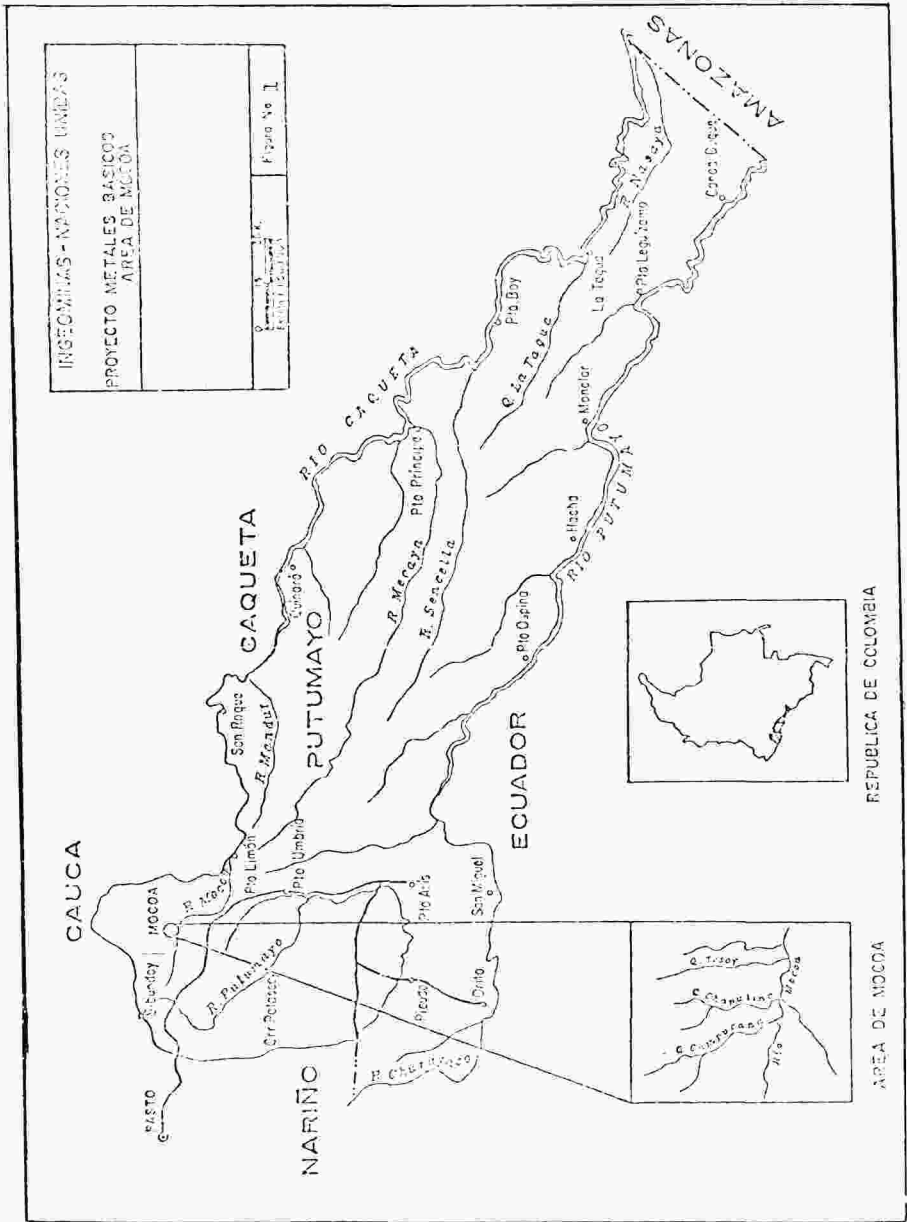
Las primeras muestras indican que efectivamente la presencia de minerales de Cu y Mo (Zn), afectan el contenido de dichos elementos en la vegetación que crece dentro del área de influencia de los depósitos, y será posible determinar las especies indicadoras que servirán de ayuda a la prospección de yacimientos minerales en regiones selváticas.

ABSTRACT

This report, a first approach of a biogeochemical survey for base metals in the Mocoa Area, Putumayo, summarizes analytical results on foliaceous material from some vegetal species collected in the Mocoa Porphyry Copper Prospect and adjacent areas.

Preliminary results indicate that presence of Cu, Mo and Zn minerals, effectively affect the content of such elements in vegetation growing within the area of influence of the mineral deposit. Based on obtained data, recommendations are given in order to determine vegetal species that should be used as indicators in mineral prospecting of selvatic areas with similar characteristics.

* Químico. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras) —INGEOMINAS—



INTRODUCCION

Con el fin de obtener unos primeros indicios sobre la respuesta de la vegetación a concentraciones anómalas de metales en el área del Prospecto de Pórfido Cuprífero de Mocoa (Figura No. 1), se tomaron muestras de plantas en dos áreas vecinas; la primera corresponde al filo que separa las quebradas Chapulina y Tosoy, entre las cotas 1500 y 1800 metros, donde se han efectuado la mayor parte de las perforaciones del Proyecto Mocoa y que en el presente estudio será el área patrón (Ver zona A, Figura No. 2). La segunda localizada entre las mismas cotas, sobre el filo situado al este del anterior, entre las quebradas Tosoy y Piedralisa, es un área aparentemente desprovista de mineralización y se considerara como Area Blanco (Ver zona B. Figura No. 2).

Este primer muestreo fue realizado sin el apoyo botánico en el campo, pero se hicieron las colecciones correspondientes para la clasificación taxonómica de las muestras en el Herbario Nacional Colombiano que reposa en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional. Como no existía hasta el momento ningún antecedente de este tipo de estudio ya que no se han efectuado análisis geoquímicos de vegetación natural en áreas selváticas de Colombia, la primera aproximación se realizó tomando muestras al azar. La variedad y exuberancia de la cobertura vegetal del piedemonte amazónico y la carencia de apoyo botánico en el campo, sólo permitieron muestrear unas pocas especies correspondientes en las dos áreas escogidas. Muchas de las muestras recolectadas desafortunadamente no tienen su correspondiente en las dos zonas, razón por la cual, al final del trabajo quedan abiertos muchos interrogantes. Sin embargo, como se verá por los resultados analizados, existen algunos criterios para confirmar que la presencia de minerales afecta la concentración de microelementos en la vegetación que crece dentro del área de influencia de los depósitos; así mismo, la vegetación podría ser utilizada efectivamente como ayuda en la búsqueda de yacimientos minerales en regiones selváticas.

Los aspectos que se consideran en este trabajo son de tipo geoquímico y no se discuten las implicaciones de tipo geológico o pedológico que son lógicamente las causantes de los fenómenos aquí estudiados. El trabajo, en el futuro, debe ser realizado en coordinación entre las diferentes disciplinas con el fin de obtener criterios suficientes para el entendimiento de los factores que afectan la presencia o ausencia de especies indicadoras en el área de estudio.

Es interesante anotar que de las 24 especies diferentes recolectadas se encontraron por lo menos tres que no están representadas en el Herbario Nacional Colombiano y que son posiblemente nuevas especies; una de ellas aparentemente sería un nuevo género (R. Jaramillo, botánico). Entonces, desde el punto de vista botánico, el área es supremamente interesante y nueva. Este hecho, aunque puede dificultar en

parte los trabajos de clasificación botánica que serían el primer aspecto a considerar en este campo, no debe afectarlo fundamentalmente, ya que las plantas que se estudiarán posteriormente en una prospección detallada de plantas indicadoras, deben corresponder a las especies más abundantes y más ampliamente distribuidas en el área, que son por lo general las más conocidas.

