

# Efecto del escalamiento a 10 kg del catalizador Al/Fe-PILC sobre sus propiedades fisicoquímicas y catalíticas en la degradación de fenol

**Helir Joseph Muñoz<sup>a</sup>, Carolina Blanco<sup>b</sup>, José Herney Ramírez<sup>c</sup>, Arsenio Hidalgo<sup>d</sup>, Luis Alejandro Galeano<sup>a\*</sup>**

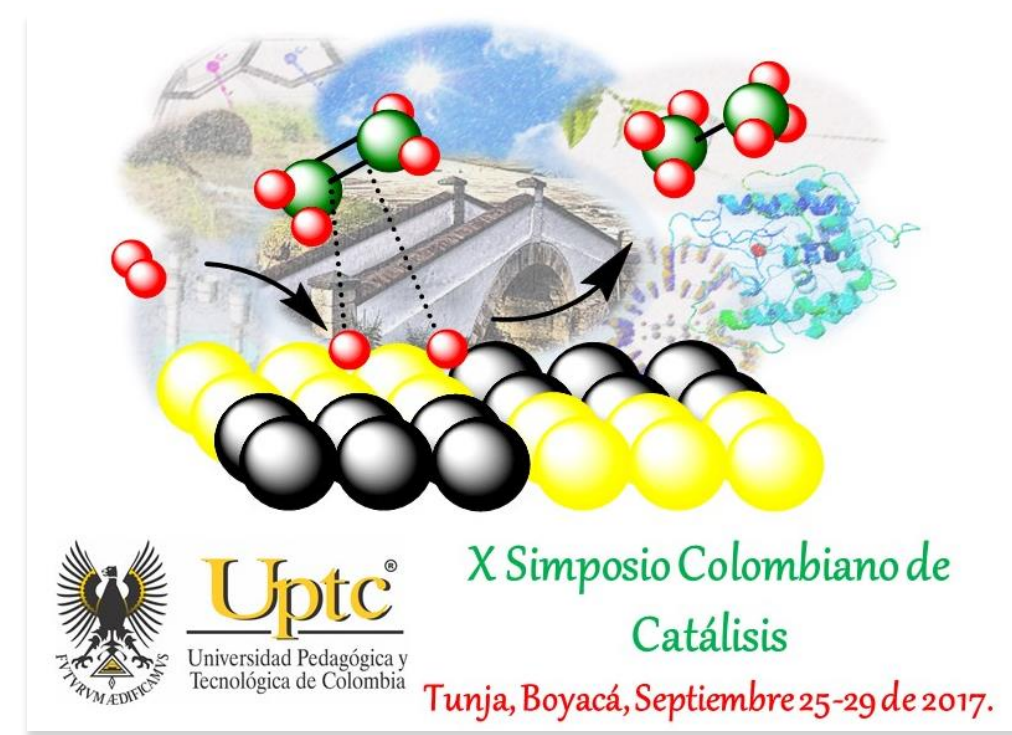
<sup>a</sup> Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis, Universidad de Nariño, 52001 Pasto, Colombia.

<sup>b</sup> Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, 11001 Bogotá D.C., Colombia.

<sup>c</sup> Grupo de Investigación en Materiales, Catálisis y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, 11001 Bogotá D.C., Colombia

<sup>d</sup> Centro de Estudios y Asesoría en Estadística CEASE, Universidad de Nariño, 52001 Pasto Colombia.

\* [alejandrogaleano@udenar.edu.co](mailto:alejandrogaleano@udenar.edu.co)



Introducción

Metodología

Resultados y discusión

Conclusiones

Durante la última década diferentes estudios han demostrado que las arcillas pilarizadas con el sistema mixto Al/Fe presentan una excelente respuesta catalítica en la degradación de compuestos orgánicos tóxicos disueltos en agua mediante Peroxidación Catalítica en Fase Húmeda (PCFH) [1-3]. Sin embargo, la implementación de esta tecnología en la descontaminación de aguas a escala real depende fuertemente de la preparación reproducible del catalizador a mayor escala, sin una pérdida significativa de sus propiedades tanto fisicoquímicas como catalíticas. Este trabajo tiene como objetivo principal determinar el efecto de la preparación del catalizador Al/Fe-PILC en tres diferentes escalas y concentración de sus precursores.

