

## BIOQUIMICA DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCANICAS VI. DETERMINACION DE HIDRATOS DE CARBOBO<sup>1</sup>

### Biochemistry of soils derived from volcanic ashes. VI. Carbohydrates determination

María Aguilera S.<sup>2</sup>, Gilda Borie B.<sup>2</sup>, Pamela Milla N.<sup>3</sup> y Pedro Peirano V.<sup>2</sup>

#### SUMMARY

A first prospection was made of the content and identity of the carbohydrates in Chilean soils. Seven volcanic and two alluvial soils were selected. Determinations, by the Anthrone method, were done of free carbohydrates and, after acid hydrolysis of the soil, of total carbohydrates.

Total carbohydrates turned out to be greater in volcanic than in alluvial soils; their amount is high in relation to that appearing in the literature, and it correlated closely with the O.M. On the other hand, the content of free carbohydrates is higher in alluvial soils.

The carbohydrates in the Chilean soils under study represent a percentage of the organic carbon that lies in the ranges described for other soils.

Carbohydrates were identified in soil hydrolysates by Gas-liquid chromatography and using trimethylsilylated derivatives.

#### INTRODUCCION

En la materia orgánica (m.o.) del suelo distinguimos una parte biótica, integrada por todos los organismos vivos del suelo, y otra abiótica, constituida por tres subgrupos de moléculas o agregados orgánicos de moléculas: residuos orgánicos naturales, humus e hidratos de carbono. Los residuos orgánicos provienen de organismos en distinto grado de descomposición, en su mayoría vegetales. Estos compuestos mantienen sus características originales.

El humus se presenta en forma de complejos macromoleculares de carácter polimérico, con estructura fundamentalmente fenólica y con gran cantidad de grupos funcionales (Martin, Heider y Wolf, 1972). En él se distinguen tres tipos de sustancias, cuya clasificación se basa en la solubilidad e insolubilidad de ellas en una serie de reactivos, de acuerdo a un esquema de extracción (Stevenson, 1982). Estas fracciones son: las huminas, los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos.

Los hidratos de carbono (HC) corresponden al subgrupo de la materia orgánica constituida por moléculas relativamente pequeñas, las cuales se encuentran libres o asociadas a estructuras moleculares mayores. Se calcula que alrededor de un 5 a 25% de la m.o. de los suelos está constituida por HC (Stevenson, 1982), los que provienen en su mayoría de la descomposición de residuos orgánicos, tanto vegetales como animales.

En los residuos orgánicos vegetales, los HC están presentes en una alta proporción, adoptando distintas formas y características, que les permiten realizar funciones específicas en el organismo al cual pertenecen.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 22 de agosto de 1986.  
Investigación financiada por el Departamento de Investigación y Bibliotecas. Dirección General Académica y Estudiantil. Universidad de Chile.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, U. de Chile, Casilla 233, Santiago, Chile.

<sup>3</sup> Memorista para optar al título de Químico Farmacéutico, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, U. de Chile.

Así, los encontramos como: azúcares simples, que en forma libre participan en el metabolismo celular; sustancias pécticas solubles en agua, en la pared celular; polisacáridos estructuralmente complejos, como celulosa y hemicelulosa; otros polisacáridos con grupos ácidos, como los ácidos urónicos, que se encuentran involucrados en el transporte de nutrientes, y por último almidón, como almacenamiento de energía.

Los residuos orgánicos animales poseen una menor proporción de HC que los vegetales. Se pueden presentar como glicógeno, que es depósito de almacenamiento de energía; y como ácido hialurónico, el cual cumple una función lubricante en el organismo animal. También se encuentran como quitina, en la pared celular de algunos microorganismos, tales como hongos, y en general, algunos mucopéptidos constituidos por aminoazúcares, junto con otros heteropolisacáridos altamente higroscópicos, que son los responsables de mantener la humedad necesaria en la pared bacteriana.

