

# SOLAR SAFE WATER

Puerto Iguazú – República Argentina, Octubre 2005

## *Tratamiento Fotocatalítico de Aguas Residuales Industriales Empleando Luz UV y Energía Solar*

*Gloria Restrepo*

*Luis A. Rios, Juan M. Marin, Juan F. Montoya*



*Procesos  
Fisicoquímicos  
Aplicados*



*Universidad  
de Antioquia  
1803*

**Contextualización**

**Objetivos**

**Desarrollo Experimental**

**Soporte, fotorreactor**

**Evaluación fotocatalítica**

**Conclusiones**

# Contextualización: Valle de Aburrá

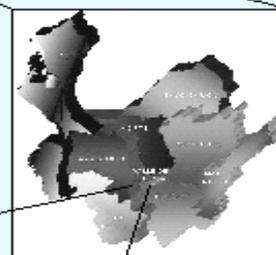


Sur América



Colombia

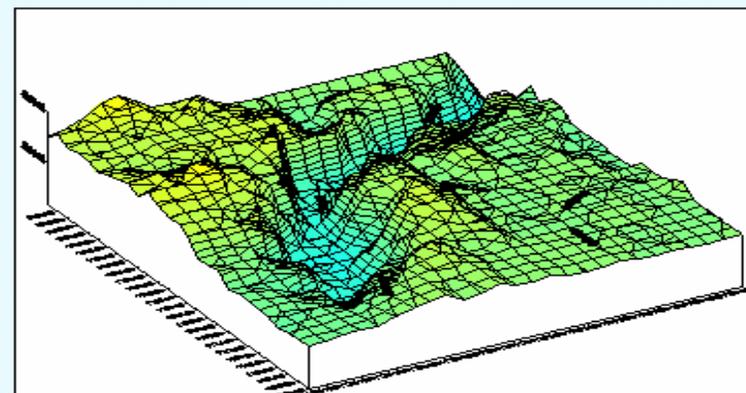
Altitud: 1538 msnm  
Latitud: 5°25' - 8°55' Noroeste  
Longitud: 73°53' - 77° 07'  
Temperatura media: 22°C.



Antioquia



Valle de Aburrá





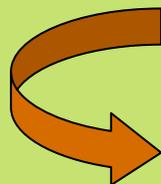
## Lineas de Producción:

- Recubrimientos
- Poliéster Insaturado
- Adhesivos
- Aditivos para Termoplásticos
- Dispersantes
- Tintas
- Ácido Fumárico
- Ligantes
- Pigmentos
- Espesantes
- Acrílicos

## Propiedades fisicoquímicas del efluente

Propiedad	Valor
PH	6,5
DQO	835,46 mg/L
DBO <sub>5</sub>	180 mg/L
Sólidos Totales	523 mg /L
Sólidos Suspendidos	57 mg/L
Grasas y Aceites	6,7 mg/L
Nitrógeno total	1,0 mg /L
Nitrógeno amoniacal	0,24 mg/L

## *Objetivo General*



*Evaluar y comparar la eficiencia de dos sistemas fotorreaccionantes, en la oxidación fotocatalítica de contaminantes presentes en un efluente industrial de una empresa productora de químicos localizada en el Valle de Aburrá.*

# Objetivos

*Sistema  
fotorreaccionante  
con lámpara UV*

*Sistema  
fotorreaccionante  
con luz solar*

**Efluente  
a degradar**

- **Fotocatalizador (TiO<sub>2</sub>) en suspensión**
- **Pretratamientos**
- **Tipo de agente oxidante**
- **Variables: caudal, volumen, etc.**
- **Postratamientos**