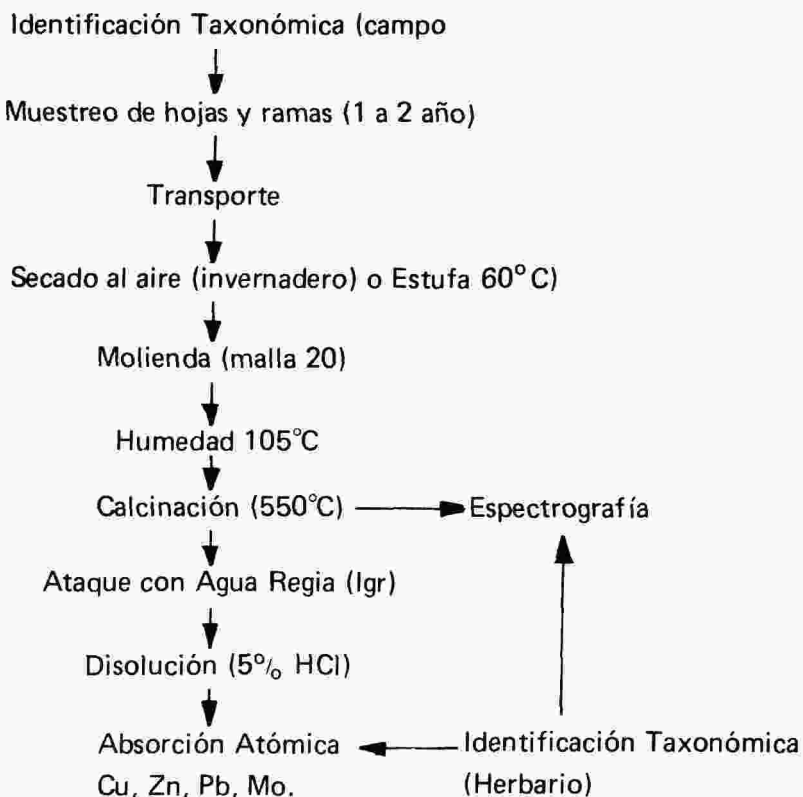
Las especies trabajadas pertenecen a las familias Melastomataceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, con algunos ejemplares aislados de Sapotaceae, Clusiaceae, Simaroubaceae, Mimosaceae, Annonaceae y Lecythydaceae, identificadas por los botánicos Roberto Jaramillo y Henry Bernal del Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia.

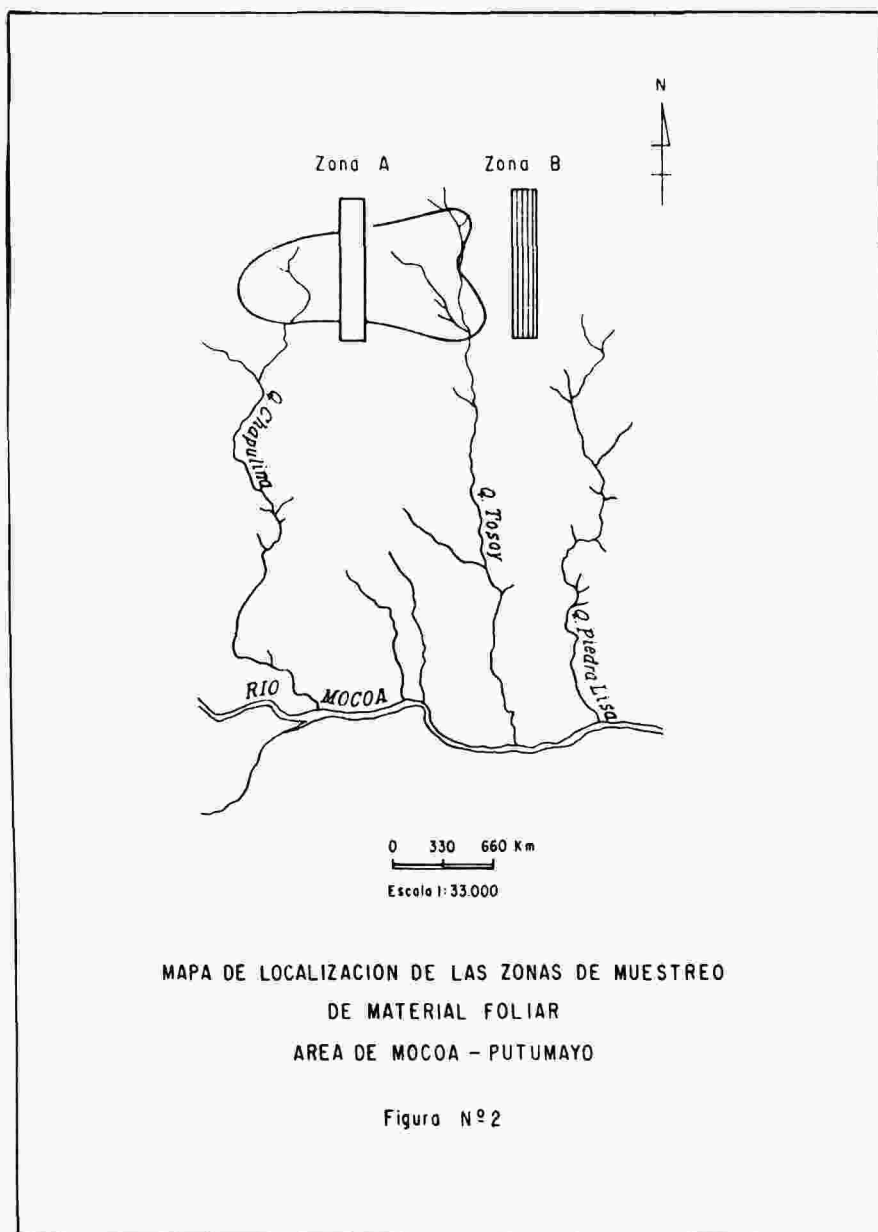
MUESTREO Y ANALISIS

Se tomaron muestras de material foliar, aproximadamente 500 gr de cada planta. Como es difícil determinar la edad exacta de las hojas

METODOLOGIA DE ANALISIS

Plantas





de un gran número de especies que crecen en condiciones naturales, (Jaffré, 1980), se recogieron hojas adultas que no presentaran ningún signo de vejez y situadas sobre ramas de tamaño medio en árboles y arbustos jóvenes. Hasta donde fue posible, se muestrearon plantas de tamaño uniforme (aproximadamente la misma edad), en las dos zonas. Las muestras fueron empacadas y numeradas en bolsas de tela para su transporte al laboratorio y se extendieron para secado al aire en invernadero durante una semana. Las muestras presecadas se pasaron a estufa a 70°C durante 24 horas y se molieron tamizándolas a malla 20. Se determinó la humedad a 105°C para proceder a efectuar la calcinación en base seca. En este proceso se quemaron las muestras al aire, sobre mechero, para eliminar la mayor parte de materia orgánica y se pasaron a mufla a 550°C durante 8 horas para completar la calcinación. Las cenizas obtenidas fueron analizadas espectrográficamente y paralelamente se atacaron con agua regia para determinar elementos traza por absorción atómica. La solución resultante se llevó a volumen con una concentración final del 5% en HCl y se efectuó el análisis geoquímico para los elementos Cu, Mo, Zn y Pb.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas No. 1 y 2. Inicialmente se habían calculado las concentraciones de elementos traza en base a cenizas totales para cada muestra. Sin embargo, las variaciones de este parámetro no permiten hacer comparaciones apropiadas. Se procedió a calcular el contenido de elementos en base seca, pero los valores resultantes, siendo muy pequeños, tampoco son adecuados para realizar comparaciones. Finalmente, se resolvió efectuar un cálculo tomando una base fija de cenizas para todas las muestras (1%), dividiendo la concentración de elementos en las cenizas totales por el porcentaje de cenizas en base seca, tal como recomiendan Chukhorv et al (1979). Los resultados se expresan en ppm del elemento por 1% de cenizas.

