

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LOS DEPOSITOS DE TURBA EN COSTA RICA
(ESTUDIO PRELIMINAR)

Arthur D. Cohen, Robert Raymond*, Sergio Mora C.**, Alfredo Alvarado
, Luis Malavassi*

* Los Alamos National Laboratory, EUA

** Departamento de Geología, ICE; Escuela de Geología, UCR; Centro
de Investigaciones Geofísicas

*** Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica

**** Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE)

ABSTRACT

Wide areas containing peat deposits have been found in Costa Rica. Three of them were selected for a preliminary evaluation.

- In the Talamanca range peat occurs as a thin blanket deposit about 1 m thick in an area of about 150 km². It is very decomposed (about 28% fibers), with high ash content, (21%) and extensively bioturbated. They have the lowest water content (84%), pH, fixed carbon (23%) and sulphur (0.2%) from all sampled sites. However, they have the highest bulk density (0.22 g/cm³) and volatile components (55%). Their caloric value averages 7700 BTU/lb, dry.
- In Medio Queso de Upala, several peat horizons are interbedded with alluvium layers within a 70 km² flood plain. They have the highest caloric values (800 BTU/lb, dry), fixed carbon (30%) and ash content (22%). Their fiber content is low (27%), and the bulk density 0.20 g/cm³.
- In El Silencio, near Siquirres, the thickness of the main layer exceeds 3.5 m, averaging 19% of ash, 53% of fibers, 5.8 pH, 0.6% of sulphur, 0.13 g/cm³ of bulk density, and 7500 BTU/lb, dry.

RESUMEN

Se ha podido corroborar la existencia de extensos depósitos de turba en Costa Rica. De ellos, fueron seleccionados tres para ejecutar una investigación inicial:

En la Cordillera de Talamanca las turbas forman un depósito en forma de cubierta delgada y superficial (1 m de espesor) en un área de aproximadamente 150 km². Se encuentra bastante descompuesta (promedio 28% fibras), con alto contenido de cenizas (21%) y extensamente bioturbadas. En relación a las del resto de los sitios, tienen el contenido de agua más bajo (promedio 84%), pH (4.4), carbono fijo (23%) y azufre (0.2%); sin embargo, tienen los mayores pesos volumétricos (0.22 g/cm³) contenido de volátiles (55%) y nitrógeno. Su va

lor calórico tiene un promedio de 7700 BTU/lb, seca.

En el área de Medio Queso (Upala), se presentan varias capas de turba interdigitadas con sedimentos fluviales en una planicie de inundación de 70 km². Tienen los mayores valores calóricos (promedio 8000 BTU/lb, seca), carbono fijo (30%) y contenido de ceniza (22%). Su proporción de fibras es baja (27%), y su peso volumétrico de 0.20 g/cm³.

En El Silencio (Siquirres) el espesor de la capa es mayor de 3.5 m con un contenido de cenizas de 19% y los más altos contenidos de fibras (promedio 53%), humedad (91%), pH (5.8) y azufre (0.6%). Sin embargo son las de menor peso volumétrico (0.13 g/cm³) y valor calórico (7500 BTU/lb, seca).

INTRODUCCION

Antecedentes:

No obstante que la información sobre las características de las turbas de Costa Rica, era poco conocidas antes del presente estudio, había suficiente información publicada acerca de los tipos de suelos del país como para sugerir que algunos de ellos, especialmente los histosoles, podrían ser considerados como turbas. En particular se pueden mencionar los trabajos de Pérez et al. (1978, 1979), Guzmán et al. (1978) y Otárola (1976).

Cabe destacar que en este trabajo, el término turba se refiere a la acumulación de sustancias orgánicas, derivadas preferentemente de materia vegetal, en áreas húmedas de ambiente reductor como pantanos y ciénagas. Se distingue de las otras variedades de suelos orgánicos por su bajo contenido de materia inorgánica (menos de 25% de su peso) determinado de una combustión a 750°C. Se distingue también de otros materiales fitogénicos (lignito, carbón) por su más bajo valor calorífico en base de su estado de saturación de agua (American Society for Testing materials, 1985).

Objetivos y alcances del estudio:

El objetivo de esta investigación fue el de establecer una verificación y correlación de los mapas de suelos existentes (Pérez et al., 1978, 1979). En cada una de las localidades escogidas se recolectó información de campo y muestras a manera de poder evaluar preliminarmente la calidad y cantidad de las turbas. Por supuesto, este estudio no ha pretendido ser concluyente y más bien ha tendido a demostrar la necesidad de continuar con investigaciones más profundas.

Métodos de trabajo de campo y laboratorio:

El trabajo de campo consistió en la recolección de muestras representativas de algunas áreas previamente seleccionadas a partir de los mapas de suelos y vegetación, susceptibles de contener turbas. La atención se centró en tres regiones:

1. Cubiertas de histosoles de la Cordillera de Talamanca
2. La llanura de inundación de Medio Queso
3. Los histosoles de la llanura nororiental de Costa Rica al oeste de Parismina (Fig. 1).

Se utilizó un muestreador integral tipo Mac Caulay para extraer las muestras que sumaron un total de 70 a 14 sitios. En el Laboratorio Nacional de Los Alamos, USA, fueron analizadas para determinar los parámetros:

1. Proximales (humedad natural, carbono fijo, ceniza, materia (volátil)
2. Ultimos (C, H, O, N, S)
3. Contenido de sulfuros
4. Valor calorífico (BTU)
5. Análisis petrográfico-botánico (fuentes de ingredientes botánicos, minerales, contenido de fibras, grado de descomposición)
6. Peso volumétrico
7. Ph.