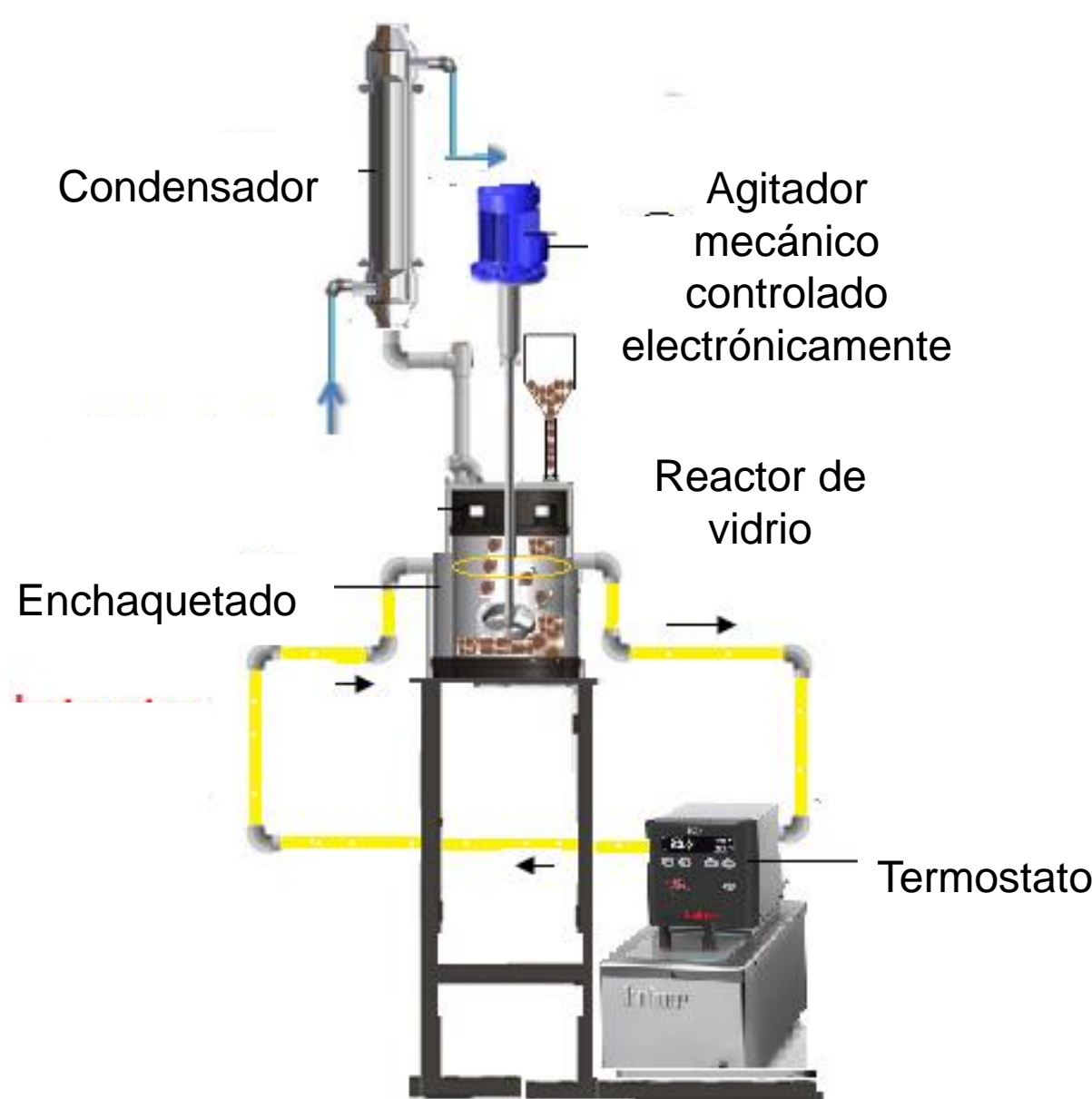


Figura 1. Montaje de preparación de arcilla pilarizada escala 1,2 kg.

