

---

## Capítulo 4

---

# Propiedades físico-químicas

# Propiedades físico-químicas

La diatomita posee propiedades físicas y químicas que permiten aplicaciones imposibles en otro tipo de material de composición silíceas; se distingue por su baja densidad, gran porosidad, alto poder de absorción y excelente capacidad filtrante; propiedades que, junto con la distribución de tamaño de partícula, área superficial y color, son determinadas con el fin de identificar el potencial uso industrial.

**Análisis de laboratorio.** Se diseña un diagrama para el estudio de las diatomitas, que sirve de base para el análisis de otros minerales industriales (figura 4.1).

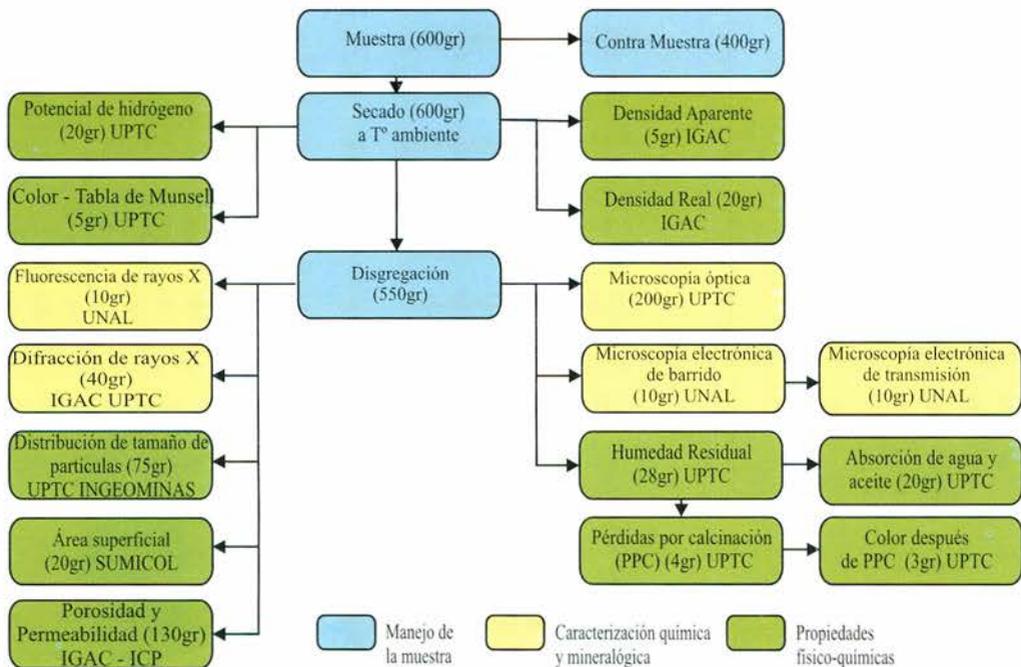


Figura 4.1 Proceso de caracterización de la diatomita

## 4.1 Densidad

Una de las propiedades que más distingue a la diatomita es su baja densidad aparente, menor que la del agua. Se determinaron las densidades aparente y real de la diatomita en los municipios de Tunja, Siachoque y Chivatá; la aparente, definida por la relación peso-volumen de bloques de material, y la real, calculada por el método de picnometría (tabla 4.1).

**Tabla 4.1.** Densidades aparente y real de las diatomitas

Densidad	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	0,45	0,68	0,57	0,74	0,52	0,73
Real (gr/cm <sup>3</sup> )	2,07	2,12	2,04	1,95	2,27	2,03

La densidad aparente varía por: 1) El tipo de diatomeas (especies) y su relación de areolas (poros), 2) El contenido de accesorios, como cuarzo y minerales arcillosos, y 3) El grado de compactación del material (tabla 4.2).

**Tabla 4.2.** Comparación de la densidad aparente de las diatomitas en estudio con yacimientos en otros países

PAÍS YACIMIENTO	España Guadalquivir	Australia New South Wales	Colombia Boyacá
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,59-1,05	0,34-0,95	0,45-0,74

Fuente: Lorenz y Gwosdz, 2004 y datos del estudio.

Por su parte, la densidad real es más uniforme, ya que representa la densidad de las partículas, en este caso del ópalo, como mineraloide predominante, y de los otros minerales presentes (tabla 4.3).

**Tabla 4.3.** Densidades reales de los componentes de la diatomita

COMPONENTES	Ópalo biogénico	Cuarzo	Esméctita	Illita	Caolinita
Densidad Real (gr/cm <sup>3</sup> )	2,1 – 2,3	2,6	1,6 (deshidratada) 2,7 (hidratada)	2,6	2,5 – 2,6

Fuente: Bessoain, 1985.