Las concentraciones de Cu, Mo, Zn y Pb expresadas en ppm en 1% de cenizas se clasificaron en dos grupos correspondientes a las muestras de las zonas A y B y se elaboraron los histogramas de distribución de concentración para cada elemento (Figura No. 3).

Se hicieron gráficos comparativos de los cuatro microelementos para las parejas de muestras tomadas en las dos zonas (Figura No. 4). El mismo tratamiento se aplicó a las demás muestras individuales (Figura No. 5).

Por otra parte, se hicieron correlaciones entre los microelementos, sólo a título indicativo si se considera el escaso número de muestras (Figura No. 6).

Tabla No. 1

COMPARACION DE CONTENIDOS DE Cu, Mo, Zn y Pb EXPRESADOS EN PPM EN 1% DE CENIZAS PARA OCHO (8) ESPECIES VEGETALES DE MOCOA, ZONA A Y ZONA B

No.	Especie	Familia	Cu		Mo		Zn		Pb		Relación A/B			Cenizas (en base seca)		
			zon. A	zon. B	zon. A	zon. B	zon. A	zon. B	zon. A	zon. B	Cu	Mo	Zn	Pb	zon. A	zon. B
1	Miconia Lepidota	Melastomatacea	74	30	8.6	0.5	190	63	20	9	2.5	17.2	3.0	2.2	3.26	16.10
2	Miconia Longifolia	Melastomatacea	97	23	0.7	0.5	273	52	18	6	4.2	1.4	5.3	3.0	2.99	7.95
3	----- Sp 1	Rubiacea	56	21	0.9	0.6	59	43	12	15	2.7	1.5	1.4	0.8	5.62	6.30
4	----- Sp 2	Rubiacea	10	8	0.9	0.4	18	15	5	4	1.2	2.3	1.2	1.3	10.54	12.84
5	Elaeagia Pastoensis	Rubiaceae	71	89	10.8	1.5	210	131	25	27	0.8	7.2	1.6	0.9	2.59	3.89
6	Cecropia Sp.	Moraceae	51	21	1.6	0.3	53	19	13	5	2.4	5.3	2.8	2.6	4.89	8.75
7	Craton Sp.	Euphorbiaceae	37	25	0.8	0.8	75	46	12	6	1.5	1.0	1.6	2.0	5.09	7.87
8	Simarouba amara	Simaroubaceae	21	20	0.7	0.2	35	25	9	10	1.1	3.5	1.4	0.9	4.39	4.69
Promedio			52	29	3.1	0.6	114	49	14	10	1.9	5.1	2.3	1.4		

Tabla No. 2

CONTENIDOS EN Cu, Mo, Pb DE ESPECIES VEGETALES INDIVIDUALES DE MOCOA.
(ppm en 1% de cenizas)

No.	Especie	familia	Cu		Mo		Zn		Pb		% Cenizas (en base seca)		
			Zon. A	Zon. B	Zon. A	Zon. B	Zon. A	Zon. B	Zon. A	Zon. B	Zon. A	Zon. B.	
9	Miconia Sp.	Melastomataceae	-	24	-	0.8	-	49	-	10	17	-	4.96
10	Miconia Sp.	Melastomataceae	13	-	1.3	-	195	-	15	-	-	7.63	-
11	Miconia Tomentoso	Melastomataceae	22	-	1.0	-	51	-	-	-	-	5.96	-
12	-	Rubiaceae	-	17	-	0.9	-	38	-	-	11	-	6.58
13	-	Rubiaceae	-	19	-	0.9	-	43	-	-	7	-	7.70
14	-	Rubiaceae	-	90	-	0.7	-	139	-	7	8	-	6.75
15	-	Rubiaceae	16	-	0.4	-	37	-	8	-	-	7.90	-
16	-	Rubiaceae	37	-	0.5	-	68	-	-	-	-	6.30	-
17	-	Euphorbiaceae	-	25	-	0.4	-	66	-	-	9	-	6.74
18	Cecropia o Pourumo	Moraceae	-	62	-	0.2	-	45	-	-	9	-	5.00
19	Eschweilera Sp.	Lecythidaceae	263	-	2.4	-	273	-	90	-	-	1.88	-
20	Clusia Sessilis	Clusiaceae	-	94	-	3.6	-	156	-	-	23	-	3.62
21	Tovomita Guianensis	Clusiaceae	43	-	1.1	-	272	-	32	-	-	3.75	-
22	Pouteria Cairmito	Sapotaceae	-	64	-	1.3	-	104	-	-	21	-	2.99
23	Zygia Sp.	Mimosaceae	-	132	-	1.1	-	108	-	-	43	-	4.62
24	Guatteria Sp.	Annonaceae	-	22	-	0.8	-	33	-	-	7	-	6.53

HISTOGRAMAS PARA Cu, Zn, Pb y Mo en Muestras Vegetales
de Mocoa - Putumayo (ppm en 1 % de Cenizas)