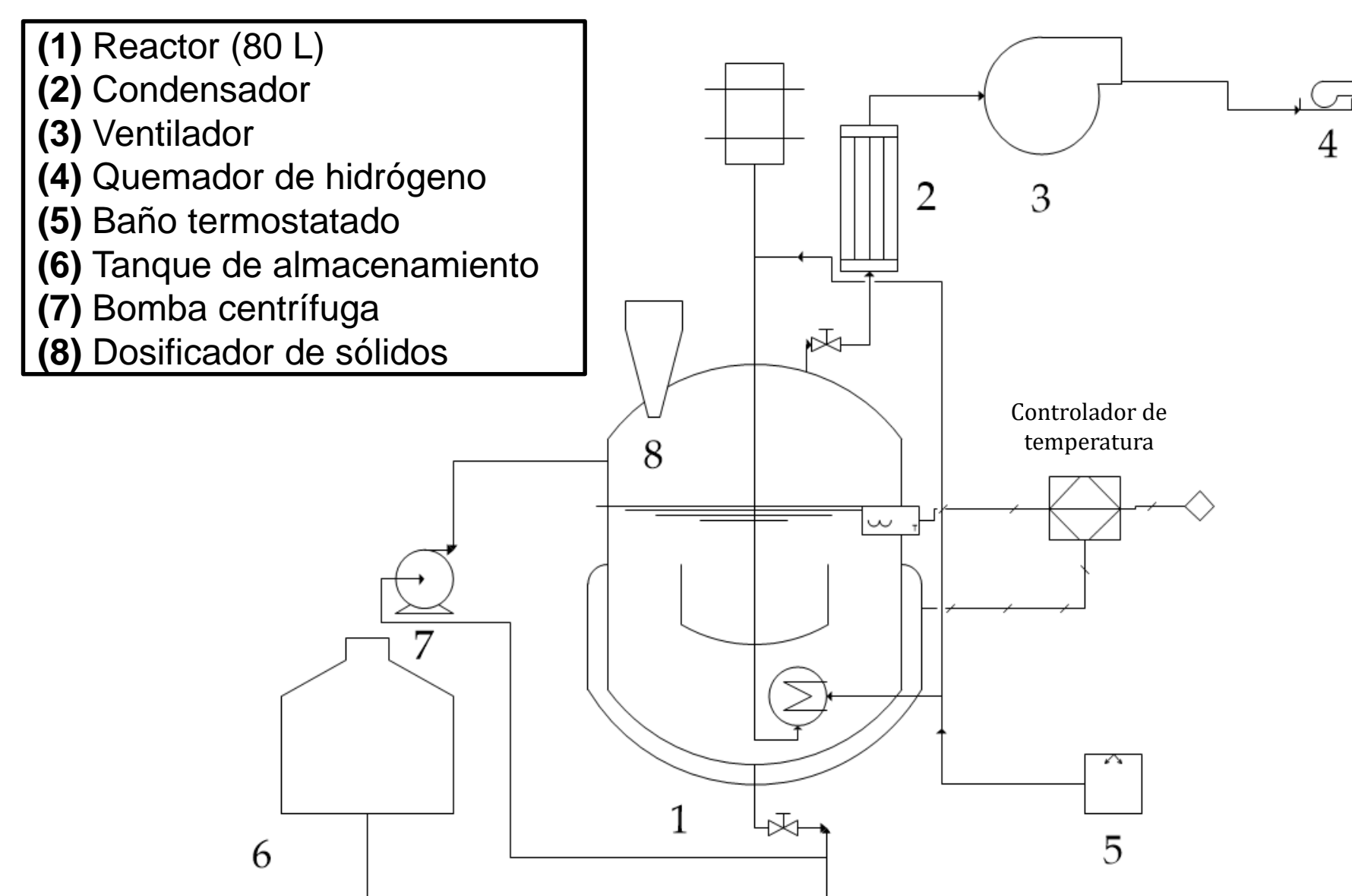


Figura 2. Diseño del sistema usado en la preparación de arcilla pilarizada escala 10 kg.