Sobre estos residuos animales y vegetales actúa la flora microbiana, que los utiliza como fuente de energía, descomponiéndolos en distintas formas de HC simples y que, a la vez, usa estos productos para sintetizar otros polisacáridos y HC. Así, los HC de un suelo son el resultado del equilibrio de un proceso activo de síntesis y degradación.

La proporción de azúcares libres presentes en el suelo, como mono, di y oligosacáridos, es muy baja, ya que son fácilmente utilizados como fuente primaria de nutrición, tanto por los microorganismos que habitan en el suelo, como por la flora superior que este suelo sustenta.

Los polisacáridos, en cambio, tienden a unirse a la fracción inorgánica, formando agregados estables, resistentes a las degradaciones enzimáticas. Algunos de estos polisacáridos también son capaces de formar quelatos y sales insolubles al unirse, por ejemplo, a cationes bivalentes, como Cu y Zn, disminuyendo de esta forma su velocidad de degradación por microorganismos (Zunino y Martín, 1977). Además, es posible encontrar HC asociados a la estructura de los ácidos húmicos y fúlvicos, donde se unen fácilmente a los grupos carboxilos, formando ésteres.

Se ha determinado en suelos la presencia de azúcares solubles en agua y etanol, tales como glucosa, galactosa, manosa, arabinosa, xilosa, fructosa y fructosa (Cheshire, 1979). Producto de extracción por hidrólisis, se han encontrado hexosas, tales como glucosa, galactosa y ramnosa; pentosas, como arabinosa y xilosa; metilpentosas y oxihexosas; en menor proporción, ribosa, fructosa y metilazúcares, tales como 2-o-metilramnosa, 4-o-metilgalactosa, 3-o-metilxilosa,

2-o-metilxilosa, 2-o-metilarabinosa. También se han encontrado azúcares ácidos, tales como ácido glucurónico y ácido galacturónico; aminoazúcares, como glucosamina, galactosamina; y alcoholazúcares, tales como manitol (Cheshire, 1979). Todos estos HC, por ser producto de hidrólisis, son parte de polisacáridos más o menos complejos.

Dado el alto grado de complejidad que presenta el suelo, para analizar cualquiera de sus componentes y, en especial, cuando están presentes en baja proporción, como es el caso de los HC, es necesario aislarlos previamente, para su posterior determinación. Así, el análisis de HC en un suelo comprende tres etapas: extracción, purificación y determinación. Para cada una de éstas se describen variadas técnicas, las que resultan ser más o menos aplicables, dependiendo de las características físico-químicas particulares de cada suelo.

Las técnicas para determinar los HC en hidrolizados obtenidos de los suelos, son variadas: existen métodos colorimétricos, para determinar HC totales; técnicas para analizar un grupo de azúcares en particular (ej.: hexosas, aminoazúcares, pentosas, ácidos urónicos, etc.); técnicas más elaboradas, con las cuales es posible separar y determinar una clase de azúcar, mediante distintos tipos de cromatografía (de papel, intercambio iónico, gas líquido); métodos enzimáticos; electroforesis; etc. (Stevenson, 1982; Cheshire, 1979).

Desde el punto de vista de la agricultura, una de las propiedades importantes del suelo, asociada con la presencia de los HC, es la unión de partículas de suelo en agregados estables, que permiten una buena circulación de agua y aire. Además, los HC ayudan a la retención de la humedad, tan necesaria en los suelos, y actúan en procesos, como la movilización de micronutrientes por complejación (Zunino y Martín, 1977), y como fuente energética para la flora microbiana. Resumiendo, los HC contribuyen en forma importante a la fertilidad de un suelo agrícola.

Por esto, resulta de gran interés estudiar los HC en suelos chilenos. En Chile la mayor parte de la superficie arable corresponde a suelos derivados de cenizas volcánicas. Estos suelos presentan excelentes propiedades físicas (Cuadro 1, más adelante) y un alto contenido de m.o., asociado a una alta actividad biológica (Zunino y otros, 1982; Zunino y otros, 1982a; Borie, Quinteros y Aguilera, 1983). Sin embargo, no se ha realizado ninguna prospección sobre HC en suelos volcánicos, excepto al medir la respuesta de la actividad biológica de un suelo a la adición de distintos sustratos carbonados, como glucosa, celulosa y otros (Martín y otros, 1972; Zunino y otros 1982b).