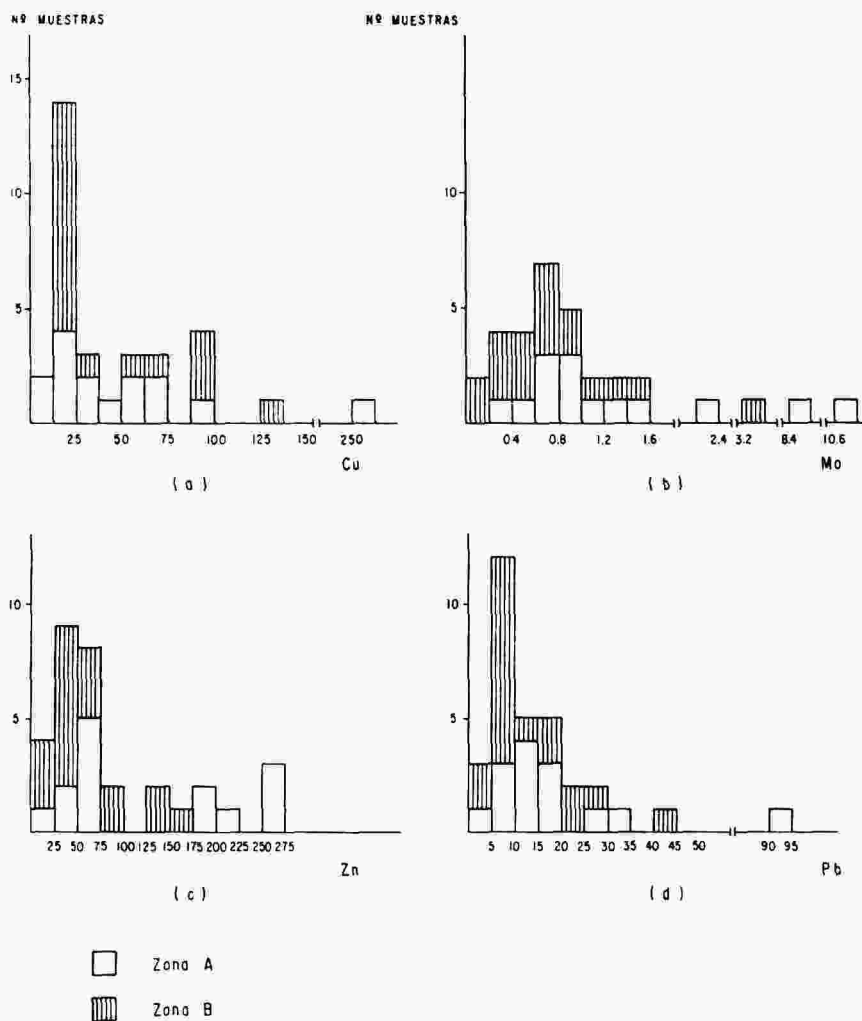


Figura Nº 3

Todos estos resultados permiten visualizar la respuesta de la vegetación a concentraciones altas de metales en el suelo; aparecen algunos interrogantes sobre respuesta selectiva de diferentes especies, presencia de especies indicadoras para algunos elementos, posibilidad de utilizar la vegetación para detectar zonas anómalas no estudiadas y dar algunas recomendaciones sobre los caminos a seguir en lo que se refiere al muestreo, análisis e interpretación de resultados en muestras vegetales y suelos.

Los resultados de los diferentes elementos analizados para un total de 32 muestras vegetales, sin diferenciar especies, indican en primer lugar, que no ocurre una distribución normal debido a la escasa población de datos obtenidos. Sin embargo, con base en estos diagramas se pueden definir (para esta población analizada), los valores más abundantes de cada elemento y los posibles valores anómalos presentes.

HISTOGRAMAS

En los histogramas se diferenciaron las dos zonas estudiadas colocando barras blancas para la zona A y barras rayadas para la zona B (Figura No. 3).

Cobre. (Figura No. 3 a), el cobre presentó una gran abundancia de muestras (44%) en el rango comprendido entre 12.5 y 25 ppm en 1% de cenizas. Estas muestras, como se verá más adelante, pertenecen principalmente a especies de las familias Melastomatacea, Rubiaceae y Euphorbiaceae y algunos ejemplares de Simaroubaceae, Annonaceae y Moraceae. Sin embargo, es necesario realizar un muestreo abundante en especies de las diferentes familias para definir los valores normales para cada una de ellas. De esta manera, algunas muestras aisladas de Clusiaceae, Sapotaceae y Mimosaceae en la zona B (blanco), dieron valores para Cu bastante altos. Se puede pensar que especies de estas familias presentan valores normales para este elemento, mayores que las anteriormente consideradas, o que en la zona B ocurren estaciones con altos contenidos de Cu en el suelo.

Es conveniente, por lo tanto, realizar nuevos muestreos de plantas y hacer un estudio detallado de suelos para aclarar este punto. Por otra parte, algunas especies recolectadas en la zona A (mineralizada), dan resultados "normales" para Cu. Lo más probable es que estas especies absorben el elemento selectivamente tomándolo hasta la concentración adecuada a su desarrollo y rechazando el posible exceso presente en el suelo; sin embargo, la mayor parte de las muestras de la zona A dieron valores de Cu mayores de 25 ppm.

Molibdeno. (Figura 3b), el molibdeno presenta una distribución casi normal en el conjunto de muestras, así como en cada zona diferenciada; los valores para este elemento generalmente no pasan de 1

CONCENTRACIONES COMPARADAS DE Cu, Mo, Zn y Pb
 en Especies Correspondientes de la Zona A y la Zona B

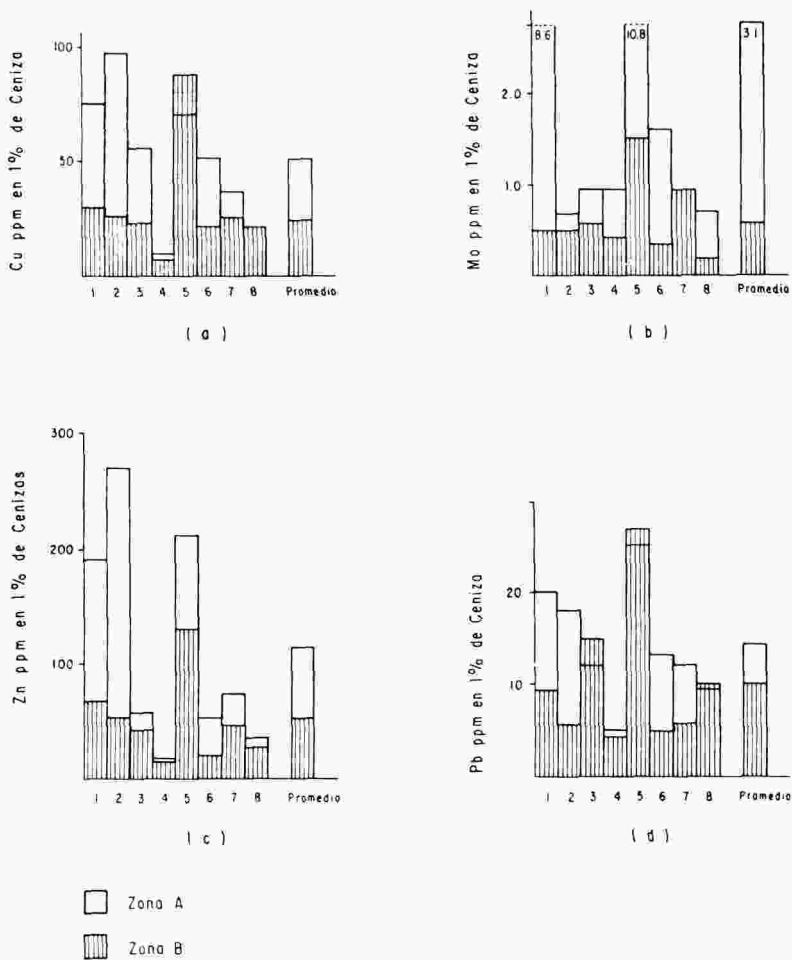


Figura N° 4

ppm en 1% de cenizas, y los valores más abundantes están en un rango amplio que va de 0.2 a 1.0 ppm en muestras pertenecientes a todas las familias estudiadas en ambas zonas. En el histograma se observan tres muestras de la zona A cuyos contenidos en Mo parecen ser claramente anómalos y una muestra de la zona B que se discutirá en detalle más adelante.

Zinc (Figura 3c), el zinc presentó un gran número de muestras (más del 50%) con concentraciones comprendidas entre 25 y 75 ppm en 1% de cenizas, para especies de la mayor parte de las familias, repartidas en las dos zonas, 6 especies de la zona A dieron valores mayores de 175 ppm que bien pueden considerarse anómalos.

Plomo. (Figura 3d), el plomo en la gran mayoría de muestras presentó valores comprendidos entre 5 y 20 ppm en 1% de cenizas, siendo muy abundantes las muestras entre 5 y 10 ppm. Sólo una muestra de la zona A mostró un contenido en Pb que parece anómalo (90 ppm).

En conclusión, para el conjunto de muestras estudiado, se pueden fijar como valores normales, para Cu, 12.5 a 25 ppm, para zinc, 25 a 75 ppm; para Pb, menor de 20 ppm y para Mo, menor de 1 ppm, expresando los resultados en 1% de cenizas.