La descripción de cada sitio y los resultados respectivos, se analizan a continuación:

HISTOSOLES DEL BOSQUE PARAMO DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA

Localización y descripción del sitio:

En el área de Talamanca fueron muestreados siete sitios, de los cuales se extrajeron 29 muestras (Fig. 2). La región fue previamente estudiada por Otárola (1976) y clasificada como páramo. Debido a la altitud mayor de 2.500 metros y a la casi constante humedad que reina, el suelo permanece húmedo y frío. Esto permite el desarrollo de cubiertas extensas aún en laderas de pendiente fuerte. La vegetación incluye tanto el típico bosque nuboso como extensas áreas abiertas con gramíneas, helechos, arbustos y musgo (*sphagnum*).

Estratigrafía y resultados analíticos:

En el área muestreada, la turba se ha depositado en forma de una cobertura de alrededor de un metro de espesor. Esta se extiende en los flancos de las colinas pero tiende a ser más gruesa en las depresiones cerradas.

En la Fig. 3 se ilustran algunas secciones estratigráficas típicas de estos histosoles. Todos los sitios están ubicados cerca de la Carretera Interamericana (Fig. 2).

Los resultados de los análisis químicos, físicos y micropetrográficos de 15 muestras, se muestran en el Cuadro 1. Nótese que estas muestras de turba están muy descompuestas (menos del 28% de fibras) y retrabajadas (abundante materia fecal y restos de hongos) (Fig. 4a). La fuente predominante de material vegetal de estas turbas fueron las gramíneas, arbustos, helechos y ocasionalmente musgo y vegetación arborácea. Tienen el más bajo contenido de humedad en relación a los otros sitios investigados (promedio 84%) el más bajo valor de pH (promedio 4.4), carbono fijo (promedio 23%) y sulfuros (promedio 0.2%). Por otro lado, poseen los más elevados valores de peso volumétrico (promedio 0.22 g/cm³), material volátil (promedio 55%) y H, N y O. El promedio del valor calorífico de las muestras

CUADRO 1: ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROPETROGRAFICOS DE ALGUNOS DEPOSITOS DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA, SITIOS CDM-CERRO DE LA MUERTE, LVS-LAS VUELTIAS Y LCH-LA CHONTA

HUESTRA PROFUNDIDAD (CM)	BTU (SECO)	CENIZA (PESOS)	PH	PESO VO LUMETRICO	TIPOS DOMINANTES DE PLANTAS	FIBRA (?)	SEDIMEN TOS (?)	OXIDOS	MATERIA FECAL	MATERIA MINERAL BIOGENICA	OTROS TIPOS MATERIA MI-NERAL	HONGOS
CDM-1												
0-15	7363	27	4.4	0.2193	Muchos vestigios de madera	6	-	-	-	-	-	-
CDM-2												
0-15	7156	22	4.4	0.2788	Gramíneas, lirios, helechos y plantas maderosas	6	20	Común	Abund.	Abund.	Trazas	Común
15-30	6182	41	-	-	"	"	"	"	"	Arquilla	"
30-45	5694	34	-	-	Muy descompuestas(lirios)	2	1	Trazas	"	"	Arquilla	"
45-60	4989	37	-	-	"	"	"	"	"	"	"
CDM-4												
0-15	3811	10	-	-	Musgo y lirios	19	60	Abund.	-	"	Arquilla y cuarzo	Común
15-30	2410	-	-	-	No es turba	No es turba	-	Común	-	-	Abund.	-
30-45	703	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LVS-1												
0-30	-	13	-	-	Helechos y lirios	6	50	Común	Abund.	Común	Trazas	Abund.
30-60	8989	-	-	-	Gramíneas lirios,	21	3	Trazas	Común	Abund.	Trazas	"
60-90	6241	29	-	-	Sphagnum Gramíneas, lirios, sphagnum	17	2	Trazas	Abund.	Abund.	Trazas	"
LCH-2												
0-10	7651	15	4.4	0.1649	Gramíneas, lirios, sphagnum	28	2	Trazas	Común	Común	Trazas	"
10-20	6700	-	-	-	Helechos, lirios	22	2	Común	Abund.	Común	Común	"
30-60	7557	28	-	-	"	10	"	"	"	"	"
60-90	5549	38	-	-	"	"	"	"	"	"	"
HUEDAD												
		CARBONO FIJO	MATERIA VOLATIL	C	H	0	N	S	CI			
		21	52	-	-	-	-	-	-			
		23	55	41.2	4.5	29.1	2.5	0.23	.03			
		17	41	-	-	-	-	-	-			
		20	45	-	-	-	-	-	-			
		19	44	-	-	-	-	-	-			
		23	64	51.3	5.6	30.4	2.4	0.27	.04			
		22	50	-	-	-	-	-	-			
		25	60	44.0	4.4	32.5	2.4	0.21	.04			
		22	43	-	-	-	-	-	-			
		23	49	-	-	-	-	-	-			
		19	42	-	-	-	-	-	-			