El objetivo de este trabajo, es hacer un primer estudio sobre HC en suelos volcánicos originarios del Sur de Chile; se contempla conocer su contenido de HC, la fracción de la m.o. en que se encuentran y, en lo posible, cual es su composición. Para ello, se tomaron como base las distintas técnicas de análisis descritas y se introdujeron en ellas las variables necesarias, a fin de obtener un esquema de tratamiento sencillo, reproducible y con buen rendimiento.

### MATERIALES Y METODOS

**Determinación de hidratos de carbono, por el método de la antrona (Cheshire y Mundie, 1966)**

- A. Solución reactivo: solución recientemente preparada de antrona (9, 10-dihidro-9-oxoantraceno) al 1% en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.
- B. Curvas de calibración: se preparan soluciones patrones de glucosa, en un rango de concentración de 20 a 100 µg/ml.
- C. Procedimiento: se colocan 10 ml de solución de antrona en tubos de 30 ml de capacidad y sobre ella se agregan 2 ml de la solución que contiene HC. Se homogeniza perfectamente, agitando por 20 seg, en un agitador de tubos, y se procede a calentar por 12 min, en baño de agua a 90° C. Luego se enfría y se lee la absorbancia del compuesto formado, a 625 nm. El color se mantiene estable, a lo menos durante 60 min.

En este método, los HC en su forma monomérica, por acción de ácido sulfúrico concentrado, sufren una deshidratación, dando origen a compuestos derivados del furfural, los cuales reaccionan con el reactivo antrona. Se forma así un compuesto coloreado, cuyo máximo de absorción se registra a una longitud de onda de 625 nm.

Pruebas realizadas con HC patrones (Cheshire, 1979), demuestran un comportamiento diferencial entre los distintos HC. De acuerdo a esto, las absorbancias relativas registradas, señalan valores altos para las hexosas, siendo el más destacado el valor obtenido a partir de la glucosa. En cambio, las pentosas y los ácidos urónicos registran valores de absorbancia relativa muy inferiores, los que incluso no superaron el 10% de los correspondientes a las hexosas.

Lo anterior demuestra que el método escogido determina preferentemente hexosas; este hecho lo hace particularmente útil para nuestro estudio, ya que una parte importante de los polisacáridos presentes en suelos corresponde a celulosa, la que por hidrólisis, genera glucosa. Por lo mismo, los resultados obtenidos fueron expresados como contenido de glucosa.

Como interferencias al método, han sido descritas las acciones de ciertos compuestos inorgánicos, como Fe<sup>+++</sup> y NO<sub>3</sub> (Doutre y otros, 1978) y m.o. distinta a HC (Brink, Dubach y Lynch, 1960).

**Determinación de hidratos de carbono, en suelos chilenos**

Las muestras de suelos fueron recolectadas en el año 1983 y corresponden al horizonte A; se trabajó con siete suelos volcánicos y dos suelos aluviales, secos y tamizados con una malla de 2 mm. Sus características físico-químicas se resumen en el Cuadro 1.

A. Hidratos de carbono libres

1. Extracción: se toman 10 g de suelo, se agrega 20 ml de agua y se agita el sistema por 20 seg; luego se filtra.
2. Determinación: se mide el contenido de HC por el método de la antrona.