COMPARACION ENTRE ESPECIES CORRESPONDIENTES DE LAS ZONAS A Y B

En la Tabla 1 y Figura 3 se pueden observar los resultados comparados para 8 especies vegetales recolectadas en la zona A como en la zona B, con el fin de determinar las variaciones en los contenidos de los cuatro microelementos por la presencia de depósitos metálicos en la zona A. Se trabajó con dos especies de Melastomatácea *Miconia*, 3 Rubiaceas y especies de Moracea, Euphorbiacea y Simaroubacea (1 de cada una).

Cobre. (Figura 4a), el cobre en la zona B presenta valores dentro del rango considerado normal para 6 muestras. De estas, 5 dan concentraciones altas en la zona A, comprendidas entre 40 y 100 ppm y una dio valor similar en las dos zonas, indicando que posiblemente esta especie que pertenece a la familia Simaroubacea (No. 8) absorbe el Cu hasta su valor tolerable que parece ser el valor normal. El hecho de que las otras muestras presenten concentraciones altas en la zona A da indicios de que la vegetación en esta área responde positivamente a la presencia de depósitos de cobre en el subsuelo, así los contenidos hasta el momento encontrados no sean extraordinariamente elevados; en este caso, las presentes especies no son acumuladoras de este metal, pero sí reflejan una concentración alta del mismo en el suelo.

CONTENIDOS DE Cu, Mo, Zn, y Pb DE ESPECIES VEGETALES DE MOCOA.

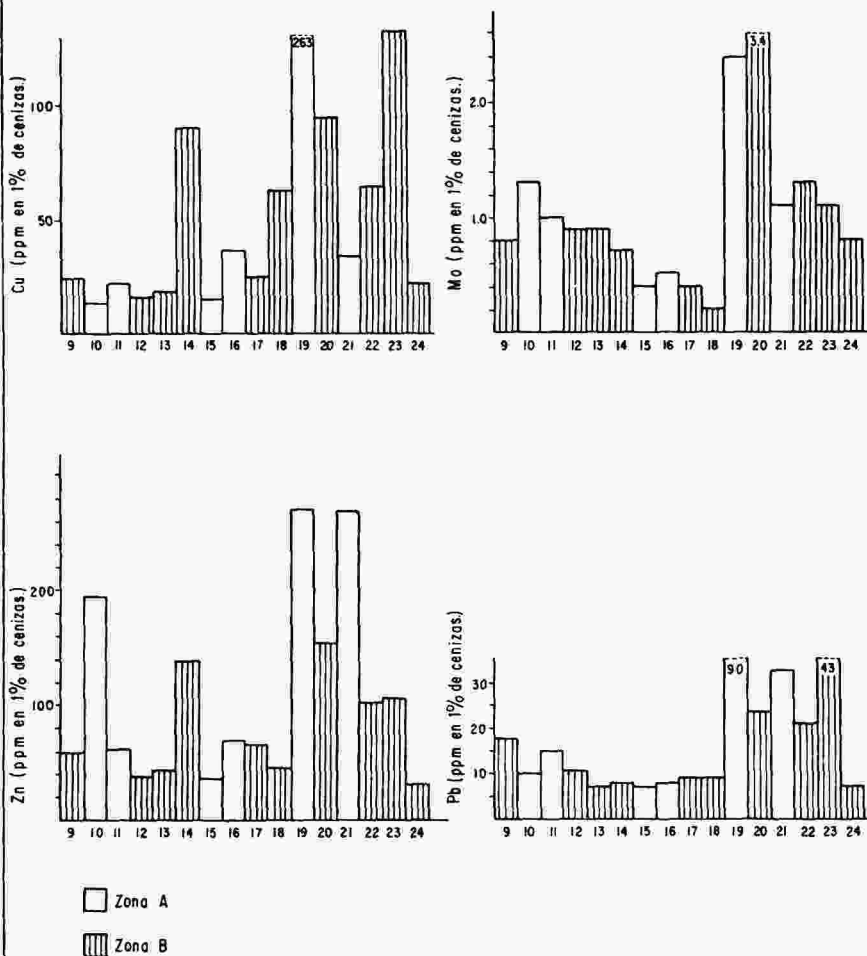


Figura N° 5

Una Rubiaceae (No. 4), presenta un valor de Cu bajo (8 ppm) en la zona B, y en la zona A otro valor bajo (10 ppm). Se puede pensar que esta especie absorbe sólo pequeñas cantidades de Cu, así se encuentre en un terreno rico en este elemento.

La Rubiaceae *Elaegia Pastonensis* (No. 5), conocida vulgarmente con el nombre de "Barniz de Pasto", es un arbusto que podría emplearse de una forma muy efectiva como especie indicadora para multielementos, ya que parece responder de una manera muy efectiva a concentraciones altas presentes en el suelo. En el caso del Cu, aunque la respuesta observada parece contradictoria, ya que se encontró un contenido anormalmente elevado en ambas zonas, indica que la muestra recolectada en la zona B se tomó en una estación con un suelo rico en éste y otros microelementos. (Este punto se discutirá más adelante).

Haciendo el promedio para Cu en las 8 especies consideradas anteriormente, incluyendo la muestra No. 5, se ve que el contenido es casi dos veces mayor en la zona A que en la B, siendo la *Miconia Longifolia* (No. 2) la que da mayor contraste (4 - 1).

Molibdeno (Figura 4b) da valores normales en 7 especies de la zona B y todas, sin excepción presentan concentraciones mayores en la zona A. El Barniz (No. 5), muestra un contenido más alto en la zona B (1.5 ppm), pero en la zona mineralizada se encontró un valor de casi 11 ppm que es definitivamente anómalo; como se consideró anteriormente, es conveniente realizar un estudio más detallado para esta especie con el fin de comprobar su eficiencia como muestreador de Cu como de Mo.

La *Miconia* No. 1 dio un contraste de más de 17 veces para Mo y si se considera que su respuesta para Cu también es interesante, debe considerarse en el estudio detallado de especies indicadoras. Lo mismo puede decirse sobre la *Moracea* No. 6 aunque el contraste para Mo no es tan alto (5-1).

Las otras 5 especies dieron contenidos de Mo que entran dentro del rango considerado normal pero sus valores son mayores en el área mineralizada a excepción de la *Euphorbiacea* que dio valores idénticos en las dos zonas.

El contraste promedio para estas muestras es de 5 a 1 y este hecho indica que las plantas responden de una manera muy efectiva a la presencia de depósitos de Molibdenita en el área de estudio.

