

# SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ÓXIDOS DE CIRCONIO SULFATADOS

Fabio Rincón P, Jaime O  
Pérez, Angel Granados\*

## RESUMEN

Los óxidos de metales como circonio(IV), hierro(III) y titanio(IV), al adicionarles el ión sulfato y/o cationes con alto número de oxidación, aumentan notablemente sus características ácidas alcanzando, algunos de ellos, una acidez mayor que la del ácido sulfúrico puro. Esta característica los potencia como catalizadores promisorios en reacciones de isomerización, alquilación, craqueo de alcanos, entre otros, en remplazo de los catalizadores ácidos tradicionales como el sulfúrico y el fluorhídrico, que son bastante corrosivos y generan contaminación ambiental.

En el presente trabajo se sintetizaron óxidos de circonio sulfatados, a diferentes niveles de concentración del ión sulfato. La adición del ión sulfato se realizó desde el inicio de la reacción de precipitación, lo cual difiere de los métodos tradicionales en los cuales el sulfato se adiciona al hidróxido seco por impregnación. Algunas muestras se doparon con los cationes cerio(IV), antimonio(V) y tungsteno(VI) para analizar su efecto en las propiedades ácidas.

La caracterización muestra que los materiales sintetizados tienen una mayor adsorción del ión sulfato en la superficie del hidróxido con respecto a los preparados por impregnación, el producto inicial es amorfo y los cationes dopantes no alteran considerablemente las propiedades ácidas de los óxidos sulfatados.

*Palabras claves* : óxido sulfatado, circonio, catión dopante, propiedades ácidas.

---

\* Departamento de Química, Universidad de Antioquia . Apartado Aéreo 1226, Medellín, Colombia

## INTRODUCCIÓN

Los procesos catalíticos pueden ser homogéneos o heterogéneos. En el primer caso, reactivos y catalizadores están en una sola fase, líquida o gaseosa; en el segundo, el catalizador es un sólido y los reactivos son líquidos o gases. La catálisis homogénea, aunque de gran desarrollo en la actualidad, enfrenta serias dificultades en la recuperación del material catalítico, en el control de la corrosión de los reactores o autoclaves (se genera contaminación de aguas con los excedentes de los catalizadores), en la limpieza del producto y en la contaminación atmosférica por producción de gases nocivos.

Mucha parte de la investigación actual en catálisis se orienta hacia la búsqueda de nuevos catalizadores sólidos que puedan ser utilizados con mayor eficacia y menores costos<sup>1</sup>. Entre estos catalizadores se investigan los llamados sólidos ácidos, compuestos que presentan en su superficie sitios activos ácidos tipo Brønsted o Lewis. La fuerza ácida de los sólidos ácidos puede manipularse de tal forma que se puedan hacerse específicos para una reacción deseada. Además, por su fuerza de acidez, la reacción puede efectuarse a temperaturas menores que las alcanzadas por catálisis homogénea<sup>2</sup>.

## PARTE EXPERIMENTAL

### *Equipos*

A las muestras preparadas se les realizaron análisis de : difracción de rayos X en un difractómetro RIGAKU EM200, Miniflex; espectroscopía de infrarrojo en un equipo Perkin-Elmer, Spectrum 1000 FTIR con accesorio de reflectancia difusa(DRIFT); microscopía electrónica de barrido (SEM) en un equipo HITACHI S510; espectroscopía de energía dispersiva de rayos X(EDX) en un equipo CAMBRIDGE INSTRUMENTS STEREO SCAN 240; turbidimetría en un Espectronic 20 y análisis termogravimétrico(TGA) en un equipo TA Instruments Hi-Res, TGAS 2950

### *Preparación de hidróxido de circonio por precipitación con amoníaco*

En una bureta volumétrica se vierte una solución de cloruro de circonilo preparada por disolución de 3,22 g de  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  en 50 ml de agua. En otra bureta se vierte una solución de  $NH_3$  (3ml de  $NH_3$  al 25% en 50 ml de agua) en una relación estequiométrica de 2 a 1 con respecto al cloruro de circonilo. La punta de la bureta con el  $NH_3$  se conecta, con una manguera plástica, a la pared exterior del capilar de la bureta con la solución de cloruro de circonilo de modo que quede un poco por encima de la punta de ésta, lo que permite que el amoníaco se deslice por la pared de la bureta y entre en contacto con la solución de cloruro de circonilo antes de que se libere por goteo. Las gotas, con la mezcla de solución de  $NH_3$  y cloruro de circonilo se reciben en un beaker que contiene 50 ml de agua. Para las muestras sulfatadas, la cantidad de ácido sulfúrico necesaria se toma de una solución 0,208 M y se adicionan al beaker que contiene el agua, antes de adicionar la mezcla por goteo, la rata inicial de adición del  $NH_3$  es mayor que la del  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ , hasta obtener un pH entre 4 y 5; después la rata de adición de los reactivos se hace gota por gota para hacer más homogéneo el proceso de gelación; al culminar la adición de las solución de cloruro de circonilo, se continúa adicionando amoníaco hasta alcanzar el valor del pH final deseado.

### *Dopado con cationes*

Con cada uno de los cationes cerio(IV), antimonio(V) y tungsteno(VI) se prepararon muestras conteniendo 1, 3 y 5% (p/p) con respecto al  $ZrO_2$ . El dopado con cada catión se realizó de la siguiente manera:

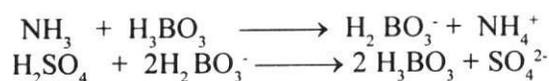
Para dopar con el catión  $Ce^{4+}$ , se adiciona la cantidad requerida de sulfato de cerio tetrahidratado,  $Ce(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$  como sólido a 50 ml de agua contenidos en un beaker y se agita hasta disolución completa. Luego se continúa la síntesis normal con la adición de la mezcla del cloruro de circonilo e hidróxido de amonio

indicada anteriormente. El dopado con tungsteno(VI) se lleva a cabo disolviendo el óxido de tungsteno(WO<sub>3</sub>) requerido en un mínimo de solución amoniacal, esta disolución se adiciona al finalizar la mezcla del cloruro de circonilo y amoníaco, y antes de ajustar el pH al valor final. La preparación de muestras dopadas con antimonio(V) se lleva a cabo por el método de impregnación al hidróxido de circonio previamente sulfatado. El antimonio contenido en una alícuota de una solución previamente preparada de pentacloruro de antimonio en CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (1g de SbCl<sub>5</sub> en 200 ml de solución de CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) se adiciona al material a impregnar formando una dispersión en un sistema abierto; luego, con agitación, se permite que el solvente evapore y que el antimonio hidrolize con la humedad del ambiente.