**CUADRO 1. Características de los suelos estudiados**

TABLE 1. Characteristics of the soils under study

Suelos	Clasificación local	Carbono orgánico %	pH	Agregación %	Capacidad retención agua %
Frutillar	Ñadi	18,4	5,6	94	180
Corte Alto	Trumao	13,1	5,7	87	139
Osorno	Trumao	9,2	5,6	90	132
Temuco	Trumao	8,6	5,3	nd	nd
Puerto Octay	Trumao	7,2	5,9	92	161
Arrayán	Trumao	6,1	6,5	92	97
Collipulli	Rojo-arcilloso	1,5	5,3	nd	nd
Lo Aguirre	Aluvial	1,3	5,5	nd	42
Olivos	Aluvial	2,8	5,7	nd	48

nd: no determinado

**B. Hidratos de carbono totales**

1. Extracción: se toman 2 g de suelo y se hidrolizan por 2 hr con 2 ml de  $H_2SO_4$  25 N, a temperatura ambiente. Luego se diluye a  $H_2SO_4$  5 N, con 8 ml de agua destilada y se mantiene la hidrólisis por 14 hr a  $50^\circ C$ .
2. Purificación: se neutraliza el hidrolizado ácido, obtenido de la extracción, con solución de NaOH 10 N y el precipitado coloidal que se forma, se separa de la solución por centrifugación.
3. Determinación: el contenido de HC en la solución neutra se valora por el método de la antrona.

**Identificación de HC de suelos chilenos, mediante cromatografía gas líquida****A. Montaje de la técnica**

1. Patrones: se seleccionaron azúcares patrones, de acuerdo a las características de la muestra a analizar. En este caso se eligieron glucosa, galactosa, fructosa, arabinosa, xilosa, sorbitol y manitol; además, se utilizó como estándar interno el inositol.

Se prepararon muestras de 5 mg de cada patrón y 5 mg de estándar interno, más una muestra que los contenga a todos; luego se procede a sililar.

2. Preparación de los derivados trimetilsililados: se agrega a la muestra de HC 1 ml de piridina anhidra, secada sobre lentejas de KOH. Se tapa herméticamente el frasco y se procede a sililar, agregando 2 ml de HMDS (hexametildisilazano) y 0,1 ml de TMCS (trimetilclorosilano). Se agita por 20 seg y se deja reposar, calentando el sistema a no más de  $60^\circ C$  por 30 seg. Al cabo de 2 hr, se procede a inyectar la muestra en el cromatógrafo de gases.

3. Condiciones instrumentales: se utilizó una columna de acero (150 cm x 2 mm), rellena con una fase líquida no polar SE-30, al 15% en Cromosorb G de 100 – 120 mesh.

Las condiciones usadas fueron:

- Temperatura programada entre 130 a  $220^\circ C$ , a la velocidad de  $4^\circ C/min$ .
- Flujo de nitrógeno de 30 ml/min.
- Volumen de inyección: muestra de alrededor de 3  $\mu l$ .
- El inscriptor posee una sensibilidad de 0,01 mv y una velocidad de 0,25 pulg/min.

B. Identificación de HC en hidrolizados de suelo: Los hidrolizados purificados obtenidos, se secan por calentamiento a  $50^\circ C$  en estufa. Una vez obtenido el extracto, se le agrega 5 mg de estándar interno y se procede a sililar.

La preparación de los derivados trimetilsililados, en muestras de suelo, comprende dos variantes, respecto a la técnica utilizada en patrones, a fin de obtener una respuesta adecuada.

1. Se agrega la piridina a la muestra y se calienta el sistema por 20 min a  $70^\circ C$ ; una vez frío, se procede a sililar.

2. El tiempo de sililación requerido es de 24 hr.

**Determinación del carbono**

El carbono se determinó por el método de combustión seca.

**RESULTADOS Y DISCUSION****Determinación de hidratos de carbono por el método de la antrona**

En este estudio, se aplicó la técnica descrita por Cheshire y Mundie (1966), comprobando que el compuesto coloreado que se forma, se mantiene estable a lo menos durante 60 min.

**Extracción**

Se han descrito varios métodos de extracción de HC de suelos. Es posible extraer con agua, en forma directa, monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. Quedarían sin extraer la mayor parte de los HC del suelo, los que se encuentran formando polisacáridos, de distintos tamaños y grados de complejidad. Estos se deben extraer por métodos de hidrólisis. Se utilizan dos tipos de hidrólisis: las alcalinas y las ácidas, siendo estas últimas las más empleadas debido a su mayor rendimiento (Cheshire, 1979).