Zinc. El zinc presenta como en el caso del Cu, valores normales para 6 muestras de la zona B y todas las especies de la zona A dan valores superiores que su correspondiente de la zona B (Figura 4c). La Rubiaceae No. 4 de nuevo da valores bajos para Zn en las dos zonas y el Barniz valores bastante altos. Sin embargo, para ambas especies,

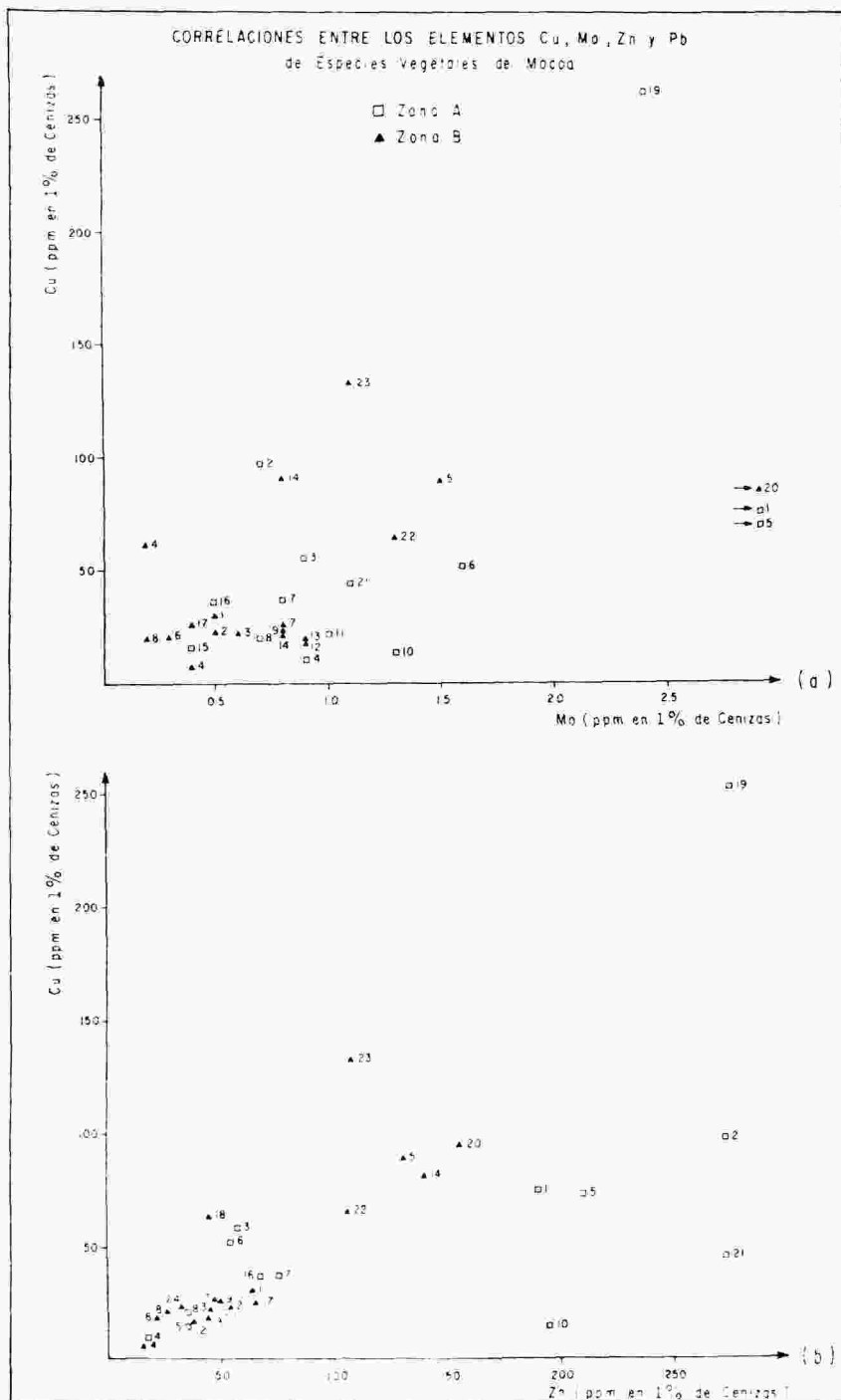


Figura No. 6

el contenido en este elemento es mayor en la zona mineralizada. La *Miconia* No. 2 dio, al igual que para el Cu, el mayor contraste (5 a 1).

El contenido promedio de Zn para las 8 especies consideradas es más del doble en la zona mineralizada, guardando, aproximadamente, la misma relación que el Cu para la mayoría de las muestras.

Plomo El plomo dio valores normales (< 20 ppm) para 7 especies de las dos zonas. Solamente el Barniz (No. 5) mostró valores más altos (Figura 4d). La Rubiaceae No. 4 siguió dando valores bajos. La tendencia general para este elemento es la de presentar valores normales en toda el área, ligeramente superiores en la zona mineralizada (1.4 a 1).

COMPARACION ENTRE ESPECIES AISLADAS DE LAS ZONAS A Y B

Las muestras aisladas recolectadas en el área, pertenecen en su mayor parte a las familias Rubiaceae y Melastomatácea y algunas especies de Clusiaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Lecythydaceae, Sapotaceae, Mimosaceae y Annonaceae (Tabla 2).

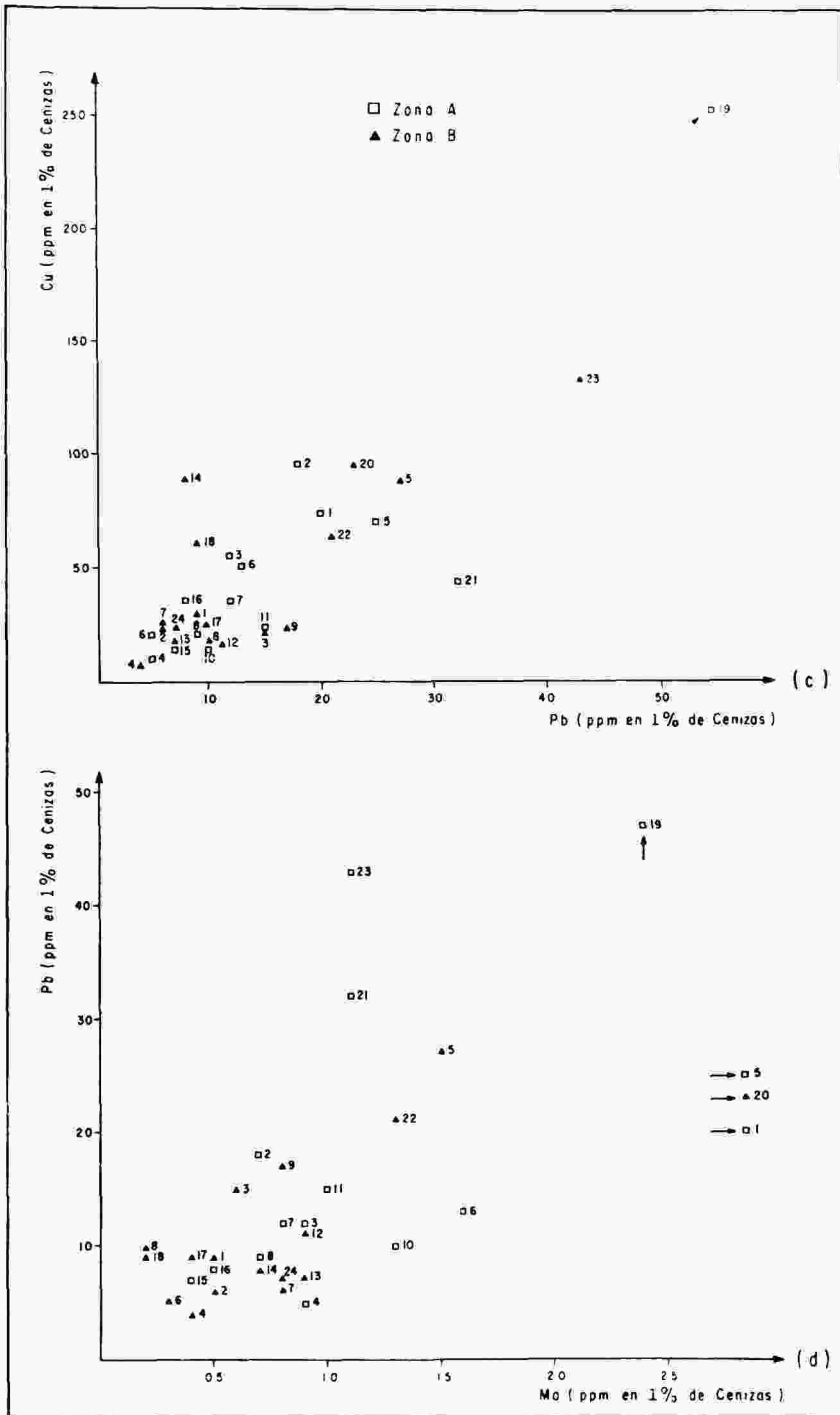
Dos Rubiaceas de la zona B mostraron contenidos normales para los cuatro microelementos (Figura 5). La tercera especie dio contenidos anómalos para Cu y Zn. Esta muestra fue tomada en la misma estación que el Barniz, y comparando las concentraciones de estos elementos para las dos muestras se observa que presentan valores muy similares; esto podría confirmar que en la zona B, considerada hasta ahora como área blanco, aparecen algunos puntos con concentraciones altas de Cu y Zn en el suelo, lo que llevaría a replantear la zona en la cual se seguirán tomando las muestras blanco.