## 4.2 Distribución de tamaño de partícula (DTP)

El análisis granulométrico tiene en cuenta el tamaño de las partículas y la proporción en que estas se encuentran. El nombre de partícula se da a una unidad sólida separable, que puede ser de composición simple o compuesta; si las partículas se mantienen firmemente unidas se les denomina agregados. La distribución de tamaño de partícula se puede realizar por difracción láser, utilizando el principio físico de la

dispersión de las ondas electromagnéticas, con muestreo de luz láser a bajo ángulo (LALLS).

En los depósitos de Tunja, Siachoque y Chivatá, las partículas predominantes, en este caso diatomeas, están en la fracción entre 2 y 45  $\mu\text{m}$  (tamaño limo), y la fracción arcilla es menor o igual a un 10% (figura 4.2 y tablas 4.4 y 4.5).

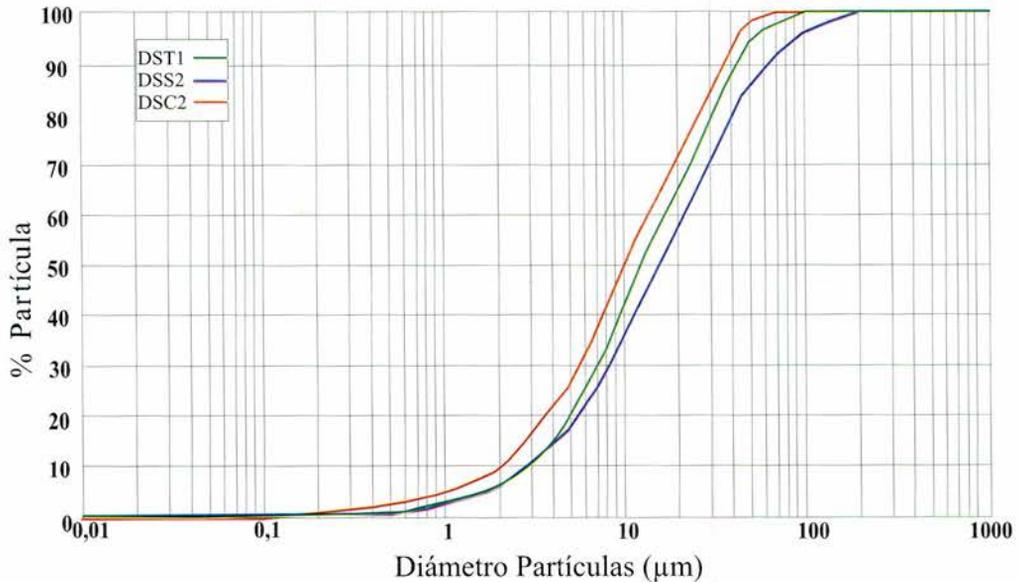


Figura 4.2. Distribución de tamaño de partícula en los depósitos de diatomita

Tabla 4.4. Distribución de tamaño de partícula por rangos de la diatomita

Tamaño de partícula	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1 %	DST2 %	DSS1 %	DSS2 %	DSC1 %	DSC2 %
>45 $\mu\text{m}$	5	7	10	15	10	5
45 – 15 $\mu\text{m}$	35	30	40	35	40	35
15 – 2 $\mu\text{m}$	52	55	40	44	40	50
< 2 $\mu\text{m}$	8	8	10	6	10	10

Las frústulas de las diatomeas, según la microscopía electrónica, está en la fracción de 10 a 24  $\mu\text{m}$ , que corresponde, según la DTP, a un 50% del material; sin embargo, algunas frústulas están en tamaños menores a 10  $\mu\text{m}$ , rotas por compactación (tabla 4.5).

**Tabla 4.5.** Porcentaje de partículas por volumen menor o igual al tamaño indicado

% de partículas por volumen menor o igual al tamaño indicado	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
75%	20 $\mu\text{m}$	16 $\mu\text{m}$	16 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$	22 $\mu\text{m}$	17 $\mu\text{m}$
50%	11 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$	9 $\mu\text{m}$	15 $\mu\text{m}$	11 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$
25%	6 $\mu\text{m}$	4 $\mu\text{m}$	4 $\mu\text{m}$	7 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$

### 4.3 Porosidad y permeabilidad

El interés que encierra el estudio del flujo en un medio poroso está en relación directa con los procesos industriales; en el caso de las diatomitas representa un factor importante en los procesos de filtración de bebidas, donde tiene su principal aplicación. El cálculo de porosidad y permeabilidad se realizó en el equipo Automated Core Measurement System (CMS-300), que utiliza el gas de helio a una presión de confinamiento de 800 psi y aplica la Ley de Boyle, para medir el volumen sólido de la muestra (ICP, 2008).