#### *Análisis de acidez total por volumetría, previa adsorción-desorción de amoníaco.*

La cuantificación de la acidez total de los óxidos de circonio calcinados a diferentes temperaturas, se lleva a cabo activándolos en una línea de vacío a 350°C y cuantificando el amoníaco por volumetría, previa adsorción-desorción del mismo sobre los óxidos. El proceso llevado a cabo comprende:

1. Calcinación de las muestras a tres temperaturas: 400, 500 y 600°C.
2. Desgasificación al vacío(10<sup>-2</sup>-10<sup>-3</sup> torr) a 350°C durante 3 horas.
3. Adsorción de NH<sub>3</sub> seco durante 24 horas a temperatura ambiente en atmósfera inerte.
4. Desorción del NH<sub>3</sub> y absorción del mismo sobre solución de ácido bórico. La unidad de desorción es la misma que para la desorción de sulfatos.
5. Titulación por retroceso de la especie H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub><sup>-</sup>, con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.004N, de acuerdo con las siguientes reacciones:



#### *Análisis de sulfato por turbidimetría*

El análisis de sulfato en las muestras se lleva a cabo por calentamiento de las muestras desde temperatura ambiente hasta 800°C a una rata de 10°C por minuto, para descomponer el ión sulfato principalmente a SO<sub>3</sub> y SO<sub>2</sub>. Los gases producidos se burbujan a una solución acuosa de peróxido de hidrógeno donde se transforman a SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> y se realiza el análisis de sulfato por turbidimetría según el . Standard Methods<sup>3</sup>.

**Tabla 1. Muestra de hidróxido de circonio preparadas por precipitación con amoníaco.**

Muestra *	% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> nominal	pH final	Catión dopante
47/S0/ZrH	0	7	
46/S1/ZrH	1	7	
45/S5/ZrH	5	7	
52/S5/ZrH	5	7	
53/S7/ZrH	7	7	
48/S10/ZrH	10	7	
41/Ce1/S10/ZrH	10	7	Ce <sup>4+</sup> 1 %
40/Ce3/S14/ZrH	14	7	Ce <sup>4+</sup> 3 %
39/Ce5/S10/ZrH	10	7	Ce <sup>4+</sup> 5 %
44/W1/S10/ZrH	10	7	W <sup>6+</sup> 1 %
43/W3/S10/ZrH	10	7	W <sup>6+</sup> 3 %
42/W5/S10/ZrH	10	7	W <sup>6+</sup> 5 %
51/Sb1/S10/ZrH	10	7	Sb <sup>5+</sup> 1 %
50/Sb5/S10/ZrH	10	7	Sb <sup>5+</sup> 5 %
55/S0/ZrH	0	7	
27/S10/ZrH	10	10	
30/S10/ZrH	10	9	
31/S5/ZrH	5	9	
32/S5/ZrH	5	6	

\*Para las muestras se adoptó la nomenclatura: N°muestra/M %/S%/ZrH, donde M es el catión dopante y % es el porcentaje nominal; S sulfato y ZrH indica que la matriz está como hidróxido

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se reportan las diferentes muestras sintetizadas, el porcentaje nominal de sulfato, el pH final y el porcentaje nominal de catión dopante. Como se analiza más adelante, el valor del pH final de la síntesis resulta ser determinante para la adsorción del sulfato en la superficie del hidróxido.

### Análisis por difracción de rayos X

Los difractogramas revelan que los hidróxidos sulfatados, dopados o no con cationes, secados a 120°C, son amorfos, como se aprecia en la Figura 1 para las muestras No 48 y 39 preparadas con un contenido inicial de sulfato del 10% nominal; la muestra 39 contiene, además, un 5% nominal de cerio.

En la Figura 2 se muestran los difractogramas para las muestras sintetizadas a pH = 7, referenciadas con los números 55, 46, 45 y 48, con contenidos de sulfato de 0, 1, 5 y 10 % nominales y calcinadas a 600°C por 3 horas. Se observa una transformación a la fase tetragonal para la muestra con mayor contenido de sulfato y una mezcla de fases, monoclinica y tetragonal, para las muestras con menores contenido de sulfato. Estos resultados concuerdan con los reportados por la literatura<sup>4,5,6</sup>

Estas observaciones están de acuerdo con lo reportado por Srinivasan *et al*<sup>7</sup>. La adición del ión sulfato al hidróxido de circonio, inhibe la

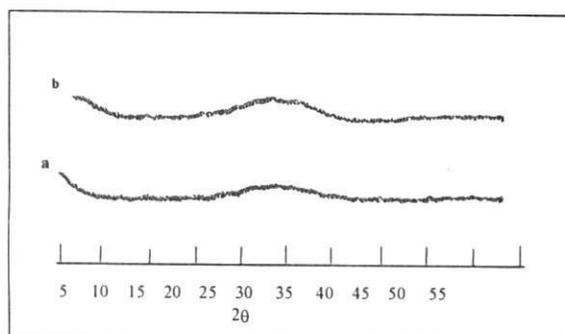


Figura 1. Difractogramas de hidróxidos de circonio sin calcinar: (a) 48/S10/ZrH; (b) 39/Ce5/S10/ZrH.

transformación de la fase tetragonal a la fase monoclinica; por lo tanto, en los sistemas  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZrO}_2$  con altos contenidos de sulfato la fase predominante observada es la tetragonal.