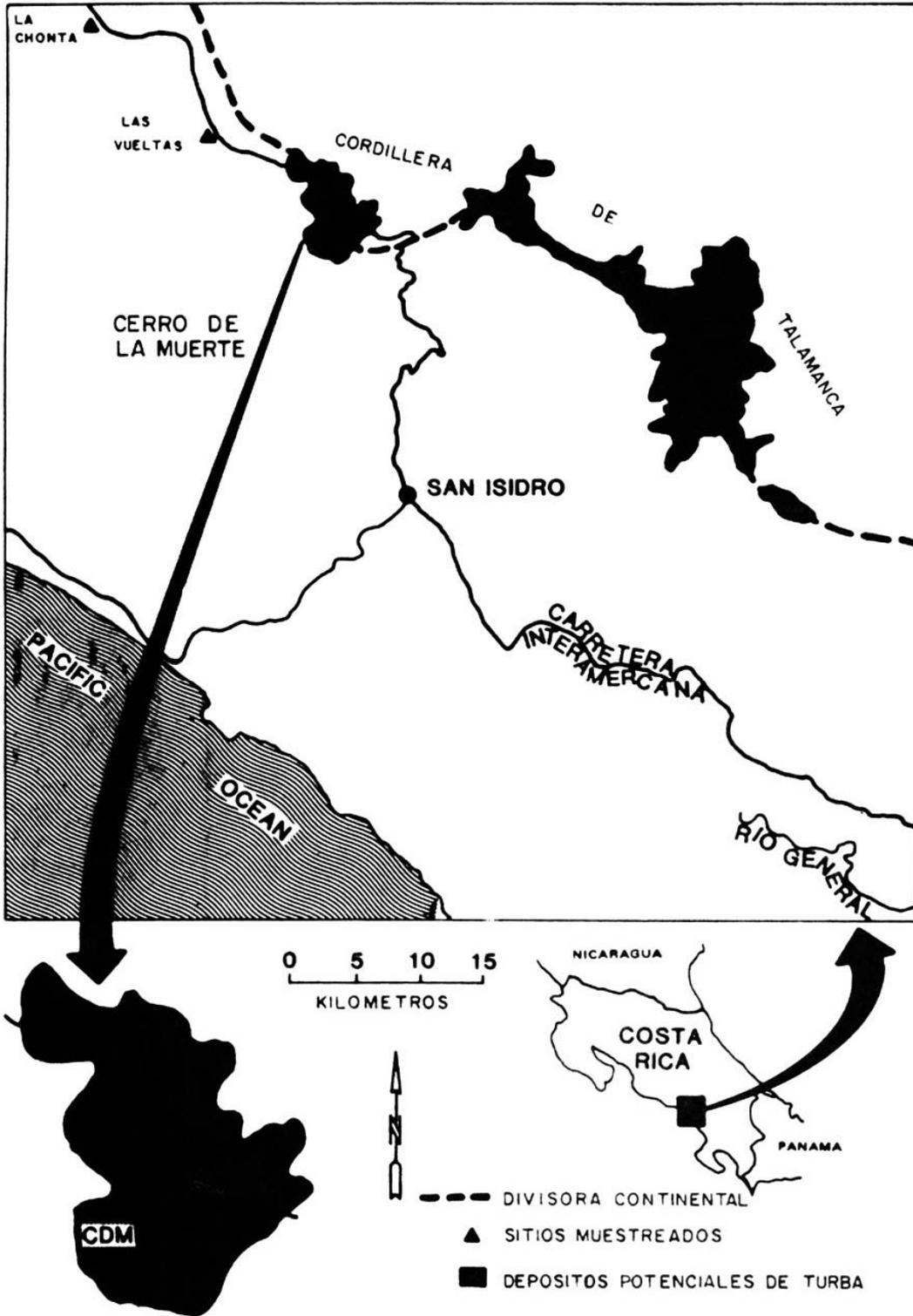


FIG. 2

LOCALIZACION DE SITIOS MUESTREADOS Y DE LOS DEPOSITOS POTENCIALES DE TURBA EN LA CORDILLERA DE TALAMANCA

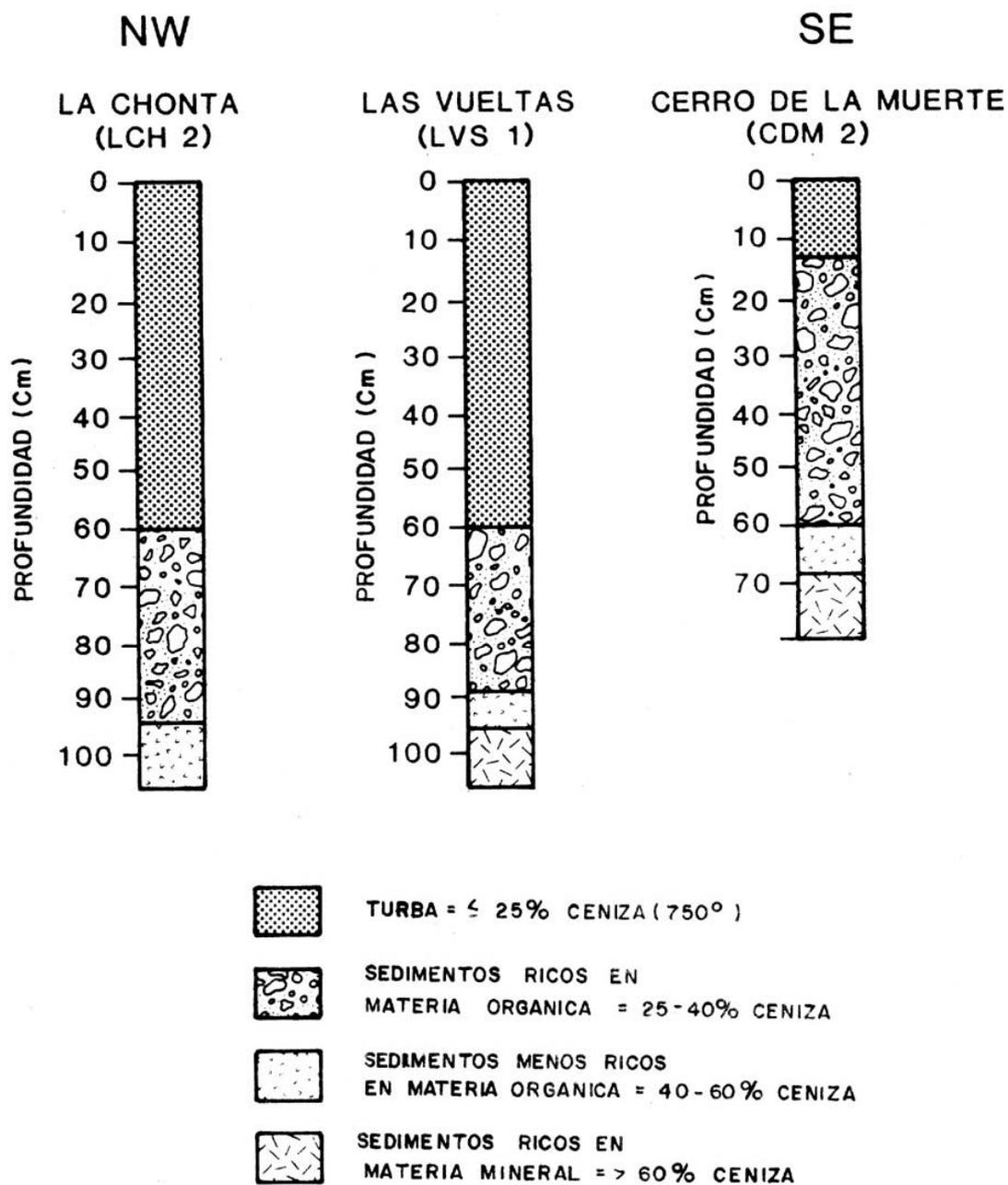
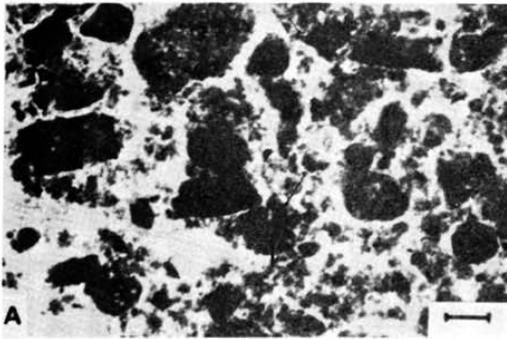
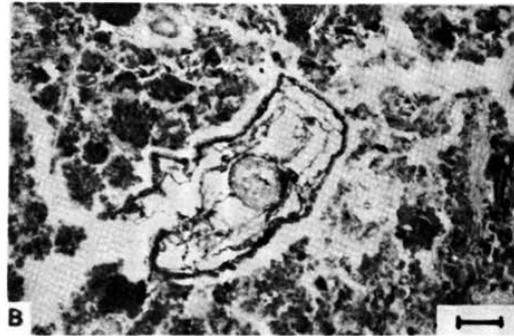