Estas propiedades se obtuvieron para muestras naturales y calcinadas a 900 °C del depósito de Siachoque, observándose un aumento en la muestra calcinada del 40% en la porosidad y del 215% en la permeabilidad (tabla 4.6). Los resultados permiten identificar un uso potencial del material en procesos industriales de absorción y filtración (Lorenz y Gwosdz, 2004).

**Tabla 4.6.** Porosidad efectiva y permeabilidad de las diatomitas

	CHIVATÁ	SIACHOQUE	
	DSC1	DSS1-N	DSS1-C
Porosidad (%)	41	35	49
Permeabilidad (md)	4,2	2,0	6,3

*md: milidarcy*

La permeabilidad calculada fue al aire. Como el sistema filtrante es principalmente en medios húmedos, es necesario estimar la permeabilidad con líquidos.

### 4.4 Diámetro de poros

A través del porosímetro de mercurio se realiza la medición del tamaño; esto se consigue inyectando mercurio a una muestra del material y aumentando luego, hidráulicamente, la presión. La disminución del mercurio es igual al que invadió los poros; se mide en función de la presión aplicada.

El diámetro de poros es importante en la retención de particulado contaminante. En los depósitos de diatomita estudiados se determinó, a través del porosímetro de mercurio,

que entre el 75 y 95% de las frústulas tienen poros con diámetros menores a 2  $\mu\text{m}$  (figura 4.3 y tabla 4.7).

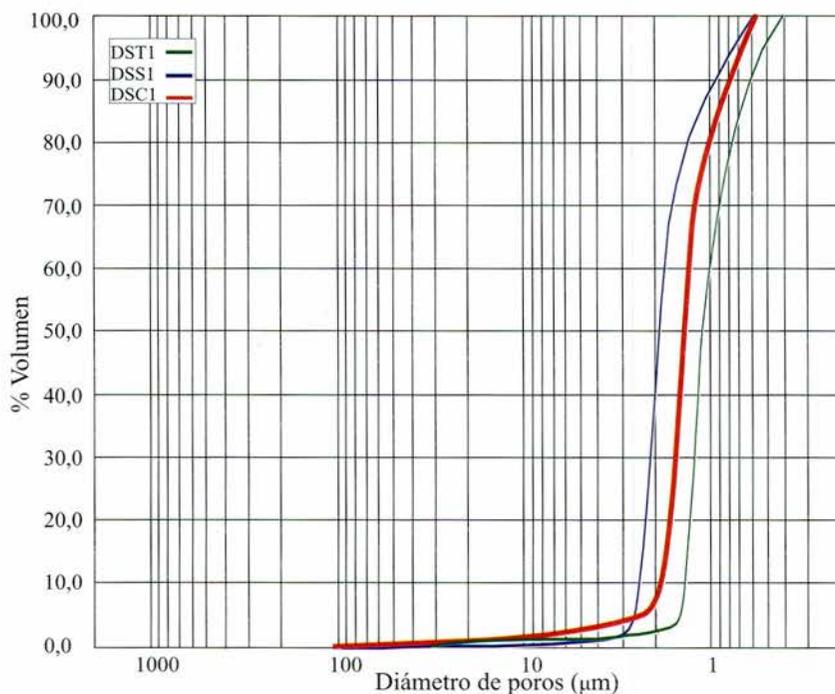


Figura 4.3. Relación del diámetro de poros en los depósitos de diatomitas

Tabla 4.7. Diámetro de poros en las diatomitas

Diámetro de poros	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1 %	DST2 %	DSS1 %	DSS2 %	DSC1 %	DSC2 %
10-100 $\mu\text{m}$	1	13	1	3	1	2
2-10 $\mu\text{m}$	23	53	2	17	3	10
1-2 $\mu\text{m}$	56	16	74	70	55	63
0,4-1 $\mu\text{m}$	20	19	23	100	41	24

#### 4.4 Área superficial

Su determinación se realiza por adsorción de  $\text{N}_2$  a temperatura constante. El área superficial promedio de las muestras analizadas es de 38,6  $\text{m}^2/\text{g}$ , valor que se encuentra en concordancia con los promedios de otros yacimientos en el mundo (tablas 4.8 y 4.9).

**Tabla 4.8.** Área superficial de las diatomitas por BET

	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
Área superficial específica (m <sup>2</sup> /g)	34,6	38,7	30,0	24,4	37,6	39,0

**Tabla 4.9.** Área superficial de la diatomita en bruto en diferentes yacimientos

PAÍS YACIMIENTO	España Guadalquivir	Alemania Dethlingen	Colombia Boyacá
Área superficial (m <sup>2</sup> /g)	18,9 – 69,0	8,6 – 42,0	24,4 – 39,0

Fuente: Lorenz y Gwosdz, 2004 y datos del estudio.