### Análisis por termogravimetría

Los termogramas se corrieron a 10°C por minuto desde 25°C hasta 850°C y con nitrógeno como gas de arrastre. Los correspondientes a las muestras sulfatadas sintetizadas con amoníaco a pH = 7 se muestran en la Figura 3. De la curva (a), que corresponde al hidróxido de circonio puro (47/S0/ZrH), se observa solo una pérdida de masa, de tipo exponencial, hasta los 300°C; por encima de esa temperatura no se observa pérdida significativa alguna. La pérdida se explica por la deshidratación rápida, seguida de una deshidroxilación, fenómenos que ocurren a temperaturas relativamente bajas.

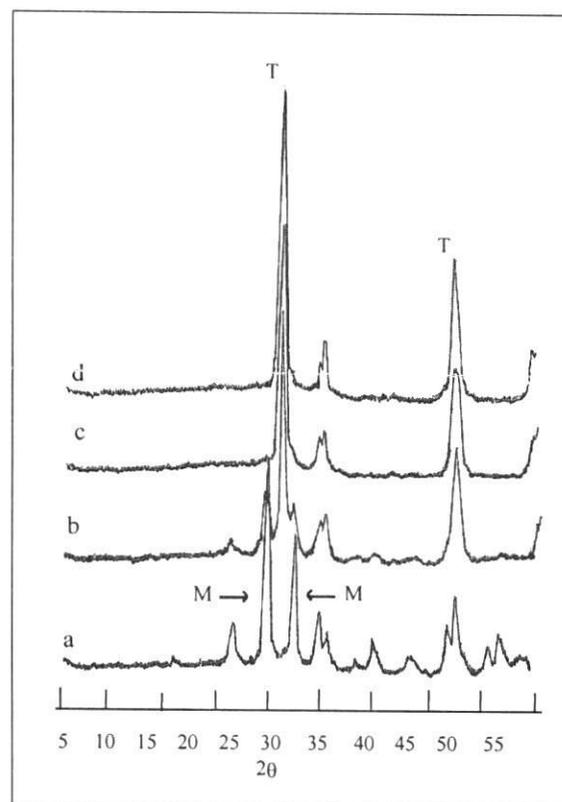
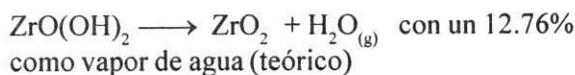


Figura 2. Difractogramas de óxidos de circonio sintetizados con amoníaco y calcinados a 600°C por 3 horas (a) 55/S0/ZrH; (b) 46/S1/ZrH; (c) 45/S5/ZrH; (d) 48/S10/ZrH.

En los hidróxidos sulfatados sintetizados a pH = 7 se diferencian claramente tres regiones:

1. Entre temperatura ambiente y 100°C ocurre la pérdida de agua superficial, que fluctúa entre un 10 y un 13% con una velocidad máxima de pérdida de masa entre 50 y 70°C. En esta región ocurre la reacción  $ZrO(OH)_2 \cdot nH_2O \xrightarrow{3/4R} ZrO(OH)_2 + nH_2O_{(g)}$
2. Entre los 100 y 400 °C la pérdida de masa se debe a la expulsión de las aguas de coordinación y de condensación de los grupos hidroxilos. La velocidad máxima de pérdida de masa se da a la temperatura de 150°C. Los porcentajes de pérdida de masa en esta región, para la mayoría de las muestras, se aproxima a la transformación:



3. En la tercera región, entre los 400°C hasta 800°C, se presenta pérdida adicional de masa, lo cual es indicativo de la coprecipitación del ión sulfato. Según Clearfield *et al*<sup>8</sup>, en los hidróxidos

donde se adsorbe el ión sulfato, la remoción de éste como SO<sub>3</sub> ó SO<sub>2</sub> ocurre alrededor de los 600°C y en los termogramas esta pérdida

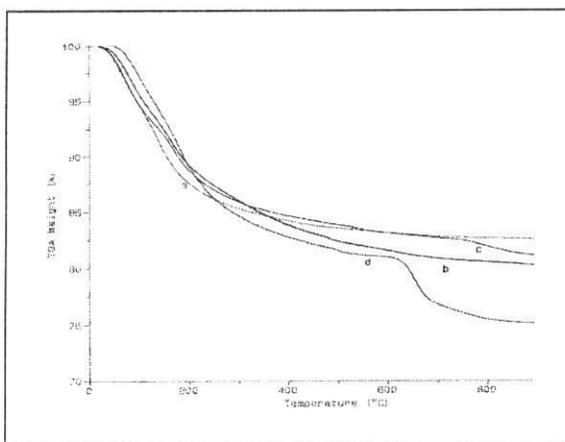


Figura 3. Termogramas de hidróxidos de circonio con 0, 1, 5, 10 % de sulfatados y sintetizados con amoníaco a pH=7: (a) 47/S0/ZrH; (b)46/S1/ZrH; (c) 45/S5/ZrH; (d) 48/S10/ZrH

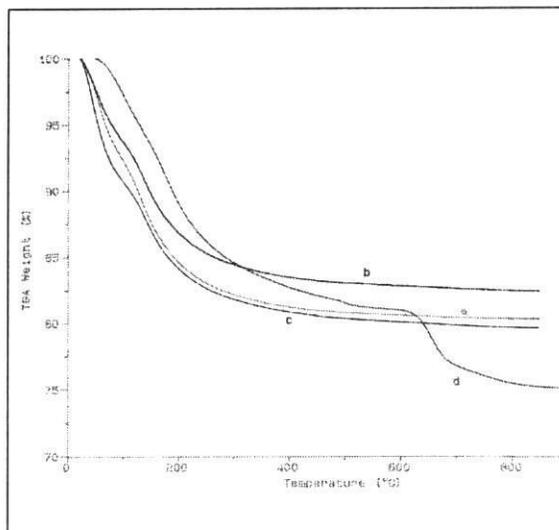


Figura 4. Termogramas de muestras de hidróxido de circonio sintetizadas con amoníaco a diferente pH: (a) 32/S5/ZrH, pH = 6; (b) 30/S10/ZrH, pH = 9 (c) 27/S10/ZrH, pH = 10 ; (d) 48/S10/ZrH, pH = 7

se define muy bien para la muestra 48/S10/ZrH tal como se observa en la curva (d).

En las muestras sintetizadas a pH diferentes de 7 (Figura4) no se observa la tercera región en la curva del TGA, lo cual indica que el sulfato no se adsorbió. Esto es importante porque permite fijar el valor de pH = 7 como un parámetro de síntesis.