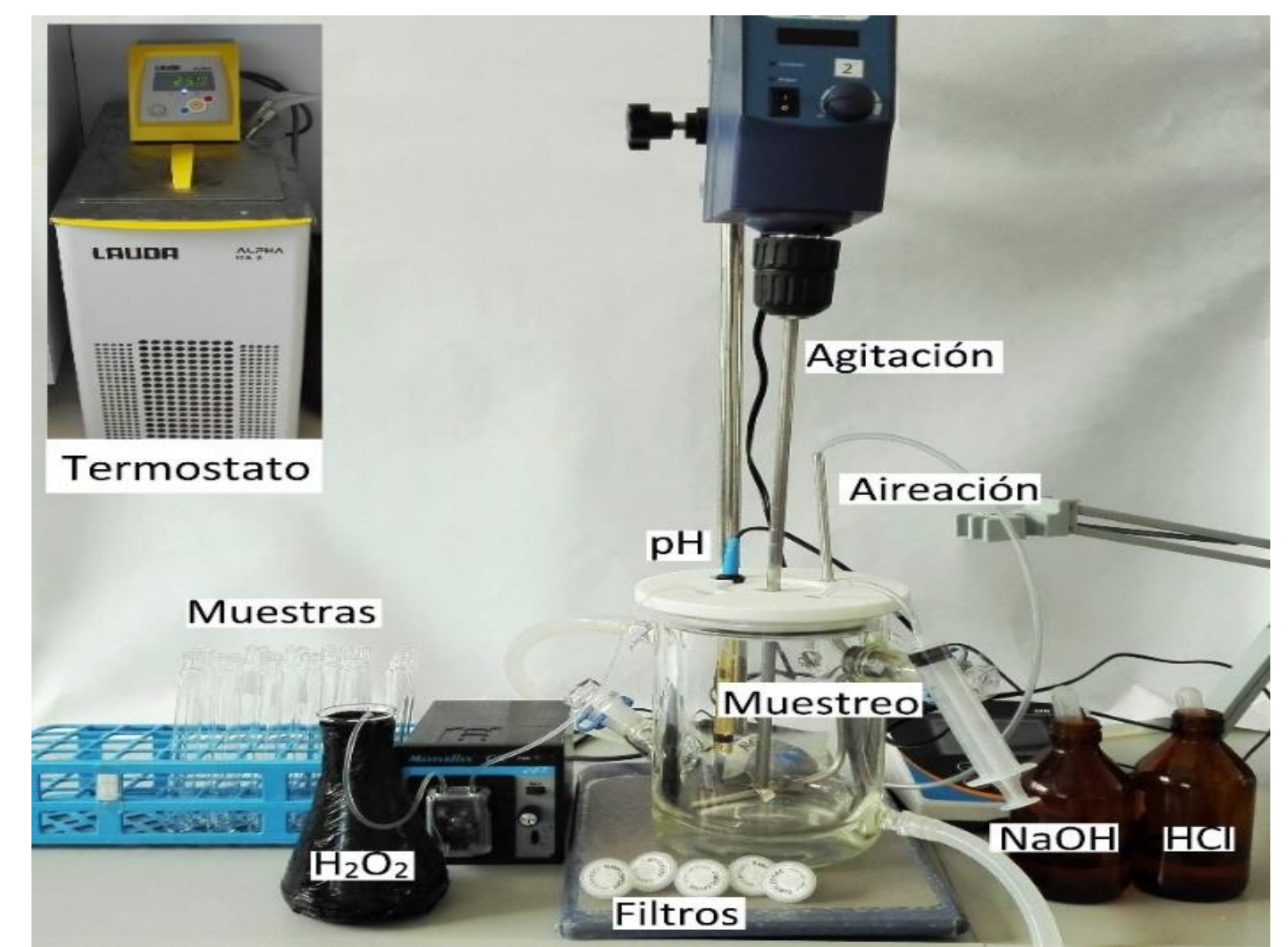


Figura 3. Montaje empleado en los ensayos catalíticos.