Con el objeto de escoger el método de hidrólisis adecuado para los suelos en estudio, se sometió un suelo volcánico a una hidrólisis alcalina (NaOH 1N), a una con ácido diluido ( $H_2SO_4$  5N) y a una con gradiente de acidez en dos etapas: la primera con  $H_2SO_4$  25N y luego, con  $H_2SO_4$  5N. Los resultados mostraron una mayor efectividad de las hidrólisis ácidas, comparadas con la alcalina. Descartada la hidrólisis alcalina, se procedió a determinar las condiciones óptimas para la hidrólisis ácida, mediante la utilización de azúcares patrones: glucosa y celulosa. Para ello, se realizó hidrólisis ácidas, en una o dos etapas, modificando la concentración del ácido, el tiempo y la temperatura.

La experiencia y los resultados se encuentran resumidos en el Cuadro 2. Se puede observar (columna VI) que los porcentajes de rendimiento son mejores en el caso de las hidrólisis en que se usa  $H_2SO_4$  25N, por 2 hr y a 25° C, y luego se baja la acidez a 5N y se deja por 15 hr a 50° C, sin que se observe pardeamiento.

En el caso en que se aplicó el método VI a muestras de glucosa patrón, se obtuvo un 100% de recuperación; en el caso de la celulosa, la hidrólisis sólo es completa para muestras cuyas concentraciones sean de 30 a 70 mg/g. En consecuencia, se decidió utilizar el método VI, aplicándolo a muestras cuyo contenido total de HC, expresado en glucosa, no excediera de 70 mg/g.

#### Purificación del hidrolizado

Al someter muestras de suelo a hidrólisis, se obtienen soluciones intensamente coloreadas, que contienen productos extraídos desde el suelo, como iones, alofanos, ácidos húmicos, etc., lo que obliga a purificar estas soluciones, antes de proceder a la determinación de los HC.

Los métodos más usuales descritos en la literatura, son los de purificación por neutralización, utilizando NaOH o  $BaCO_3$  (Cheshire, 1979). Al ser aplicados estos métodos a hidrolizados obtenidos de un suelo volcánico, en ambos casos se obtienen precipitados. Este es de tipo coloidal, cuando se purifica con NaOH, y es de tipo fino, al purificar con  $BaCO_3$ . Ambos precipitados se pueden separar por centrifugación, dando origen a una solución clara y limpia.

Posteriormente se determinó el contenido de HC por el método de la antrona, en los hidrolizados neutros y purificados.

De los resultados obtenidos se desprende la conveniencia de utilizar NaOH como agente purificador de hidrolizados ácidos, ya que, aparte de ser más fácil la técnica de neutralización con este reactivo, los valores de HC totales son ligeramente superiores a los encontrados cuando se utiliza  $BaCO_3$ . Por ejemplo, para el suelo Osorno, si se purifica con NaOH, se obtienen 24 mg/g de HC de suelo seco y si se purifica con  $BaCO_3$ , se obtienen 21,5 mg/g.

#### Determinación de HC en suelos

Hidratos de carbono libres: los valores (Cuadro 3) son bajos, en relación al contenido de HC total y de carbono orgánico de estos suelos. Esto era esperado, especialmente en los suelos volcánicos, ya que en investigaciones previas efectuadas en ellos, se encontró una elevada actividad microbiana, sustentada en una flora, para la cual estos sustratos carbonados son una fuente energética de fácil y rápida utilización (Zunino y otros, 1982).

Contenido de HC totales en suelos chilenos: en el Cuadro 3, se muestran los valores correspondientes a los mg de HC/g de suelo seco, y éstos se expresan como porcentaje de C, ambas cifras calculadas en base a glucosa. Además, se incluye el contenido de m.o. de estos suelos, expresado como porcentaje de carbono y, también, el porcentaje que de este carbono total corresponde a los HC.