### *Espectroscopía de infrarrojo*

El análisis de infrarrojo con transformadas de Fourier y por reflectancia difusa se realizó a la muestra 48/S10/ZrH y a dos muestras más, generadas a partir de su calcinación a 400 y 600°C.

Se puede concluir, por el valor de sus señales de IR y por comparación con datos de la literatura, que la naturaleza de los centros ácidos puede corresponder a un ligando sulfato bidentado coordinado a un ión metálico, pues estas señales están el rango de las reportadas por Yamaguchi<sup>9</sup> para el ión sulfato bidentado; también podría estar como ácido sulfúrico montado, de acuerdo con el equilibrio :

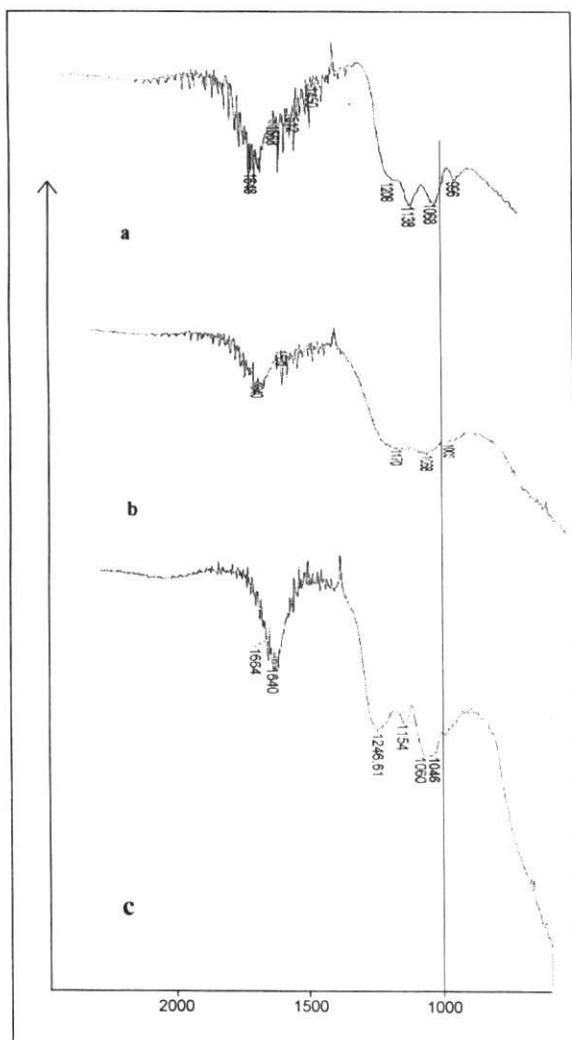


Figura 5. Espectros de infrarrojo por la técnica DRIFT para la muestra 48/S10/ZrH: (a) sin calcinar; (b) calcinada a 400°C; (c) calcinada a 600°C

$(\text{HSO}_4^-)_{\text{ads}} + (\text{H}_2\text{O})_{\text{ads}} \rightleftharpoons (\text{SO}_4^{2-})_{\text{ads}} + (\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{ads}}$ , como lo proponen Babou *et al*<sup>10</sup>. La Figura 4 se muestran los análisis de IR con DRIFT.

En la tabla 2 se muestran. las señales para la muestra 48/S10/ZrH obtenidas por IR (DRIFT), comparadas con los reportados por Babou, Akaratopoulou *et al*<sup>11</sup> para el sistema  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZrO}_2$  con 6% de sulfato.

#### Análisis de acidez total

Se midió la acidez total por el método de adsorción-desorción de amoníaco a varias muestras sulfatadas con y sin cationes dopantes y previamente calcinadas a 400, 500 ó 600°C.

Los resultados del análisis reportados en la Figura 4 muestran que:

1. La cantidad de amoníaco desorbido aumenta en general con el aumento en el contenido de  $\text{SO}_4^{2-}$  (observar las muestras 47, 45 y 48 con contenidos nominales de 0, 5 y 10 % de sulfato y calcinadas a las temperaturas indicadas).
2. Las muestras con  $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{Sb}^{5+}$  o  $\text{W}^{6+}$ , al mismo nivel de concentración y con la misma cantidad de sulfato nominal (10%), presentan un efecto supresor en la adsorción de amoníaco, dado que la cantidad de amoníaco adsorbido ( $\sim 150$  mmol/g para todas las muestras dopadas y calcinadas a 400 y 600°C) es inferior a la

Tabla 2 Señales para la muestra 48/S10/ZrH obtenidas por IR (DRIFT), comparadas con los reportados por la literatura para el sistema  $\text{SO}_4^{2-}/\text{ZrO}_2$  con 6% de sulfato.

Temperatura de calcinación, °C	Números de onda de muestra 48/S10/ZrH ( $\text{cm}^{-1}$ )	Números de onda según literatura (Akaratopoulou <i>et al</i> ) <sup>11</sup> ( $\text{cm}^{-1}$ )
sin calcinar	1208, 1140, 1064, 990	1207, 1136, 1053, 997
400	1170, 1068,	
600	1246, 1154, 1060, 1046, 1000	1229, 1153, 1043, 1000