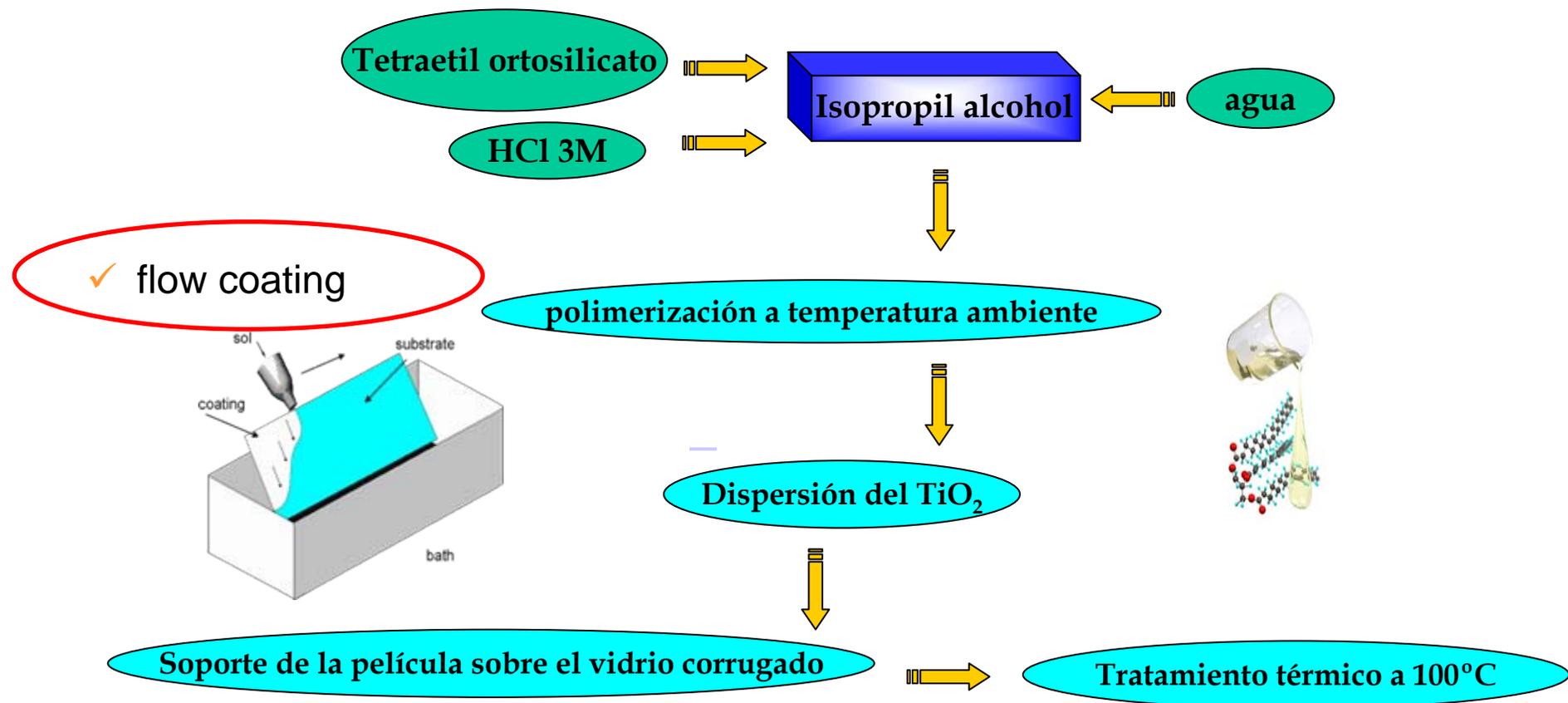
- **Fotocatalizador soportado**
- **Pretratamientos**
- **Tipo de agente oxidante**
- **Fotorreactor**
- **Variables: caudal, volumen, etc.**
- **Postratamientos**

- ❖ *Soportar  $TiO_2$  sobre vidrio borosilicato corrugado, para obtener películas estables, resistentes, uniformes, inertes en el medio y fotoactivas en presencia de luz UV-A*
- ❖ *Construir un fotorreactor que incluya la fase activa  $TiO_2$ -vidrio y esté adaptado a los requerimientos de la zona geográfica del Valle de Aburrá-Colombia*
- ❖ *Evaluar la actividad fotocatalítica de los reactores solar y de lámpara UV en la degradación de contaminantes presentes en el efluente de una industria local siguiendo como parámetros la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).*