FIG. 3

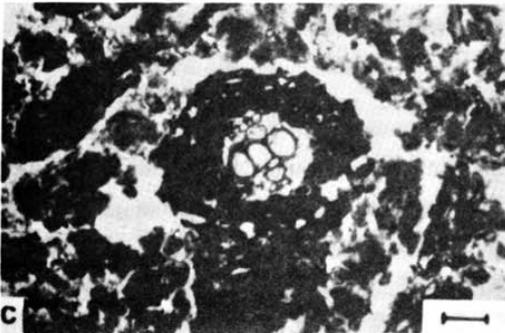
SECCIONES ESTRATIGRAFICAS TIPICAS EN EL AREA
DE LA CORDILLERA DE TALAMANCA



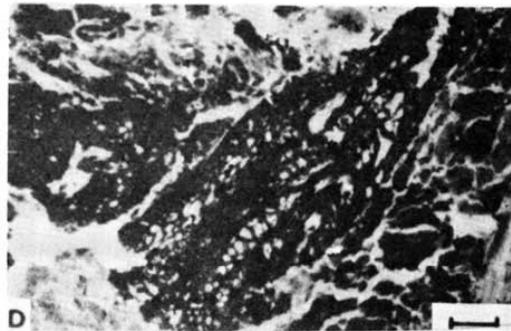
TURBA RICA EN MATERIA FECAL;
CORDILLERA DE TALAMANCA.



TURBAS RICAS EN DETRITO DE LIRIO
CORDILLERA DE TALAMANCA.



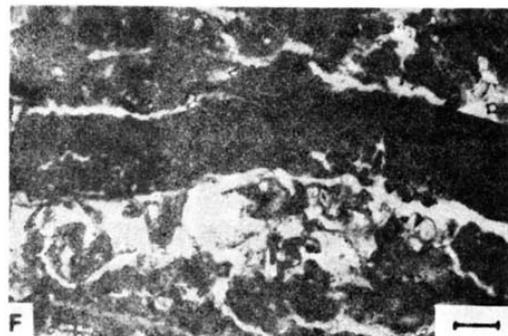
TURBA RICA EN HELECHOS, REGION
DEL RIO MEDIO QUESO.



TURBA RICA EN CARBON VEGETAL,
REGION DEL RIO MEDIO QUESO.



TURBA RICA EN MADERA Y HOJAS,
SITIO SELVATICO Y CENAGOSO
DE SIQUIRRES



TURBA RICA EN ALGAS Y HELECHOS
DE LA REGION DE SIQUIRRES

FIG. 4

MICROFOTOGRAFIAS DE TURBA DE COSTA RICA
(ESCALA: 100 PARA A, C, E, F; 300
PARA B, D)

de turba ("sensu strictu" es decir, aquellos con menos del 25% de ceniza) fue de 7.700 BTU/lb, seca.

La extensión total del área en que se estima una cantidad considerable de turbas es de aproximadamente 175 km².

HISTOSOLES DE LA LLANURA DE INUNDACIONES DE MEDIO QUESO

Localización y descripción de los sitios:

En el área de Medio Queso (Upala) fueron recolectadas 28 muestras sobre un transecto en la llanura de inundación (Fig. 5). El área potencial para contener turbas es de alrededor de 70 km²; la cual había sido anteriormente deforestada para la ganadería, aunque actualmente en su mayoría está repoblada de arbustos y grandes gramíneas y charrales.