CUADRO 2. Porcentaje de recuperación de los HC del suelo por distintos métodos de hidrólisis

TABLE 2. Percentage of recovery of the soil carbohydrates by different hydrolisis methods

Método	I	II	III	IV	V	VI
Conc. $H_2SO_4$	2,5 N	5 N	9 N	25 N	25 N	25 N
Temperatura	25° C	70° C	70° C	25° C	25° C	25° C
Tiempo	2 hr	17 hr	17 hr	2 hr	2 hr	2 hr
Conc. $H_2SO_4$				5 N		5 N
Temperatura				70° C		50° C
Tiempo				15 hr		15 hr
Celulosa 30 mg	nd	nd	nd	nd	nd	100%/o
Celulosa 50 mg	12%/o	90%/o	45%/o*	100%/o	37%/o	100%/o
Celulosa 70 mg	nd	nd	nd	nd	nd	100%/o
Celulosa 100 mg	5%/o	75%/o	28%/o*	92%/o*	32%/o	83%/o
Celulosa 200 mg	1%/o	60%/o*	nd	47%/o*	12%/o	nd
Glucosa 50 mg	nd	nd	nd	nd	nd	100%/o
Glucosa 100 mg	nd	nd	nd	nd	nd	100%/o
Glucosa 200 mg	nd	nd	nd	nd	nd	100%/o

nd: no determinado

\* : se produjo carbonización parcial

CUADRO 3. Contenido de HC en suelos chilenos y su relación con la materia orgánica  
TABLE 3. Carbohydrates content in chilean soils and their relation with total organic matter

Suelos	Clasificación local	HC <sub>s</sub> mg/g	HC <sub>t</sub> mg/g	CHC %/o	C org. %/o	CHC <sub>s</sub> %/o	CHC <sub>t</sub> %/o
Frutillar	Ñadi	0,026	33,4	1,3	18,4	0,006	7,1
Corte Alto	Trumao	0,034	27,1	1,1	13,1	0,010	8,4
Osorno	Trumao	0,295	24,3	1,0	9,2	0,128	10,5
Temuco	Trumao	0,217	16,6	0,7	8,6	0,101	8,1
Puerto Octay	Trumao	0,013	12,0	0,5	7,2	0,007	6,9
Arrayán	Trumao	0,033	9,1	0,4	6,1	0,022	6,6
Collipulli	Rojo—arcilloso	0,016	2,8	0,1	1,5	0,043	6,7
Lo Aguirre	Aluvial	0,058	2,6	0,1	1,3	0,178	7,7
Olivos	Aluvial	0,042	2,5	0,1	2,8	0,060	3,6

HC<sub>s</sub> : HC solubles, expresados como mg de glucosa por gramo de suelo seco.

HC<sub>t</sub> : HC totales, expresados como mg de glucosa por gramo de suelo seco.

%o CHC : Porcentaje de C de HC totales en el suelo.

%o C org. : Porcentaje de C del suelo.

%o CHC<sub>s</sub> : Porcentaje de C de HC solubles, en el C del suelo.

%o CHC<sub>t</sub> : Porcentaje de C de HC totales, en el C del suelo.

Al examinar los resultados, se desprende que los suelos volcánicos poseen, con la excepción del suelo Collipulli, un contenido de HC alto, al compararlos con los suelos aluviales y, también, con suelos similares citados por la literatura (Cheshire, 1979). Si comparamos el aporte con que estos HC contribuyen al contenido total de m.o., en estos suelos volcánicos, vemos que su incidencia es baja y dentro de los rangos descritos en la literatura.

En las muestras estudiadas, es importante distinguir las tres clases existentes entre los suelos volcánicos: trumaos, ñadis y rojo—arcillosos.

Tanto los suelos trumaos como los suelos ñadis, presentan un alto contenido de m.o. Se diferencian en que los ñadis se caracterizan por poseer una mala aireación, ya que debido a su estructura, permanecen buena parte del año inundados, esto incidiría en su microflora y, por ende, en el tipo de m.o. que se encuentra en ellos. Los rojo—arcillosos son, dentro de los suelos volcánicos, los de formación más antigua; poseen por ello una estructura más cristalina que la comúnmente amorfa de los suelos volcánicos, asemejándose a los aluviales. Además, se distinguen del resto de los suelos volcánicos por su bajo contenido de m.o.