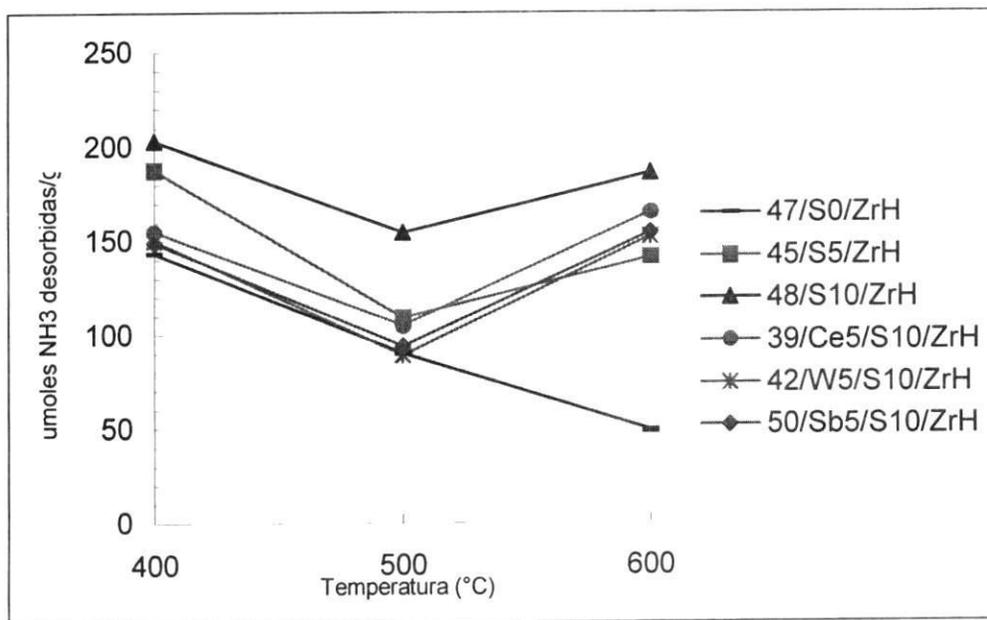


Figura 5. Variación del número de  $\mu$ moles totales de amoníaco/g de óxido, desorbidas entre 150 y 500°C para varias temperaturas de calcinación de la muestra original

de circonio sulfatado del 10% nominal sin catión dopante (muestra 48), con una adsorción de 203 mmol/g.

## CONCLUSIONES

El ión sulfato presente desde el inicio de la síntesis del hidróxido de circonio, aunque no se adsorba, afecta su cristalización, inhibiendo la aparición de la fase monoclinica para altos contenidos de sulfato, siendo muy evidente en los óxidos con un 10% de sulfato nominal.

En la precipitación con amoníaco el sulfato solo se adsorbe cuando el pH en el sistema es alrededor de 7. A pH menor o mayor de 7 se inhibe la retención del sulfato.

Por el método de coprecipitación del ión sulfato con amoníaco se puede controlar la cantidad de sulfato que se desea retener en la matriz del circonio y se logran valores altos del mismo, con

respecto a los valores que se obtienen por el método tradicional de impregnación.

El hidróxido de circonio dopado con cationes (Ce (IV), Sb (V) y W (VI)), retiene en su superficie un porcentaje relativamente alto de estos cationes. Se observa que ellos retardan más la transformación de la fase amorfa a compuestos cristalinos.

La acidez total de los óxidos sulfatados de circonio varía con el contenido de sulfato y tiende a disminuir al aumentar la temperatura de calcinación inicial del material. Los cationes al 5%, tienen una leve incidencia en la acidez, como lo demuestra la medida con el amoníaco y no parecen aumentar el número de sitios ácidos.

De los análisis de espectroscopía de infrarrojo en la muestra hidratada, se puede concluir que la naturaleza del sulfato en los óxidos de circonio corresponde a un sulfato bidentado, coordinado a un átomo metálico.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos la colaboración prestada por las instituciones siguientes: Colciencias, por el aporte económico (cod. 1115-05-601-93),

Instituto Colombiano del Petróleo y al departamento de Química de la Universidad de Antioquia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SATTERFIELD, Charles N. En: Heterogeneous catalysis in practice, 1980, New York, McGraw Hill, p 23.
2. TANABE, K. En: Solid acids and bases, New York, Academic Press. 1970.
3. Standard Methods for examination of water and wastewater. 16 edition Washington: American Public Health asociation.
4. CORMA, A., XIV Simposio Iberoamericano de catálisis. Actas, Vol 1, Sociedad chilena de química, Concepción. 1994, p. 1.
5. CORMA, Avelino.. XIV Simposio Iberoamericano de catálisis. Actas, Vol 1, Sociedad Chilena de química, Concepción, Chile. 1994, p. 843-849.
6. YAMAGUCHI, Tsutomu. Applied Catalysis. 1990, Vol 61, p. 1-25.
7. SRINIVASAN, Thomas. *et al.* Chemistryl Materials. 1995, Vol 7, p 725-730.
8. CLEARFIELD; A. *et al.* Catalysis Today. 1994, Vol 20, p. 295.
9. YAMAGUCHI, T. Applied Catalysis. 1990, Vol 61, p 1.
10. BABOU, F. *et al.* Journal of Catalysis. 1995, Vol 152, p 341-349.
11. AKRATOPOULOU, C.*et al.* XIV Simposio iberoamericano de catálisis. Actas, Vol 1, Sociedad chilena de química, Concepción, 1994, p. 837-841.

## NORMAS PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

1. Presentar trabajos inéditos de preferencia en español.
2. Los trabajos no pueden exceder de 30 páginas, tamaño carta a doble espacio.
3. Acompañar el artículo con un resumen (abstract) no mayor de 15 renglones tanto en español como en inglés, que sintetice su contenido.
4. Agradecemos la colaboración para la ambientación del artículo con el aporte de fotografías e ilustraciones con que se quiere acompañarlo, y los cuerpos de texto a resaltar.
5. Anexar los datos del autor: Nombre, número de fax o correo electrónico, nombre de la institución donde labora y curriculum breve, para reconocimiento de los créditos respectivos.
6. Entregar impresión del original y el disquete correspondiente en procesador de texto, compatible con Word de Microsoft.
7. Presentar las citas, referencias bibliográficas y hemerográficas al final del artículo bajo el siguiente formato:
  - a. Las referencias bibliográficas y notas deberán presentarse numeradas en la forma siguiente: apellido y nombre del autor, título de la obra en cursiva, edición, lugar de edición, editorial, año de edición y páginas de referencia. Ejemplo:

FOUCAULT, Michel. *Un diálogo sobre el poder*. Madrid. Alianza. 1981. P. 135
  - b. Presentar las referencias hemerográficas en el siguiente orden: Apellido y nombre del autor, título del artículo entre comillas, nombre de la revista o periódico en cursivas, volumen (sí lo hay), número, lugar de edición, fecha de publicación, páginas de referencia. Ejemplo:

SALCEDO, Salomón. "Política agrícola y maíz en México: hacia el libre comercio norteamericano"  
En: *Comercio Exterior*. Vol. 43 No. 4 México D.F. abril de 1993.
  - c. En caso de que las referencias bibliográficas o hemerografías tengan más de dos autores usar el formato siguiente: nombre del autor que aparezca en primer lugar, seguida de la expresión latina et - al (que significa "y otros") en cursivas y continuando con los formatos ya referidos para bibliografía y hemerografía.
8. Las notas de pie de página deberán contener solamente aclaraciones o complementos del trabajo que, sin afectar la continuidad del texto, aporten información adicional que el autor considere necesario incluir.
9. Si se desea resaltar palabras o frases en el texto, usar de referencia letra cursiva.
10. Cuando se empleen siglas o abreviaturas, anotar primero la equivalencia completa seguida de la sigla o abreviatura correspondiente entre paréntesis y en lo subsecuente escribir sólo la sigla o abreviatura respectiva.
11. La Revista recibe, revisa y envía los trabajos al dictamen del Comité Editorial, de cuyo criterio depende su publicación, con base en el concepto de evaluadores especializados.
12. Los originales se conservarán como parte del archivo de la Revista.
13. Al autor se le entregarán cuatro ejemplares de la Revista, en la cual aparece su artículo.
14. La recepción de un trabajo no implica obligación para su publicación, ni compromiso con respecto a su fecha de aparición.
15. Los juicios emitidos por los autores en los artículos son de su entera responsabilidad, en consecuencia no comprometen a la Universidad en general, ni a la Facultad de Ingeniería, ni al Comité Editorial.
16. La fecha límite de envío de trabajo para la edición No. 18 de REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA será el 15 de agosto de 1998.
17. Favor enviar la colaboración a:

REVISTA FACULTAD DE INGENIERIA  
Universidad de Antioquia  
Ciudad Universitaria, Bloque 21, Oficina 431. Medellín  
Tel: 210 55 30 Apartado Aéreo: 1226  
Correo Electrónico: Revista@nutibara.udea.edu.co

**ESPECIALIZACIONES EN:**  
**GESTIÓN DE SISTEMAS Y BASES DE DATOS**  
**TELEMÁTICA**  
**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**Inscripciones: Octubre 15 a diciembre 12 de 1998**  
**Iniciación de clases: Enero 19 de 1999**

**MAYOR INFORMACIÓN**  
**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Electrónica y Sistemas**  
**Bloque 21 Oficina 113 Tel: 210 55 80 - 210 55 81**  
**Fax: (94) 263 82 82 Apartado 1224 Medellín**

**ESPECIALIZACIONES EN:**  
**ALTA GERENCIA CON**  
**ÉNFASIS EN CALIDAD Y**  
**FINANZAS PREPARACIÓN Y**  
**EVALUACIÓN DE PROYECTOS**



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**Inscripciones: Octubre 1 a octubre 31 de 1998**

**Iniciación de clases: Enero 19 de 1999**

**MAYOR INFORMACIÓN**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería Industrial**

**Bloque 21 Oficina 113 Tel: 210 55 80 - 210 55 81**

**Fax: (94) 262 82 82 Apartado 1224 Medellín**

# FACULTAD DE INGENIERÍA

## DIPLOMAS EN EL ÁREA DE INFORMÁTICA

### DIPLOMA EN GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Algoritmos y Estructuras de Datos
- Administración de la Información
- Gestión Tecnológica y evaluación de proyectos
- Administración de las Bases de Datos (ORACLE)

**DURACIÓN:** 160 horas

### DIPLOMA EN GESTIÓN DE SISTEMAS ORIENTADOS A OBJETOS

- Programación orientada a objetos
- Algoritmos y Estructuras de Datos
- Ingeniería de Software
- Nuevas Tendencias en las Bases de Datos.

### DIPLOMA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

- Metodología para la formulación de proyectos
- Administración de la Información
- Ingeniería de Software
- Comunicación de Datos
- Programación Orientada a Objetos

**DURACIÓN:** 180 horas

### DIPLOMA EN OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE LA INFORMACIÓN

- Algoritmos y Estructuras de Datos
- Bases de Datos Relacional
- Sistemas Manejadores de Bases de Datos
- Administración de las Bases de Datos.

**DURACIÓN:** 165 horas

### DIPLOMA EN PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS

- Programación orientada a objetos
- Diseño de clases contenedoras (Algoritmos y Estructuras de Datos.
- Manejo de Estructuras de Datos bajo Windows
- Programación avanzada

Visual Basic - Visual C++

**DURACIÓN:** 160 HORAS

### DIPLOMA EN NUEVAS TENDENCIAS EN BASES DE DATOS

- Ingeniería de Software
- Nuevas tendencias en Bases de Datos
- Bases de Distribuidas
- Sistemas de Información Geográfica

**DURACIÓN:** 165 horas

### DIPLOMA EN BASES DE DATOS AVANZADAS

- Bases de Datos Relacionales
- Nuevas Tendencias en Bases de Datos
- Bases de Datos en ambientes distribuidos
- Data Warehouse

**DURACIÓN:** 165 horas

### DIPLOMA EN GESTIÓN AVANZADA DE LA INFORMACIÓN

- Sistemas Manejadores de Bases de Datos
- Nuevas Tendencias en Bases de Datos
- Bases de Datos en un Ambiente Distribuido
- Data Warehouse.

**DURACIÓN:** 165 horas

INFORMES  
CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA  
Bloque 21 Oficina 136  
Teléfonos 2105515 - 2105517 Telefax 2105518  
e-mail: ceset@nutibara.udea.edu.co

## DIPLOMAS EN ADMINISTRACIÓN PARA INGENIEROS

### 1. DIPLOMA EN FUNDAMENTOS DE LA GERENCIA PARA INGENIEROS

**OBJETIVO:** Ofrecer a los ingenieros las herramientas gerenciales básicas que les permitan su formación y práctica administrativa y habilitarse para estudios posteriores en esta área.