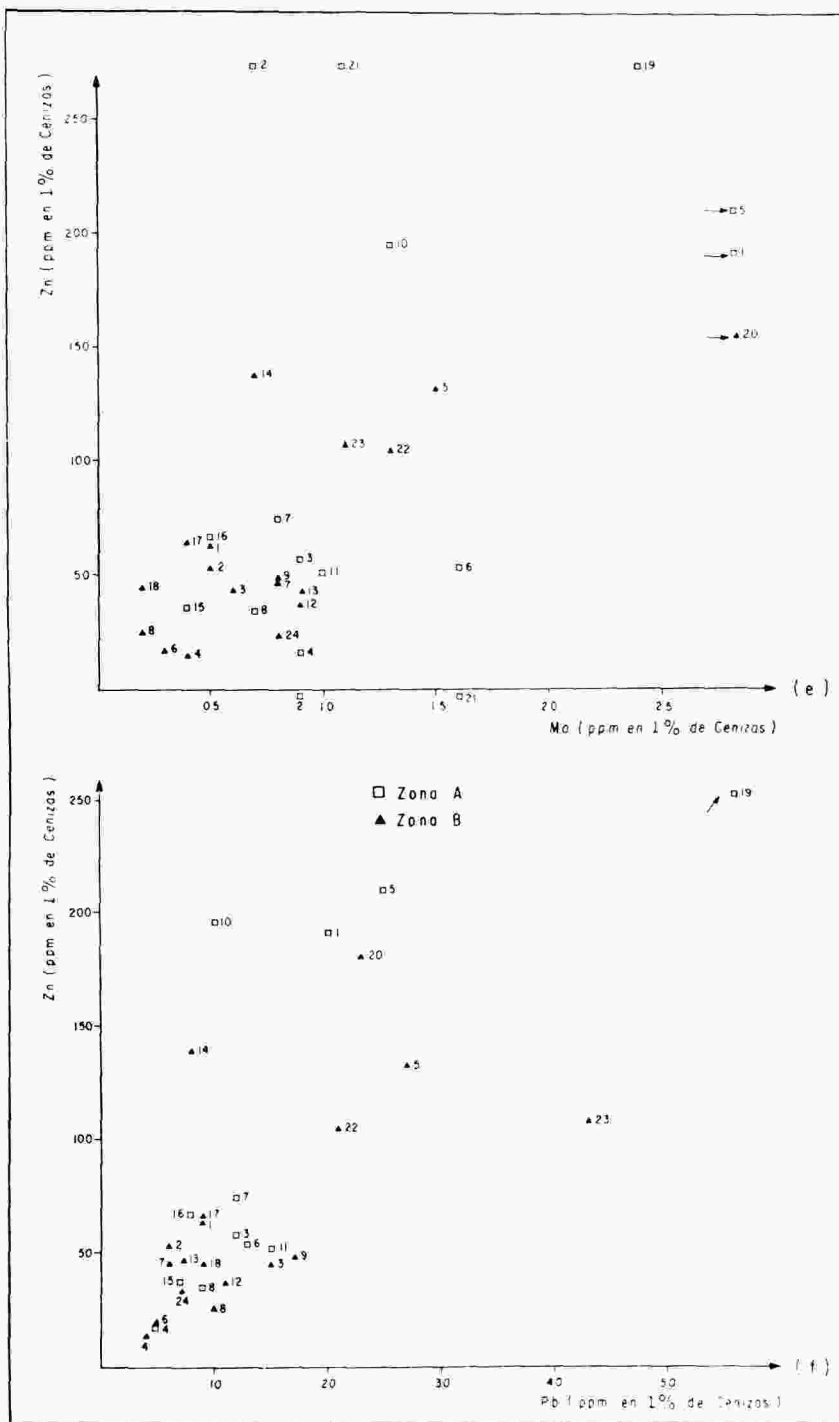
Las dos Rubiaceas recolectadas en la zona A presentaron contenidos normales de todos los elementos; sólo la muestra No. 16 parece reflejar débilmente concentraciones de Cu.

Las muestras de Rubiaceae sólo se pudieron identificar hasta familia, por las características particulares del material recolectado; algunas podrían eventualmente clasificarse hasta género, y muy pocas hasta especie con un estudio más detallado en el Herbario y la visita del botánico al campo (R. Jaramillo, comunicación escrita).

La *Miconia* (No. 9) de la zona B, mostró contenidos normales de los 4 microelementos. Una *Miconia* de la zona A (No. 11) no dio respuesta positiva para ningún elemento y la otra (No. 10) dio un valor anómalo para Zn y ligeramente alto para Mo, pero su valor de Cu es normal.

Una Euphorbiaceae (No. 17) y una Annonaceae (No. 24) recolectadas en la zona B mostraron valores normales para los 4 microelementos.





Las muestras No. 20, 22 y 23 corresponden a especies aisladas pertenecientes a las familias Clusiaceae, Sapotaceae y Mimosaceae respectivamente, recolectadas en la zona B; las tres mostraron contenidos altos de Cu y Zn que eventualmente podrían considerarse anómalos. Sin embargo, sería necesario realizar un muestreo abundante de especies de estas familias en varias estaciones, con el fin de confirmar que se trata de muestras anómalas y por lo tanto susceptibles de ser utilizadas como especies indicadoras, o que por el contrario, sus valores normales para los elementos considerados son diferentes a los encontrados para las demás familias ya analizadas. La especie No. 20, sin embargo, si parece ser una muestra anómala, ya que su contenido en Mo es también muy elevado; se puede comparar con otra Clusiaceae recolectada en la zona A que presentó valores menores tanto de Cu como de Mo.

Por último, una especie aislada de Lecythydaceae, muestreada en la zona A, presentó contenidos anormalmente elevados de los cuatro microelementos. A su vez, esta muestra contiene el menor porcentaje de cenizas en base seca. Con estos indicios, es conveniente efectuar un estudio detallado para esta especie, ya que podría ser una excelente indicadora de multielementos dentro del área en estudio.