Tabla 1. Condiciones de preparación de catalizadores

Cantidad Al/Fe-PILC (g)	Condiciones de preparación de catalizadores				
	RAN <sub>Fe</sub> (%)	CTM <sub>f</sub> (mol/L)	RH (OH/Al +Fe)	Carga de pilares (meq. M <sup>3+</sup> /g arcilla)	Al <sup>3+</sup> /Al <sup>0</sup>
15,0	5,0	0,06	2,4	20	-----
10,0; 1,5 * 10 <sup>3</sup> y 1,0 * 10 <sup>4</sup>	5,0	5,00	2,6	20	14/86

Optimización multirespuesta Normalizada en una función de deseabilidad (1\*10<sup>4</sup> g Al/Fe-PILC)

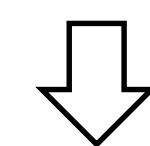


Tabla 2. Contenido de Fe incorporado, espaciado basal y propiedades texturales de las arcillas de partida y pilarizadas

Muestra	Condiciones de tratamiento	*Fe <sub>incorporado</sub> (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) (% p/p)	d <sub>001</sub> (Å)	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	V <sub>μp</sub> (cm <sup>3</sup> /g)
r	Refinada laboratorio	No aplica	15,0	100	0,024
R	Refinada bench	No aplica	14,0	60	0,006
RI	Refinada Industrial	No aplica	15,9	96	0,012
rLD	Al/Fe-PILC lab-diluido	2,38	17,4	194	0,063
RLC	Al/Fe-PILC lab-concentrado	2,57	18,3	198	0,066
RBC	Al/Fe-PILC bench-concentrado	1,08	17,7	169	0,050
RPC	Al/Fe-PILC piloto-concentrado	3,14	17,1	147	0,040

Tabla 3. Diseño experimental empleado para optimizar los principales parámetros de PCFH catalizador a 10 kg. (Central compuesto, 10 experimentos)

Variables experimentales	Rango experimental	Covariables	Rango experimental
Dosis de peróxido [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>d</sub> (% estequiométrico)	53,70-71,30	Concentración inicial PhO TOC (mg C/L)	5,8 - 14,9
Concentración de catalizador (RIPC) (g/L)	4,39-11,39	Temperatura de reacción (°C)	6,1 - 23,3
-----	-----	pH	6,7 - 8,9
Respuestas			
Mineralización de PhO (% COT/g catalizador)			
[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>f</sub> (espectrofotométrico: Método metavanadato, λ = 444 nm)			
Degradación de PhO (HPLC) (%/g catalizador)			

Tabla 4. Valor p obtenido en el diseño experimental

Términos	Mineralización	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>f</sub>	Degradación de PhO
	p valor	p valor	p valor
A: [H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] <sub>d</sub> (%)	0,2095	0,0569	0,3098
B: [RIPC] (g/L)	<b>0,0032</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0007</b>
AA	-	-	0,3225
AB	-	-	-
BB	0,0101	0,0133	0,143