- ❖ *Obtener una reducción de al menos 35% en la DQO para el efluente al final del tratamiento y una relación DBO/DQO de modo que sea posible implementar un tratamiento biológico posterior.*
- ❖ *Estudiar la incidencia de variables como la cantidad de  $TiO_2$  y de  $H_2O_2$  en el proceso, para establecer sus valores óptimos para escalar el sistema a nivel industrial.*

# Desarrollo experimental: el soporte



## Pruebas físicas

**Abrasión: papel, algodón, lana**

**Erosión: flujos altos de agua, tiempos prolongados**

**Lavados: ácidos inorgánicos, mezclas agua/alcoholes**

**Sonicación en mezclas agua/alcohol**

*La técnica sol-gel combinada con el flow coating es un buen método para obtener y depositar  $\text{TiO}_2$  sobre vidrio, produciendo recubrimientos estables, activos y resistentes a las condiciones de operación.*

# Desarrollo experimental: evaluación fotocatalítica

Muestreo  
Acondicionamiento  
pretratamientos



Dispersión del  $\text{TiO}_2$



Tiempo de  
Inducción del proceso



Tratamiento fotocatalítico



Muestreo



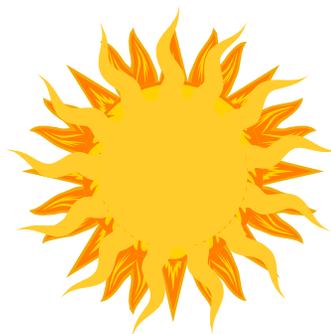
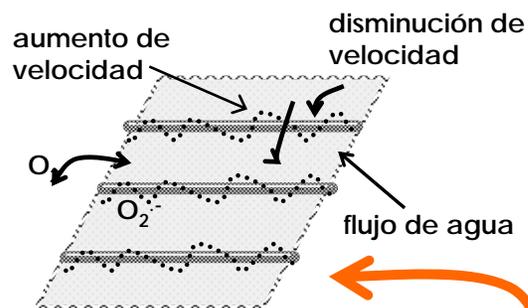
Análisis



Lámpara de Mercurio  
Potencia = 62,4 W  
Capacidad del reactor = 7 L

$Q = 0,1538 \text{ L/min}$   
 $V = 14 \text{ L}$   
 $T_{\text{prom}} = 24^\circ\text{C}$   
 $\text{pH} \cong 6,5$