Estratigrafía y resultados analíticos:

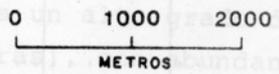
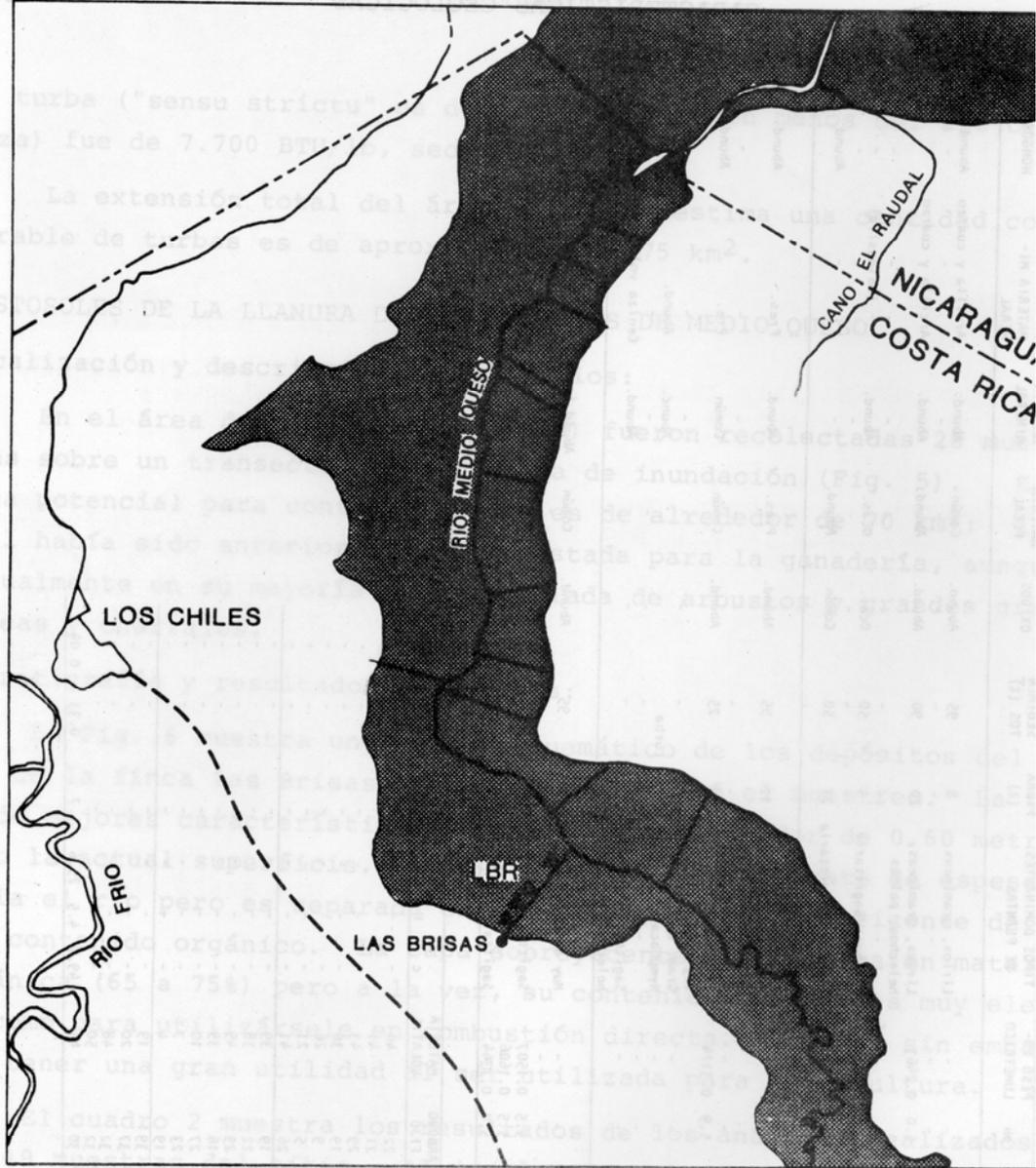
La Fig. 6 muestra un perfil esquemático de los depósitos del sitio de la finca Las Brisas, en donde se realizó el muestreo. La turba de mejores características se presenta a alrededor de 0.60 metros bajo la actual superficie. Nótese que esta capa aumenta de espesor hacia el río pero es separada en dos subcapas por un horizonte de menor contenido orgánico. La capa sobreyacente es muy rica en materia orgánica (65 a 75%) pero a la vez, su contenido mineral es muy elevado como para utilizársele en combustión directa. Podría, sin embargo, tener una gran utilidad al ser utilizada para horticultura.

El cuadro 2 muestra los resultados de los análisis realizados en las 19 muestras del sitio. Al igual que en la Cordillera de Talamanca, se nota un alto grado de descomposición (sápricas con menos de 33% de fibras), con abundante materia fecal y restos de hongos. En contraste con Talamanca, las quemas han sido aquí muy comunes, lo cual es indicado por la abundancia de materia orgánica calcinada (carbón vegetal, Figs. 4c y 4d). Se nota también la abundancia de Sagittarias y lirios acuáticos (*nymphaca*), lo que sugiere una profundidad de agua mayor que en los otros sitios investigados.