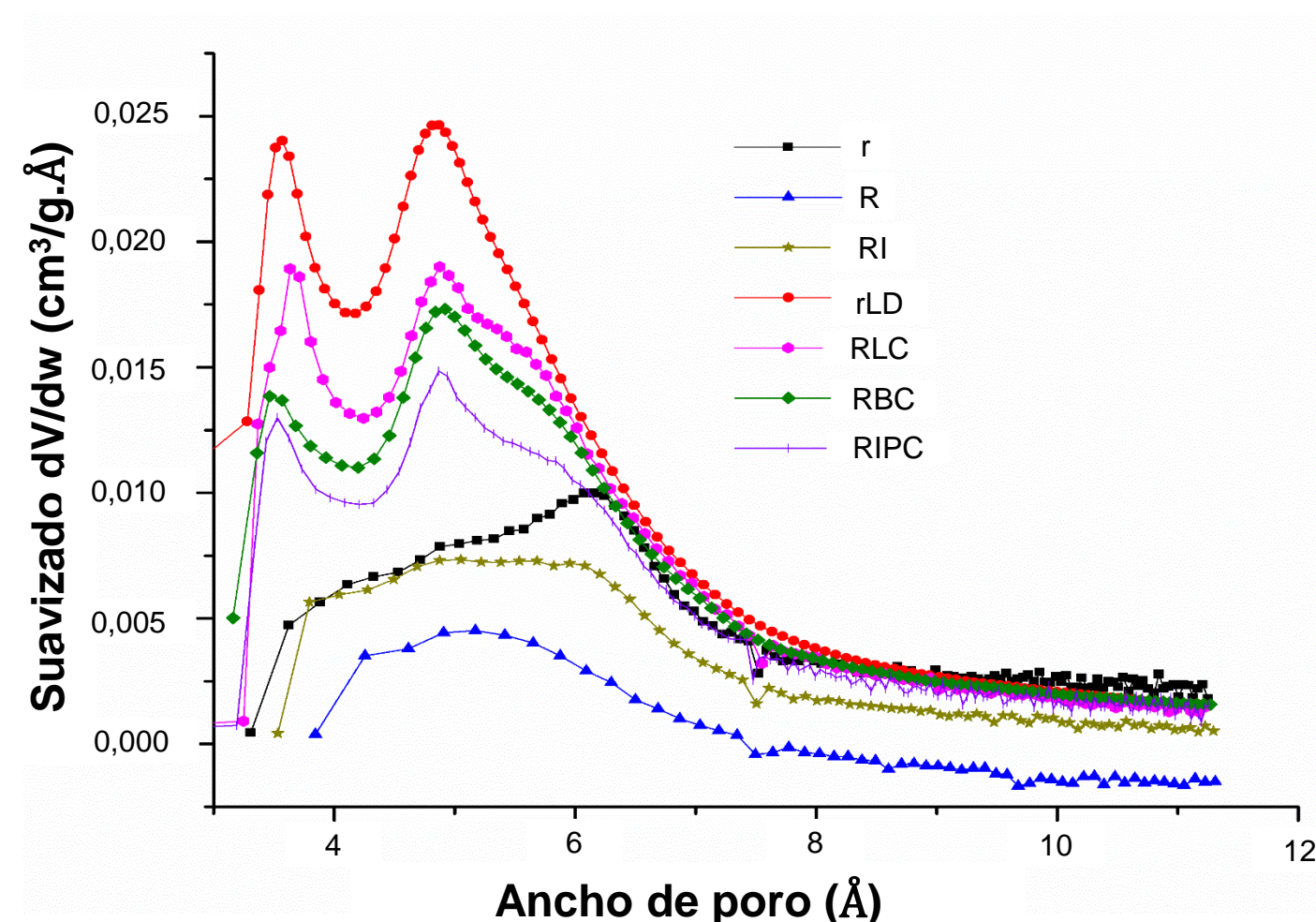


Figura 4. Distribuciones de tamaños de microporos, análisis por el método de Horvath y Kawazoe de las arcillas de partida y pilarizadas