## 4.5 Humedad residual y absorción

**Humedad.** El contenido de humedad de un material se da en términos de porcentaje y es la cantidad de agua que el material pierde al ser llevado al horno a una temperatura constante ( $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), por un tiempo que es determinado por la variación de su peso. El contenido de humedad influye en las propiedades físicas, tales como: peso, densidad y conductividad eléctrica. Los porcentajes de humedad son altos por el poder de absorción natural de la diatomita (tabla 4.10). En la industria se manejan humedades de la diatomita menores al 1% (Celite), por tanto, este material tiene que secarse naturalmente o en horno.

**Tabla 4.10.** Humedad residual de las diatomitas de los depósitos

	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
Humedad residual (%)	5,51	5,74	3,73	7,05	5,68	5,34

**Absorción.** La capacidad de absorción está directamente relacionada con la porosidad y área superficial. La absorción es un proceso físico. El cálculo se realiza midiendo el volumen necesario para saturar con agua o con aceite un peso conocido de material seco. Este método permite determinar la absorción en porcentajes, y se da cuando se forma una pasta blanda al adicionar cuidadosamente gota a gota el aceite o el agua a la muestra de material (diatomita), homogenizando suavemente, norma ASTM D 1483-84 - Método Gardner-Coleman. La cantidad de aceite o de agua necesaria para formar la pasta se usa para calcular el valor del porcentaje de absorción. La absorción de agua es ligeramente mayor que la de aceite en todos los casos (tabla 4.11), esto se debe a la mayor viscosidad del aceite. Se contrastan los resultados con yacimientos en otros países (tabla 4.12).

**Tabla 4.11.** Absorción de las diatomitas de los depósitos

	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
Absorción de agua (%)	158	92	84	144	113	125
Absorción de aceite (%)	156	91	80	136	105	120

**Tabla 4.12.** Absorción de la diatomita en bruto en diferentes yacimientos

PAÍS YACIMIENTO	España Guadalquivir	Australia New South Wales	Colombia Boyacá
Absorción de agua (%)	115 - 504	30 - 164	84 - 158
Absorción de aceite (%)	117 - 562	18 - 108	80 - 156

Fuente: Lorenz y Gwosdz, 2004 y datos del estudio.

## 4.6 Pérdidas por calcinación y color

Cuando un material es llevado a temperaturas por encima de los 900 °C se presentan las pérdidas por calcinación, por deshidratación, deshidroxilación y destrucción total de la materia orgánica presente en la muestra; estas pérdidas se dan en términos de porcentaje (tabla 4.13).

**Tabla 4.13.** Pérdidas por calcinación (PPC) de las diatomitas de los depósitos

	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
PPC (%)	8,3	8,4	10,4	7,9	8,7	7,9

**Color.** Se establece en las muestras de diatomita, antes y después de calcinarse, por comparación con las tablas de Munsell, utilizadas internacionalmente como suplementos de los colores, para expresar relaciones específicas entre ellos y permitir tratamientos estadísticos de los datos (figura 4.4 y tabla 4.14).



Figura 4.4. Color de la diatomita. A. Muestra antes de calcinar. B. Muestra después de calcinar.

**Tabla 4.14.** Color de las diatomitas al natural y calcinada de los depósitos

	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
Color natural	10YR 8/2	10YR 8/2	10YR 8/2	10YR 7/3	10YR 8/3	10YR 8/2
	Pardo muy pálido					
Color calcinado	2.5Y 8/2	2.5Y 8/2	2.5Y 8/2	N9	5YR 8/1	10YR 8/2
	Amarillo pálido			Blanco	Gris rosado	Pardo muy pálido

## 4.7 Potencial de hidrógeno (pH)

Expresa las concentraciones de ion hidronio en las soluciones acuosas. En las muestras analizadas el pH es de tipo ácido y está en concordancia con el que se presenta en otros yacimientos que han sido explotados en el mundo (tablas 4.15 y 4.16).

**Tabla 4.15.** Potencial de hidrógeno de las diatomitas de los depósitos

	TUNJA		SIACHOQUE		CHIVATÁ	
	DST1	DST2	DSS1	DSS2	DSC1	DSC2
pH	3,6	3,8	3,9	3,6	4,4	4,4

**Tabla 4.16.** Potencial de hidrógeno de la diatomita en bruto en diferentes yacimientos

PAÍS YACIMIENTO	Alemania Lüneburger Heide	Australia New South Wales	Colombia Boyacá
pH	2,8 – 5,4	5,4 – 8,2	3,6 – 4,4

Fuente: Lorenz y Gwosdz, 2004 y datos del estudio.