CUADRO 2 ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROPETROGRAFICOS DE LAS TURBAS DEL SITIO LAS BRISAS, RIO MEDIO QUESO

MUESTRA Y PROFUNDIDAD (CM)	BTU (SECO)	CENIZA (PESOS)	pH	PESO VOLUMETRICO	TIPOS DOMINANTES DE PLANTAS	FIBRA (%)	SEDIMENTOS (%)	OXIDOS	MATERIA FECAL	MATERIA MINERAL	OTROS TIPOS MATERIA MINERAL	HONGOS
L B R - 1												
0 - 30	5170	38	-	-	Lirios, gramíneas	8	95	Abund.	Común	Abund.	Arcilla y cuarzo	Abund.
30 - 60	-	38	-	-	Lirios, gramíneas,	20	90	Abund.	Abund.	Abund.	Arcilla y cuarzo	-
60 - 90	7256	28	5.0	0.2463	helechos, palmas	-	-	-	-	-	-	-
90 - 100	-	44	-	-	Nymphaea/Sagittaria	5	50	Ocas.	Ocas.	Abund.	- (Melossira)	-
120 - 150	2705	68	-	-	Helechos (Sagittaria	21	50	Común	Abund.	-	-	Abund.
150 - 180	-	74	-	-	& Nymphaea)	-	-	-	-	-	-	-
185 - 210	5296	33	-	-	Muy descomp. (Lirios,	12	95	Abund.	Pres.	Abund.	Pres.	Abund.
L B R - 2					helechos)	-	-	-	-	-	-	-
0 - 30	2630	42	-	-	Gramíneas, lirios	22	25	Abund.	Común	Común	Pre.	Abund.
30 - 60	-	40	-	-	Sagittaria	-	-	-	-	-	-	-
60 - 90	7384	27	5.9	0.3114	Gram. Lir., Sagit.	-	-	-	-	Abund.	-	-
90 - 120	-	49	-	-	Nymphaea/Sagittaria	No es turba	-	-	-	Abund.	-	-
120 - 150	3655	63	-	-	Sagittaria (posibles	-	-	-	-	Alund.	Ceniza volc.	-
150 - 180	-	70	-	-	helechos)	-	-	-	-	-	-	-
180 - 210	2825	77	-	-	Muy descompuesta	8	95	Abund.	Común	Abund. (espjs)	Com.	Abund.
L B R - 3					Sagittaria	32	25	Abund.	Abund.	Común	Pres.	-
0 - 30	4735	42	-	-	Sagittaria	34	2	Ocas.	Común	Pres.	Pres.	-
30 - 60	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60 - 90	8468	19	5.5	0.1507	-	-	-	-	-	-	-	-
90 - 120	-	18	5.5	0.1606	-	-	-	-	-	-	-	-
120 - 150	8813	20	5.0	0.1344	-	-	-	-	-	-	-	-

HUMEDAD	CARBONO		MATERIA		(PESO SECO %)				
	FIJO	VOLATIL	C	H	O	N	S	CI	
-	22	40	-	-	-	-	-	-	-
-	21	41	-	-	-	-	-	-	-
-	29	43	-	-	-	-	-	-	-
-	19	36	-	-	-	-	-	-	-
-	9	26	-	-	-	-	-	-	-
-	5	21	-	-	-	-	-	-	-
-	26	41	-	-	-	-	-	-	-
-	19	39	-	-	-	-	-	-	-
-	22	38	-	-	-	-	-	-	-
-	29	45	-	-	-	-	-	-	-
-	16	35	-	-	-	-	-	-	-
-	27	10	-	-	-	-	-	-	-
-	23	7	-	-	-	-	-	-	-
-	19	4	-	-	-	-	-	-	-
-	39	19	-	-	-	-	-	-	-
-	37	20	-	-	-	-	-	-	-
-	32	48	-	-	-	-	-	-	-
-	32	50	-	-	-	-	-	-	-
90	30	49	49.7	4.5	25.6	1.7	0.33	0.04	