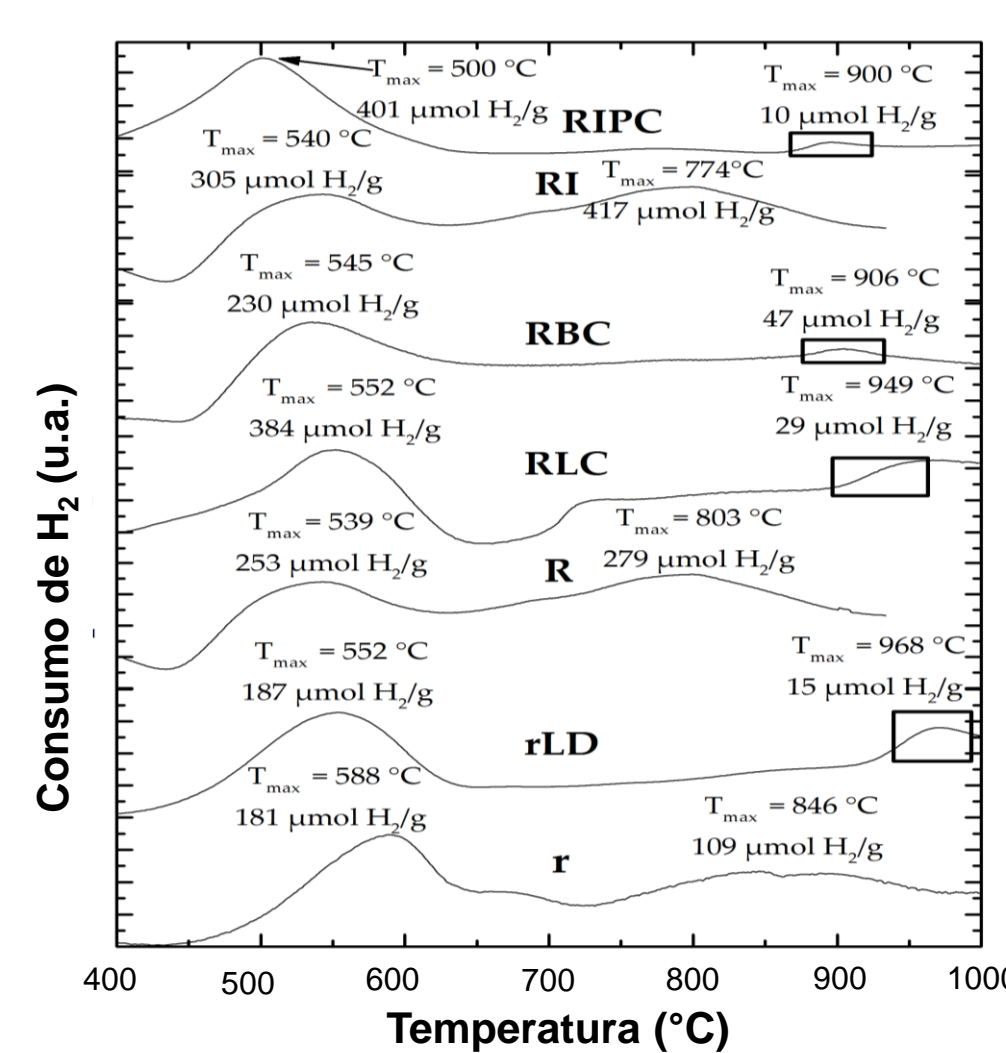


Figura 5. Diagramas TPR-H<sub>2</sub> de arcillas de partida y pilarizadas

La nueva metodología empleada permitió preparar catalizadores tipo Al/Fe-PILCs desde un precursor intercalante altamente concentrado (80 veces más de lo habitual), logrando una significativa intensificación de una de las etapas críticas que involucra la preparación de estos catalizadores, haciendo más factible su escalamiento.

La preparación de catalizador mostró una variación estadísticamente significativa sobre el rendimiento catalítico en la PCFH de fenol, en términos de: mineralización de TOC, moles de peróxido que reaccionaron y degradación de fenol, simultáneamente.

## Agradecimientos

Se agradece especialmente soporte financiero del proyecto Agua Potable Nariño - SGR (BPIN 2014000100020). GP agradece la beca de maestría concedida por el Departamento de Nariño.