# Desarrollo experimental: concepción del fotorreactor

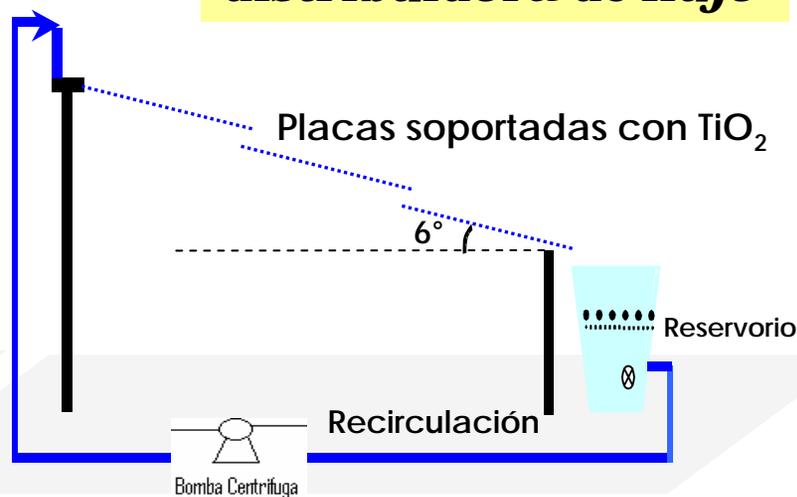
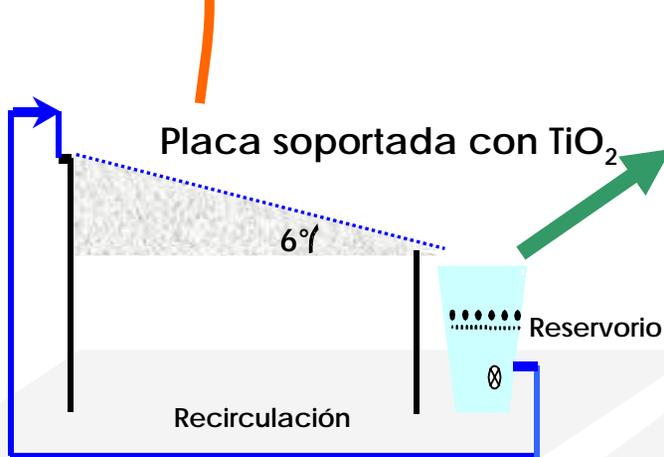


✓ **Placa individual plana y corrugada:  $0,12 \text{ m}^2$**

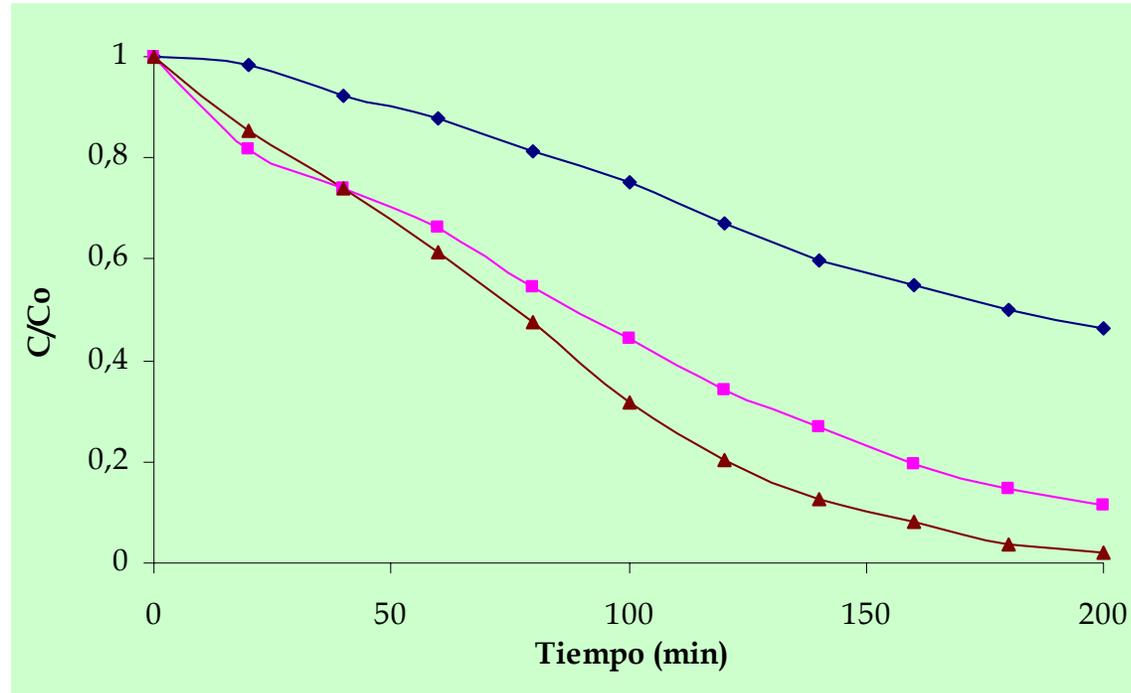
✓  **$TiO_2$  soportado:  $0,255 \text{ mg/cm}^2$**