- 1 Los modelos administrativos (35 Horas)
- 2 Finanzas (45 horas)
- 3 Gestión Tecnológica I (35 horas)
- 4 Aseguramiento de la calidad (Normas ISO 9000, ISO 14000) (45 horas)

Duración: 160 horas

### 2. DIPLOMA EN FUNDAMENTOS DEL ORDENAMIENTO INTERNACIONAL PARA INGENIEROS

**OBJETIVO:** Ubicar a los ingenieros en las realidades de la globalización y de la internacionalización para que puedan incursionar con sus profesiones en este ambiente y además fundamentar estudios avanzados de la Gerencia de la Informática.

- 1 Gestión Tecnológica III (Negociación) (35 horas)
- 2 Gerencia de la comercialización (35 horas)
- 3 Economía Internacional (45 horas)
- 4 Negocios Internacionales (45 horas)

Duración: 160 horas

### 3. DIPLOMA EN GESTION TECNOLÓGICA

**OBJETIVO:** Brindar a los profesionales los conocimientos e instrumentos básicos para el estudio, evaluación, aplicación y negociación de la tecnología.

1. Gestión Tecnológica I. (45 horas)
2. Gestión tecnológica II (45 horas)
3. Gestión tecnológica III (35 horas)
4. Aseguramiento de la Calidad (Normas ISO 9000, ISO 14000) (45 horas)

Duración: 170 horas

### 4. DIPLOMA EN GERENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD PARA INGENIEROS

**OBJETIVO:** Introducir a los ingenieros en los conceptos e instrumentos de las técnicas de apoyo a la calidad y la productividad.

- 1 Los Modelos Administrativos (40 horas)
- 2 La Gestión Fundamentada en los Procesos (30 horas)
- 3 Aseguramiento de la calidad (Normas ISO 9000, ISO 14000) (45 horas)
- 4 Proceso de Certificación (45 horas)

Duración: 160 horas

### 5. DIPLOMA EN SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTOS

**OBJETIVO:** Ofrecer los conceptos y técnicas básicas, que utiliza la inteligencia artificial, para respaldar la búsqueda de soluciones computacionales a problemas complejos con base en conocimientos, que se encuentren o no formalizados.

- 1 Modelos de Representación de Conocimientos (40 horas)
- 2 Métodos de Solución a Problemas (40 horas)
- 3 Sistemas Expertos, Ingeniería de Conocimiento, y Aprendizaje (40 horas)
- 4 Sistemas Basados en Casos (40 horas)

Duración: 160 horas

### 6. DIPLOMA DE NEGOCIOS INTERNACIONALES

1. Gestión Tecnológica III (35 horas)
2. Negocios Internacionales (45 horas)
3. Técnicas de Negociación I (Tipos y estrategias de Negociación) (45 horas)
4. Técnicas de Negociación II (Planificación y conducción de la negociación) (45 horas)

Duración: 170 horas

NOTA: Los diplomas 1,2 y 3 se pueden considerar como la prueba de admisión para la Especialización en GERENCIA DE LA INFORMÁTICA que ofreceremos posteriormente.

PARA RESERVAR SU CUPO LE SOLICITAMOS HACER PREINSCRIPCIÓN TELEFÓNICA EN EL CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA. TELÉFONOS 2105517, 2105548 TELEFAX 2105518

# CIA

**CENTRO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES Y DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**SERVICIOS EN INVESTIGACIÓN ASESORÍA Y CONSULTORÍA**

- Control de calidad de aguas
- Estudios de suelos, Sedimentos, Lodos y desechos sólidos
- Estudios hidrológicos
- Control de calidad del aire en ambientes internos y externos
- Análisis en muestras biológicas de alimentos
- Estudios de declaración y evaluación del impacto ambiental
- Planificación y ordenamiento del territorio
- Planes de desarrollo
- Estudios de optimización de procesos, ahorro de energía y reutilización de desechos



**CIUDAD UNIVERSITARIA Calle 67 No. 53 - 108**  
**Facultad de Ingeniería - Bloque 21 Oficina 103**  
**Teléfonos: 210 55 10 - 210 55 09**

# CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

•Somos un Centro especializado en educación continuada, actualización y capacitación en los diferentes temas relacionados con la ingeniería y sus áreas afines.

•Nos preocupamos por llevar a nuestro público programas de extensión, en la modalidad de cursos, seminarios, foros, talleres y eventos similares, dirigidos preferiblemente a personas con formación superior.

•Adelantamos programas de proyección de la Facultad de ingeniería a través de convenios institucionales y de relaciones con el sector productivo.

•Organizamos seminarios, congresos, diplomados y cursos de actualización según las necesidades de Empresas o Instituciones de la región o del país.