## Referencias

- Khankhasaeva S, Dambuva D, Dashinamzhilova E, Gil A, Vicente M, Timofeeva M. *J. Hazard. Mater.*, 293 (2015), 21-29
- Catrinescu C, Arsene D, Teodosiu C. *Appl. Catal B-Environ.*, 101 (2011), 451-460
- Galeano L.A, Bravo P. Luna C, Vicente M, Gil A. *Appl. Catal B-Environ.*, (2012), 527-535.

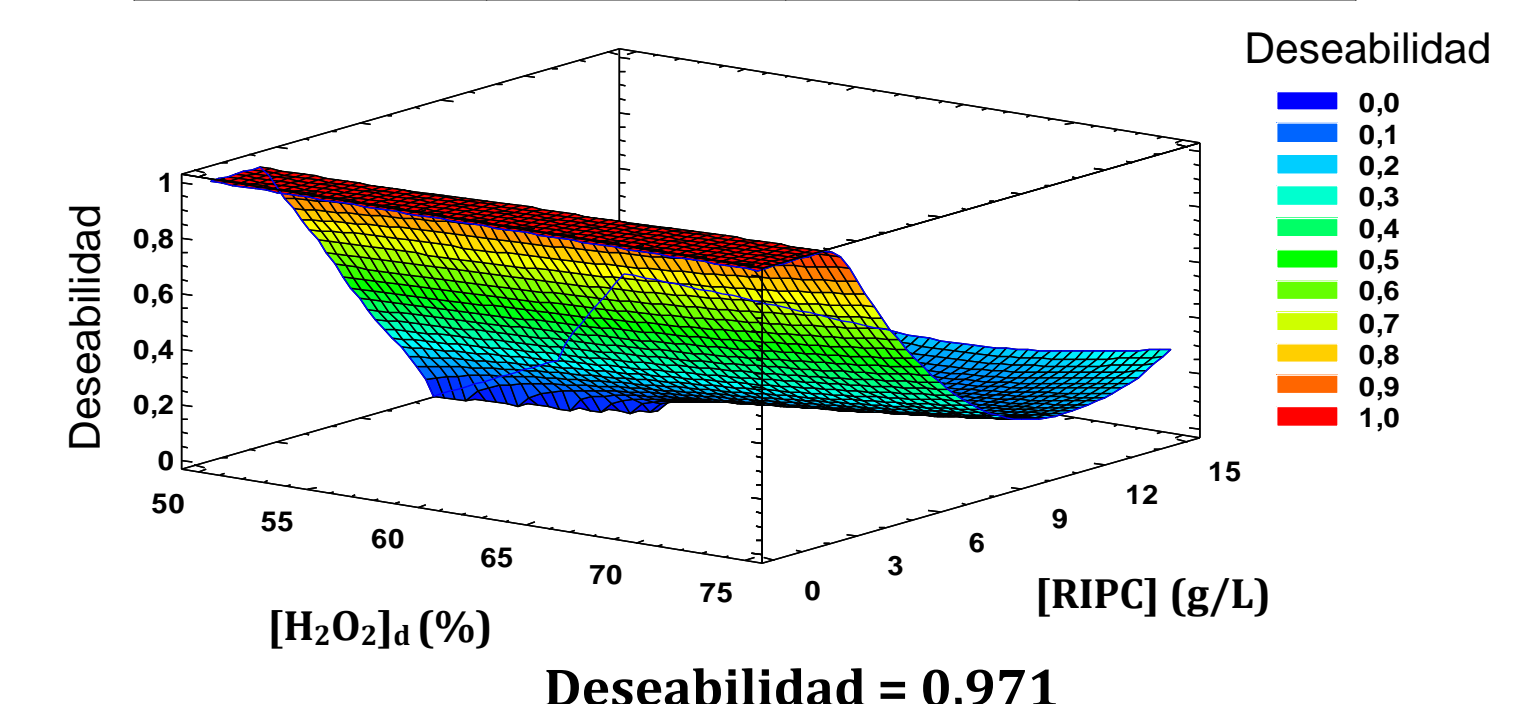


Figura 6. Superficie de respuesta multirespuesta

Deseabilidad = 0,971