Si analizamos los resultados obtenidos para los suelos volcánicos estudiados, observamos algunas características relevantes, que tienden a diferenciar las tres clasificaciones antes nombradas (Cuadro 3).

Los trumaos y ñadis presentan, en general, altos contenidos de HC; esto se manifiesta especialmente en el suelo Frutillar (ñadi), el cual posee el más alto contenido de HC, así como el mayor porcentaje de HC del C orgánico. Los suelos Osorno, Temuco, Puerto Octay, Corte Alto y Arrayán (trumaos), presentan, con algunas variaciones, características similares entre sí.

Por otra parte, el suelo Collipulli (rojo—arcilloso), presenta bajo contenido de HC, muy similar a los suelos aluviales.

#### Identificación de los hidratos de carbono en los hidrolizados de suelos mediante cromatografía gas líquida

Utilizando la técnica cromatográfica, adaptada a suelos, se obtuvo una buena separación de la mayoría de los azúcares, lo que permitió identificarlos por sus tiempos de retención, establecidos previamente con patrones.

De los resultados obtenidos (Figura 1), se puede destacar que:

- Sólo se observa la presencia de monómeros, lo que indicaría que la hidrólisis realizada en la extracción fue total.
- Se puede ver que la cantidad de hexosas es mayor que la de pentosas, lo cual es muy posible, dado que la mayor parte de los HC podrían ser derivados de la celulosa, presente en los residuos vegetales.

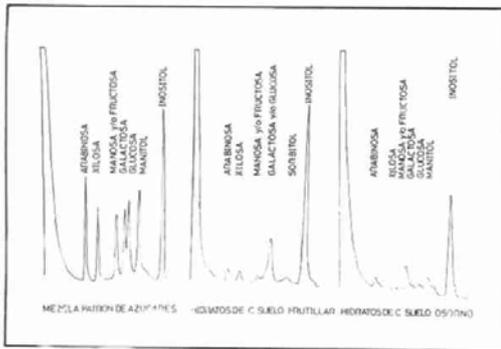


FIGURA 1. Separación por cromatografía gas-líquido de los derivados trimetilsililados de HC patrones y de los suelos.

FIGURE 1. Gas-liquid chromatography separation of trimethylsilylated derivatives of the standards and the soil carbohydrates.

- En las hexosas, la mayor proporción corresponde a glucosa y/o galactosa.
- Dentro de las pentosas, se nota un claro predominio de xilosa y arabinosa.

Con el objeto de obtener una mejor respuesta desde el punto de vista cuantitativo, se recomienda utilizar una mayor cantidad de muestra y, además, trabajar con derivados volátiles, del tipo alditolacetatos, ya que con ellos se han obtenido, en otros estudios, buenos resultados en suelos (Cheshire, 1979; Doutré y otros, 1978; Murayama, 1984).

## RESUMEN

Se hace una primera prospección del contenido e identidad de los hidratos de carbono presentes en suelos chilenos. Por el método de la antrona, se determinaron los HC libres y después de una hidrólisis ácida del suelo, los hidratos de carbono totales, en siete suelos volcánicos y dos aluviales.

El contenido de HC totales resultó mayor en suelos volcánicos que en aluviales y su valor es alto, en relación a cifras señaladas en la literatura. Además, presentan una estrecha relación con el contenido de m.o.