## CURSOS PROGRAMADOS PARA EL SEGUNDO SEMESTRE DE 1998

### DIPLOMA EN SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTOS

Fecha de inicio: Julio 5 de 1998

Duración: 160 horas

### DIPLOMA EN GERENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD PARA INGENIEROS

Fecha de inicio: Agosto 3 de 1998

Duración: 160 horas

### DIPLOMA EN FINANZAS

Fecha de inicio: Agosto 31 de 1998

Duración: 160 horas

### CURSO MATEMÁTICAS FINANCIERAS PARA NO FINANCIEROS

Fecha de Inicio: 18 de agosto

Duración: 68 horas

### CURSO COMBUSTIÓN DEL GAS NATURAL

15 de julio al 5 de agosto de 1998

Duración: 30 horas

### CURSO FUNDAMENTOS DE LA PROTECCIÓN CON PINTURAS ANTICORROSIVAS

10 al 14 de agosto de 1998

Duración: 40 horas

### CURSO AUTOCAD

Fecha: Por definir

Duración: 60 horas

### CURSO DISEÑO DIGITAL CON ARREGLOS LÓGICOS PROGRAMABLES

Fecha: Por definir

Duración: 21 horas

#### INFORMES

#### CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA

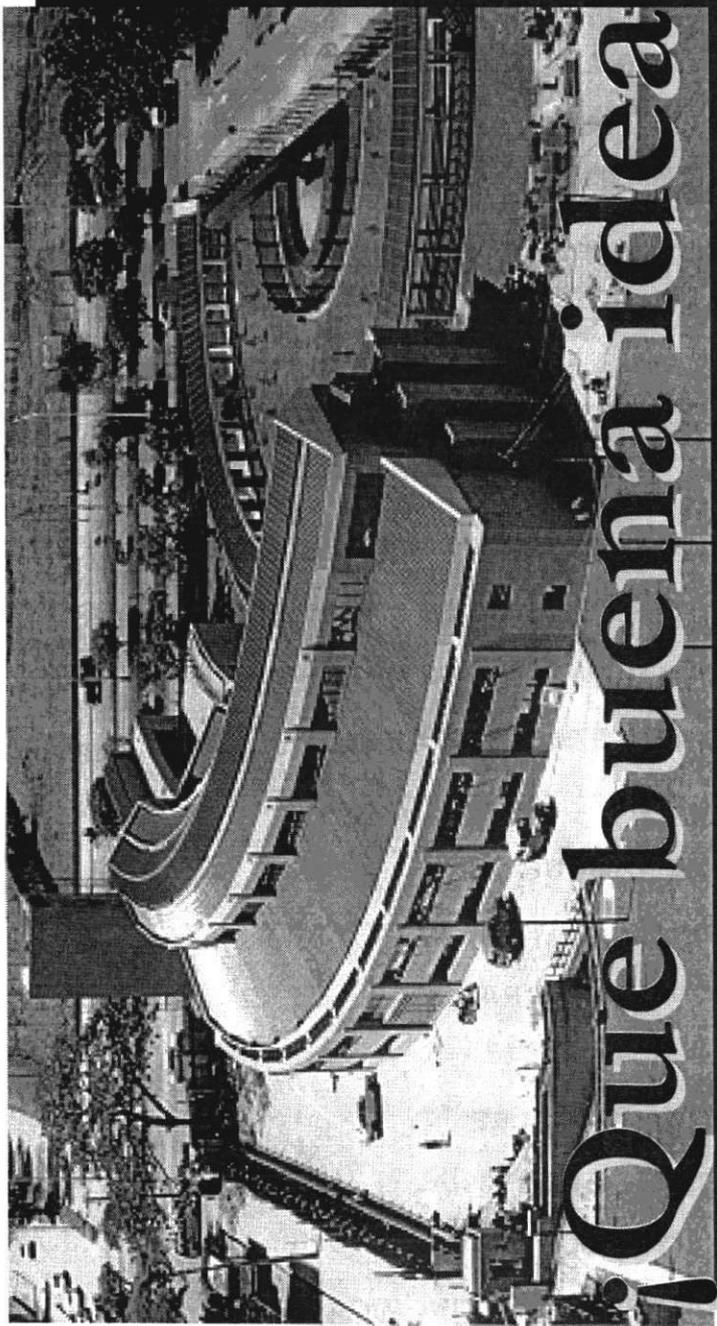
Bloque 21 Oficina 136

Teléfonos 2105515 - 2105517 Telefax 2105518

e-mail: ceset@jaibana.udea.edu.co

**IDEA**  
INSTITUTO PARA EL DESARROLLO DE ANTIOQUIA

FINANCIA Y ASESORA PROYECTOS QUE PROMUEVAN  
EL PROGRESO DE LOS MUNICIPIOS ANTIOQUEÑOS



**¡Que buena idea  
..... el desarrollo!**



ANTIOQUIA NOS UNE

# IEB

Ingeniería Especializada S.A.

## CONSULTORES INGENIERÍA Y ECONOMÍA

- DISEÑO E INTERVENTORÍA DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS
- DISEÑO E INTERVENTORÍA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN
- DISEÑO E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES
- DISEÑO DE REDES ELÉCTRICAS
- ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA
- ESTUDIOS DE ARMÓNICOS
- PLANEACIÓN DE SISTEMAS ELÉCTRICOS
- PROTECCIÓN CONTRA RAYOS
- ASESORÍA INDUSTRIAL
- MONTAJES INDUSTRIALES
- CAPACITACIÓN DE PERSONAL
- DESARROLLO DE SOFTWARE
- EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE PROYECTOS
- ESTUDIOS DE USO RACIONAL DE LA ENERGÍA
- PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO DE SUBESTACIONES Y LÍNEAS

CRA. 42 No. 72 - 11 ITAGÜÍ, EDIFICIO CAPICENTRO OFICINA 205  
TEL: 373 67 77 - FAX: 372 32 71 A.A. 67860 MED.  
Email: [ieb@epm.net.co](mailto:ieb@epm.net.co)

# REVISTA FACULTAD DE INGENIERIA CUPON DE SUSCRIPCION

Suscripción y factura a nombre de: \_\_\_\_\_

Dirección de envío: \_\_\_\_\_

Tel. \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Residencia: \_\_\_\_\_ Oficina: \_\_\_\_\_

Ciudad: \_\_\_\_\_ País: \_\_\_\_\_

Suscripción a partir del número \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_

Cheque N° \_\_\_\_\_ Banco: \_\_\_\_\_ Ciudad: \_\_\_\_\_

Efectivo: \_\_\_\_\_

## Valor de la suscripción (4 números):

- |                  |           |
|------------------|-----------|
| * Colombia ..... | \$ 14.000 |
| * Exterior ..... | US \$ 50  |

## IMPORTANTE:

Todo pago se hace a nombre de: Universidad de Antioquia - CIA -, Centro de Costo 8703.

Para su comodidad, usted puede cancelar en cheque y enviarlo al A.A. 1226 o consignar el valor de la suscripción en la Cuenta Nacional N° 180-01077-9 del Banco Popular, en cualquier oficina del país, a nombre de la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA -CIA-, Centro de Costo 8703.

Si usted paga por este sistema, debe sacar una fotocopia del recibo de consignación y enviarla junto con la suscripción.

NOTA: Los precios en dólares incluyen el valor del correo y la transferencia.

. La fecha límite de entrega de artículos para el próximonúmero, será el 15 de agosto de 1998

*Esta Revista se terminó de imprimir  
en el mes de junio de 1998,  
en los talleres gráficos de la  
**Empresa Cooperativa de Impresores  
de Artes Gráficas de Antioquia***

**COIMPRESOS**

*Calle 48 No. 41 - 18  
Tel: 239 39 55 Fax: 239 54 75  
E-mail: [cooimpresos@yahoo.com](mailto:cooimpresos@yahoo.com)  
Medellín - Colombia*