✓ **Separación entre placas: 2 cm (caída en altura)**

✓ **Posee placa distribuidora de flujo**

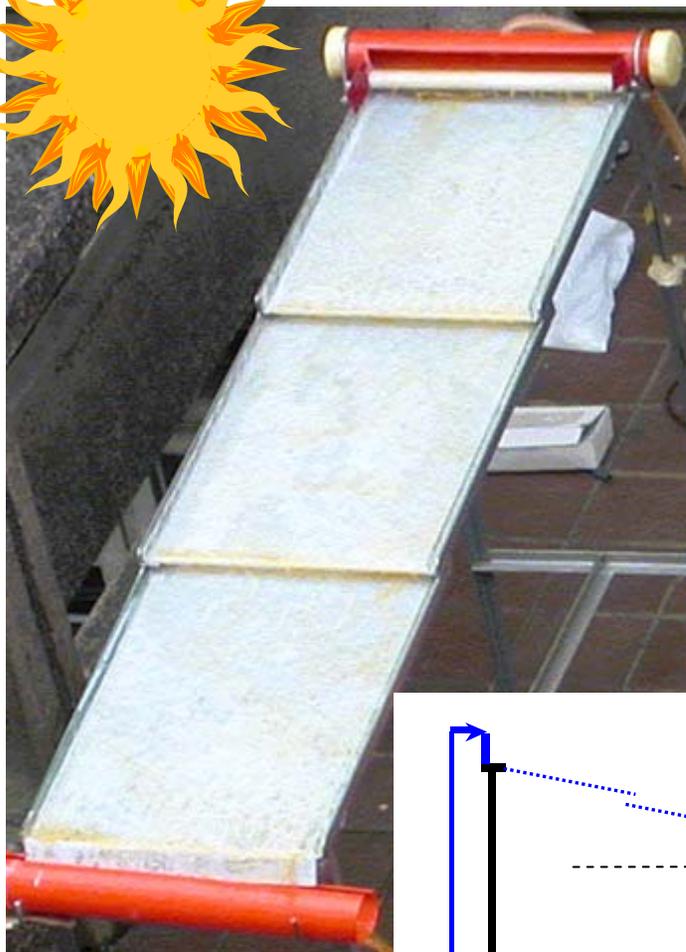
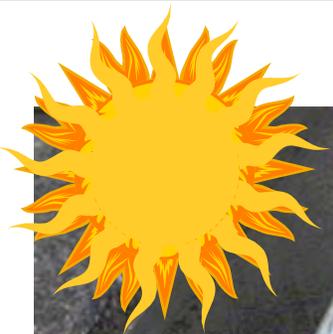


## Comparación de fotorreactores planares



- Reactor planar con placa lisa
- Reactor planar con placa corrugada
- Reactor planar en disposición cascada con placa corrugadas

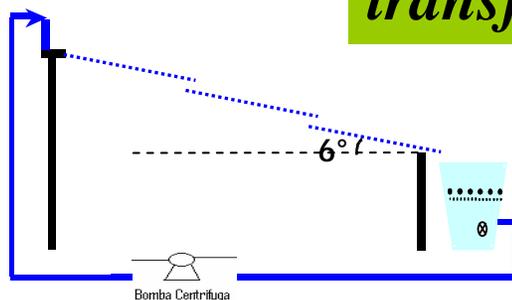
# Conclusiones: concepción del fotorreactor