- ▲ SITIOS MUESTREADOS
- DEPOSITOS POTENCIALES DE TURBA



FIG. 5

LOCALIZACION DE SITIOS MUESTREADOS EN LA LLANURA DE INUNDACION DEL RIO MEDIO QUESO

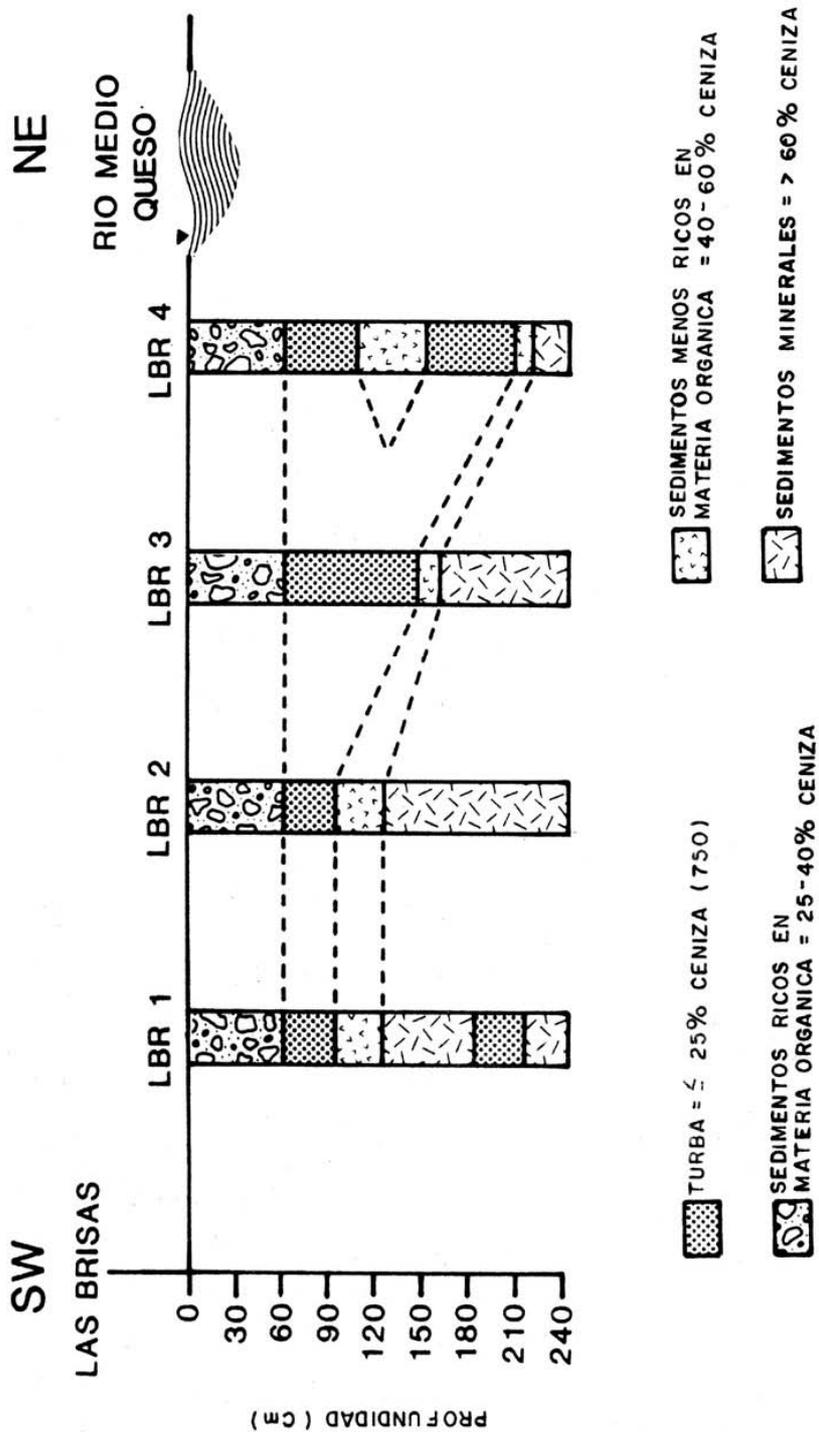


FIG. 6
 PERFIL ESQUEMATICO DEL DEPOSITO DE TURBA DEL
 RIO MEDIO QUESO

Las muestras analizadas tienen los mayores valores caloríficos (promedio alrededor de 8000 BTU/lb, seco) en un rango entre 7200 y 8200 BTU/lb), con un pH promedio de 5.4; tienen también los mayores promedios de carbono fijo y carbono total de todos los sitios investigados, los cuales parecen correlacionarse mejor con las proporciones de materia oxidada que con las de fibras. Su peso volumétrico es, en promedio, de 0.20 g/cm³.

HISTOSOLES DE LA LLANURA NORORIENTAL

Localización y descripción de los sitios:

Durante esta fase preliminar de investigación se encontró que el sitio al norte de Siquirres es el que mostró el mayor espesor de los estudiados (Fig. 7). Este sitio ocupa una depresión pantanosa, cubierta por una espesa vegetación de la cual en particular predominan las palmeras, yolillo (*RAPHIA Jolia*), muy común en zonas de ciénagas de agua dulce en Costa Rica. Fueron recolectadas 19 muestras de este sitio de aproximadamente 2 km², en el cual se encontró turba con un espesor mayor de 4 m.

Estratigrafía y resultados analíticos:

La Fig. 8 muestra un gráfico entre el contenido de ceniza y la profundidad para este sitio. Se destaca la presencia de dos capas de ceniza volcánica (piroclástica) entre 2.35 a 2.70 m entre 4.20 a 4.32 m de profundidad, respectivamente. Se puede agregar que las edades de las turbas inmediatamente infrayacentes son de 2330 y 3370 años respectivamente (obtenidas por medio del método C¹⁴).

El cuadro 3 resume los resultados analíticos de las 19 muestras. Los análisis petrográficos indican que la vegetación predominante que actuó como fuente para la depositación de la turba fue del tipo boscoso tropical muy húmedo (Fig. 4) y helechos (Fig. 4f). Las dos capas de ceniza antes mencionadas aparentemente destruyeron la vegetación existente y provocaron la formación de embalses sobre ellas. El contenido de cenizas tiene un promedio de 19%, más bajo que en los dos sitios anteriormente descritos, aunque por otra parte, el valor