CORRELACIONES ENTRE MICROELEMENTOS

En la Figura No. 6 (a - f) se hacen las correlaciones entre los cuatro microelementos analizados en las muestras vegetales, expresados en ppm en 1% de cenizas. Se definen grupos de muestras de acuerdo a las concentraciones relativas de los metales comparados. Como se ve, la mayor parte de las plantas analizadas presentan contenidos normales de todos los microelementos, dando una población abundante de muestras en la parte inferior izquierda de los gráficos; las muestras que se localizan en la parte inferior derecha y la parte superior izquierda corresponden a valores altos de uno de los dos elementos comparados, mientras las que se sitúan en la parte superior derecha son especies con contenidos altos de los dos microelementos. Con base en estas gráficas y en las consideraciones hechas anteriormente, se propondrán en las conclusiones las especies que deben ser trabajadas posteriormente en un estudio detallado de plantas indicadoras.

Por último, en las plantas analizadas se observó que la absorción de Zn es casi siempre mayor que la del Cu, y el contenido de Zn en las cenizas parece ser en general, el doble del contenido de Cu, tal como se ha observado en plantas de otras regiones del mundo (Chukhrov et al. 1979) y (Warren and Howatson, 1947).

CONCLUSIONES

Para los cuatro elementos analizados, se pueden definir en algunas de las familias estudiadas que existen valores comunes que pueden

considerarse normales. Es el caso de las Melastomatáceas, Rubiaceas y Euphorbiaceas, y posiblemente Simaroubaceas, Annonaceas y Moraceas. Para especies pertenecientes a estas y otras familias debe realizarse un muestreo abundante de cada una, con el fin de confirmar estadísticamente los valores normales y los datos anómalos. Se deben repetir los muestreos en diferentes épocas del año con el fin de observar si ocurren variaciones debido al clima; sin embargo, no deben existir cambios muy marcados en los contenidos de microelementos ya que esta región, siendo muy húmeda, no sufre variaciones climáticas fuertes a lo largo del año. Es importante que los muestreos y análisis se realicen siguiendo siempre la misma metodología descrita para obtener resultados concordantes.

Con el fin de continuar el estudio con bases firmes, conviene confirmar si las áreas tomadas como Patrón y como Blanco deben o no reevaluarse; de los análisis efectuados anteriormente, hay indicios para creer que en el área considerada como blanco existen zonas con contenidos altos de metales en el suelo. Así mismo, se podría considerar que en el área patrón aparezcan zonas con contenidos normales de metales, lo que explicaría, de otra manera, la aparición de muestras de plantas con bajos contenidos en microelementos. Para llegar a una conclusión a este respecto, es necesario realizar simultáneamente al muestreo biogeoquímico, un muestreo de suelos por estaciones para análisis geoquímicos. Estos datos comparados, permitirán, por un lado, evaluar la eficiencia de las plantas para absorber metales presentes en el suelo, y por otra parte, replantear las zonas anómalas y las zonas blanco que deben investigarse. De acuerdo con estos puntos, el área de estudio se ampliaría hacia los alrededores, donde se haya detectado tanto presencia como ausencia de anomalías.

Algunas de las especies vegetales analizadas responden positivamente a la presencia de minerales de Cu, Mo y Zn. En conclusión, se pueden proponer algunas plantas indicadoras con el fin de comenzar estudios más detallados, teniendo en cuenta, lógicamente, que en el área existe gran número de especies vegetales que no han sido hasta ahora analizadas y deben seguir investigándose.

Entre las especies propuestas hasta el momento, figuran las siguientes:

Especie	Familia	Elemento indicador			
		Cu	No	Zn	Pb
Miconia Lepidota	Melastomatacea	x	x	x	—
Miconia Longifolia	Melastomatacea	x	—	x	—
Elaegia Pastoensis	Rubiacea	x	x	x	—
Cecropia Sp (No. 6)	Moracea	x	x	—	—
Escheweilera Sp (No. 19)	Lecythydeacea	x	x	x	x
Clusia Sessilis	Clusiacea	x	x	x	—

Una vez se definan las especies que mejor contraste den para los microelementos analizados, deben escogerse las que se encuentren más ampliamente distribuidas en el área para efectuar el estudio de plantas indicadoras por perfiles y redes de muestreo, realizando simultáneamente un estudio geoquímico de suelos. Con este trabajo se comprobará si las especies escogidas cumplen con los requisitos de dar valores reproducibles y si los contenidos de microelementos guardan una relación directa con los suelos donde crecen.

BIBLIOGRAFIA

- CARLISHE, D., CLEVELAND, G. 1958. Plants as a Guide to mineralization, Department of Natural Resources, Division of Mines. Special Report 50, California. 31 p.
- CHUKHROV, F.V., CHURIKOV, V.S., EMILOVA, L.P. and KALENTCHUK, G.E. 1979. Background levels of copper and zinc in common plants from various regions of the Soviet Union, Journal of Geochemical Exploration, V. 12. No. 1.79-86 p.
- ESCORSE, E. 1977. Mineralización de tipo pórfido cuprífero, Area de Mocoa, Putumayo. Informe INGEOMINAS, Bogotá. 16p.
- GAVIRIA, S. 1981. Investigación Biogeoquímica y Geobotánica de Metales Básicos en el Area de Mocoa-Putumayo, Informe No. 1848, INGEOMINAS, Bogotá, 50p.
- JAFFRE, T. 1980. Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiqnes en Nouvelle Calédonie. ORSTOM, París, 273 p.
- WARREN, H.V. and HOWATSON, C.H. 1947, Biogeochemical Prospecting for cooper and zinc, Geol. Soc. America Bull., V. 58, 803-820 p.
- GAVIRIA, S. Geología Norandina. 4 Diciembre, 1981.

COLCIENCIAS

Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas
y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas"

QUE ES

El Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS, es un establecimiento público adscrito al Ministerio de Educación Nacional.

QUE HACE

- Financiar planes, programas y proyectos de desarrollo científico y tecnológico, con énfasis en la investigación.
- Coordinar y concertar las acciones de ciencia y tecnología que realizan los institutos del estado, la comunidad científica y el sector productivo privado.
- Difundir los resultados de la investigación científica.
- Buscar un mayor uso de los resultados de la investigación científica.

QUE ACTIVIDADES FINANCIA

COLCIENCIAS brinda apoyo financiero a planes, programas y proyectos a las siguientes actividades científico - tecnológicas :

INVESTIGACION

- Investigación básica ● Investigación aplicada ● Desarrollo experimental.

FORMACION

- Intercambio de personal científico y tecnológico ● Participación de científicos e ingenieros colombianos en eventos científico-tecnológicos nacionales e internacionales.

DIFUSION

- Información científica y tecnológica ● Consultoría ● Asistencia técnica
- Extensión ● Publicaciones.

ACTIVIDADES DE APOYO

- Control de calidad ● Normalización ● Inventario de recursos naturales y renovables y no renovables del país.

AREAS DEL CONOCIMIENTO

La acción de COLCIENCIAS se circunscribe a las siguientes áreas científico-tecnológicas:

- Ciencias básicas ● Ingenierías ● Ciencias sociales ● Ciencias de la salud
- Ciencias agropecuarias ● Información científica y agropecuaria.

CON QUIEN TRABAJA

La entidad trabaja con: instituciones del Estado (Departamento Nacional de Planeación, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, Institutos descentralizados, empresas industriales y comerciales), universidades, comunidad científica y sector productivo privado.

INFORMACION ADICIONAL

Se puede solicitar a:

Subdirección de Asuntos Científicos y Tecnológicos

Oficina de Relaciones Nacionales e Internacionales COLCIENCIAS

Apartados Aéreos: 29828 y 051580. Télex No. 44305, Bogotá, D. E.

La impresión de esta revista se
terminó el día 13 de febrero de
1984 en los Talleres Gráficos de
EDITORA GUADALUPE LTDA.
Bogotá 1, D. E. - Colombia