## CONCLUSIONES

- Se estableció una técnica para hacer una primera prospección sobre el contenido de HC en suelos volcánicos originarios del Sur de Chile. Esta presenta buena reproducibilidad y suficiente sensibilidad, para detectar variaciones entre diferentes muestras.
- El método de la antrona resulta adecuado, especialmente para las hexosas. Además, dada la alta concentración de ácido sulfúrico del reactivo utilizado, permite determinaciones, tanto en soluciones neutras como ácidas.
- El contenido de HC libres en suelos aluviales, es proporcionalmente más importante que en suelos volcánicos. Dada la alta actividad microbiana de éstos, era previsible el bajo contenido de HC libres encontrados.
- El contenido de HC totales de los suelos, es importante y guarda relación con sus niveles de m.o.; este contenido resulta ser mayor en suelos volcánicos que en aluviales.
- Los HC representan un porcentaje bajo del C orgánico, el que está dentro de los rangos descritos por la literatura, para otros suelos.
- Los valores de HC totales en los suelos volcánicos, permitirían establecer una relación entre contenido alto, mediano y bajo, con la clasificación de ñadi, trumao y rojo-arcilloso, respectivamente. Habría que explorar esta posibilidad, con un muestreo más representativo, para tener una confirmación estadística de lo aseverado.

El valor de HC libres, por el contrario, es mayor en suelos aluviales.

En estos suelos, los HC representan un porcentaje del C orgánico, que está en los rangos descritos para otros suelos.

A partir de los hidrolizados de los suelos, se identificaron los HC, mediante cromatografía gas-líquida, recurriendo a la formación de derivados trimetilsililados.

## LITERATURA CITADA

- BORIE, F., QUINTEROS, J. y AGUILERA, M. 1983. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas. IV. Solubilización de fosfatos por hongos del suelo. *Agricultura Técnica (Chile)* 43 (4): 371–376.
- BRINCK, R.H.; DUBACH, P.; and LYNCH, D.L. 1960. Measurements of carbohydrates in soil hydrolysates with anthrone. *Soil Science* 89: 156–166.
- CHESHIRE, M.V. and MUNDIE, C.M. 1966. The hydrolytic extraction of carbohydrates from soil by sulphuric acids. *Soil Science* 17: 372–381.
- CHESHIRE, M.V. 1979. Nature and Origin of Carbohydrates in soils. Academic, New York p.: 1–67.
- DOUTRE, D.A.; HAY, G.W.; HOAD, A.; and VAN LOON, G.W. 1978. Spectrophotometric methods to determine carbohydrates in soil. *Soil Biol. and Biochem.* 10: 457–462.
- MARTIN, J.P.; HEIDER, K.; and WOLF, D. 1972. Synthesis of phenols and phenolic polymers by *Hendersonula turoloides* in relation to humic acid formation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26 (2): 311–315.
- MARTIN, J.P.; ZUNINO, H.; PEIRANO, P.; CAIOZZI, M.; and HEIDER, K. 1982. Decomposition of  $^{14}\text{C}$ -labeled lignins model humic acid polymers and fungal melamins in allophanic soils. *Soil Biol. Biochem.* 14: 289–293.
- MURAYAMA, S. 1984. Changes in the monosaccharide composition during the decomposition of straws under field conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30 (3): 367–381.
- STEVENSON, F.J. 1982. Chemistry. John Wiley and Sons, New York.
- ZUNINO, H. and MARTIN, J.P. 1977. Metal binding organic macromolecules in soil. II. Characterization of the maximum binding ability of macromolecules. *Soil Science* 123: 188–202.
- ZUNINO, H.; BORIE, F.; AGUILERA, M.; PEIRANO, P.; CAIOZZI, M.; and MARTIN, J.P. 1982. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas. I. Ecología microbiana y su relación con las propiedades físico química de ellos. *Agricultura Técnica (Chile)* 42 (1): 67–72.
- ZUNINO, H.; AGUILERA, M.; PEIRANO, P.; CAIOZZI, M. y REX, A. 1982a. Bioquímica de suelos derivados de cenizas volcánicas. III. Síntesis microbiana de polímeros húmicos y su capacidad de adsorción de Zn (II) y Mg (II). *Agricultura Técnica (Chile)* 42 (4): 287–292.
- ZUNINO, H.; BORIE, F.; AGUILERA, M.; MARTIN, J.P.; and HEIDER, K. 1982b. Decomposition of  $^{14}\text{C}$ -labeled glucose, plant and microbial products and pehnols in volcanic ash-derived soils of Chile. *Soil Biol. Biochem.* 14: 37–43.