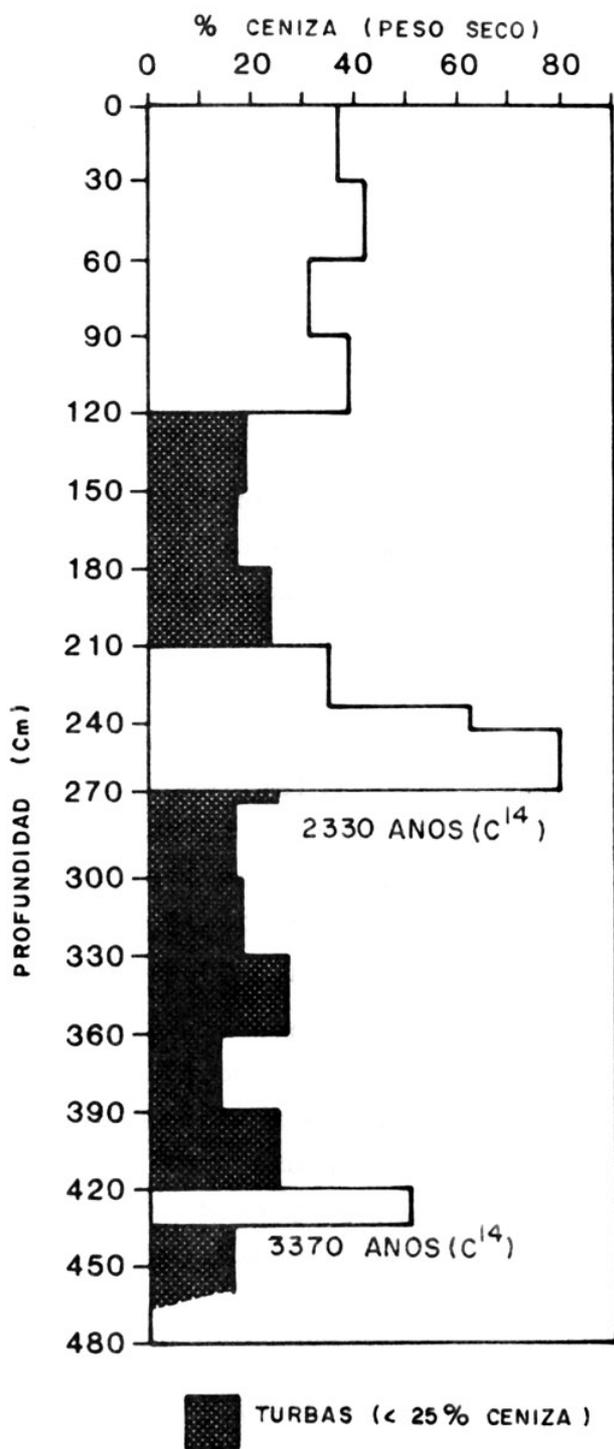


FIG. 8
 CARACTERISTICAS DE LOS DEPOSITOS
 DE TURBA DE SIQUIRRES

calorífico es menor (promedio 7463 BTU/lb., seca).

Por el contrario, la turba de este sitio no ha experimentado más que una muy leve oxidación, al igual que muestra el más elevado contenido de fibras (promedio 53%) y contenido de humedad (promedio 91%) y el más bajo peso volumétrico (promedio 0.15 g/m²). El pH es relativamente alto (promedio 5.8) y el contenido de sulfuros alto (promedio 0.6%).

DISCUSION

El cuadro 4 ofrece los valores promedio de las propiedades físicas y químicas de las turbas muestreadas en Costa Rica (únicamente de aquellas con menos de 25% de cenizas) y que han sido analizadas para este estudio preliminar.

En general, las muestras del río Medio Queso, poseen los valores caloríficos más elevados, al igual que los del carbono fijo y total y el más bajo en el contenido de volátiles. Esto sugiere que su mejor utilidad sería por combustión directa que por gasificación. Debido a que el área ya ha sido abierta para el pastoreo y la agricultura, estos depósitos serían los más fáciles de explotar, y sus impedimentos ambientales mucho menores que en las otras áreas.

Los depósitos de Siquirres tienen los valores más bajos en cuanto al poder calorífico, peso volumétrico y contenido de cenizas, pero tiene los más elevados en cuanto a fibras y bastante grande de materia volátil. Esto puede sugerir una gran utilidad en la destilación para la producción de metanol y en la gasificación. Debido a su alto contenido de fibras, también podría utilizarse en la agricultura u horticultura.

Las muestras de la Cordillera de Talamanca mostraron el más bajo valor de pH, el mayor estado de descomposición (menor contenido de fibras) lo que podría sugerir su valor en la agricultura. Sin embargo, su alto contenido de volátiles podría inducir su utilización hacia la conversión energética (producción de gas, etc.) Los sitios investigados en esta área fueron muy accesibles (a lo largo de la Ca

CUADRO 4: VALORES FISICOS Y QUIMICOS PROMEDIO

	BTU/l1b (seca)	pH	Peso volu métrico	Fibra (área%)	Ceniza (seca) (peso%)	Carbono fijo (peso %)	Materia volátil (peso %)	Humedad %	C	H	O	N	S	Cl ⁻
Cordillera de Talamanca	7743	4.4	0.22	15	21	23	55	84	46	4.8	31	2.4	0.2	0.4
Río Medio Queso (LBR)	7980	5.4	0.20	27	22	30	47	90	50	4.5	26	1.7	0.3	0.4
Siquirres (JUN)	7463	5.8	0.13	53	19	28	53	91	46	4.4	26	1.9	0.6	0.3

rrretera Panamericana); sin embargo, los depósitos más grandes se localizan probablemente más lejos. Por lo tanto, los costos de explotación serían mayores y las consecuencias ambientales más delicadas.

CONCLUSIONES

De la información preliminar generada por esta investigación, se puede concluir que existen numerosos y extensos depósitos de turba en Costa Rica. Sin embargo, cada uno de los depósitos estudiados, mostró poseer un conjunto particular de propiedades físicas y químicas. Estas diferencias son el resultado de las diversas fuentes originales de ingredientes (botánicas y mineralógicas), al igual que las diferencias en los entornos geológicos, geográficos y climáticos. Por ello, cualquier clase de depósito de turba en Costa Rica, deberá ser estudiado separadamente para poder asegurarse de sus características reales y con ello, de su mejor uso.

Los estudios futuros deberán tender hacia una mejor definición de la calidad y cantidad de los recursos de turba de Costa Rica, así como hacia el establecimiento de su utilización, de manera que sea óptima respecto a los planos económicos y ambiental

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS:

Este trabajo fue financiado principalmente con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Adicionalmente, se contó con un gran apoyo de parte del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) y de Banana Development Corporation (BANDECO).

Los resultados de este trabajo fueron presentados en el Primer Simposio de Turbas Tropicales, de la Sociedad Internacional de Turba, Kingston, Jamaica, del 25 de febrero al 1 de marzo de 1985.

BIBLIOGRAFIA

- American Society for Testing and Materials, 1985: Standar Classification of Peat Samples for Laboratory Testing D 4427-84, Annual Book of ASTM Standards, v. 4.08.
- Guzmán, P., Ramírez, G., Raymud, A., 1978: Caracterización Preliminar de los Histosoles de los Llanos del Río Medio Queso. - 17 págs. (informe inédito).
- Otárola, C.E., 1976: Caracterización y clasificación de algunos suelos de la Cordillera de Talamanca. - Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 57 págs.
- Pérez, S., Alvarado A., Ramírez E., Knox, E., 1978: Asociación de Subgrupos de Suelos de Costa Rica (Mapa preliminar), 1:200.000 Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, San José, Costa Rica. 9 mapas.
- Pérez, S., Ramírez E., Alvarado A., Knox E., 1979: Manual descriptivo del Mapa de Asociaciones de Subgrupos de Suelos de Costa Rica. - Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria, San José 236 págs.