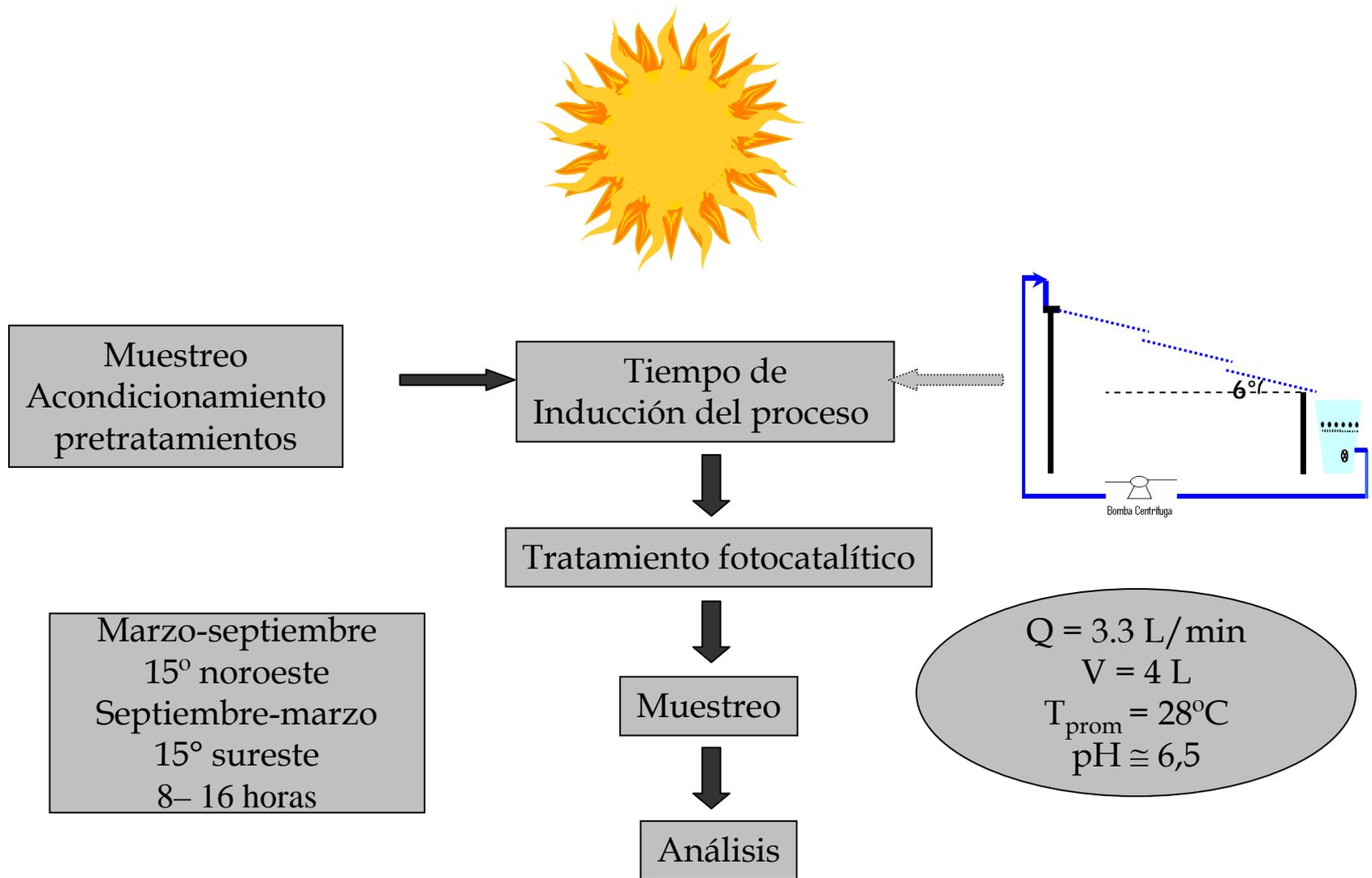
• *La forma corrugada de la superficie expuesta contribuye a incrementar el área en un 10 % con respecto al área de un vidrio con superficie lisa.*

• *La matiz de  $\text{SiO}_2$  mejora la dispersión de la fase activa ( $\text{TiO}_2$ ).*

• *Mejor exposición a la luz Mejora transferencia de masa*



# Desarrollo experimental: evaluación fotocatalítica

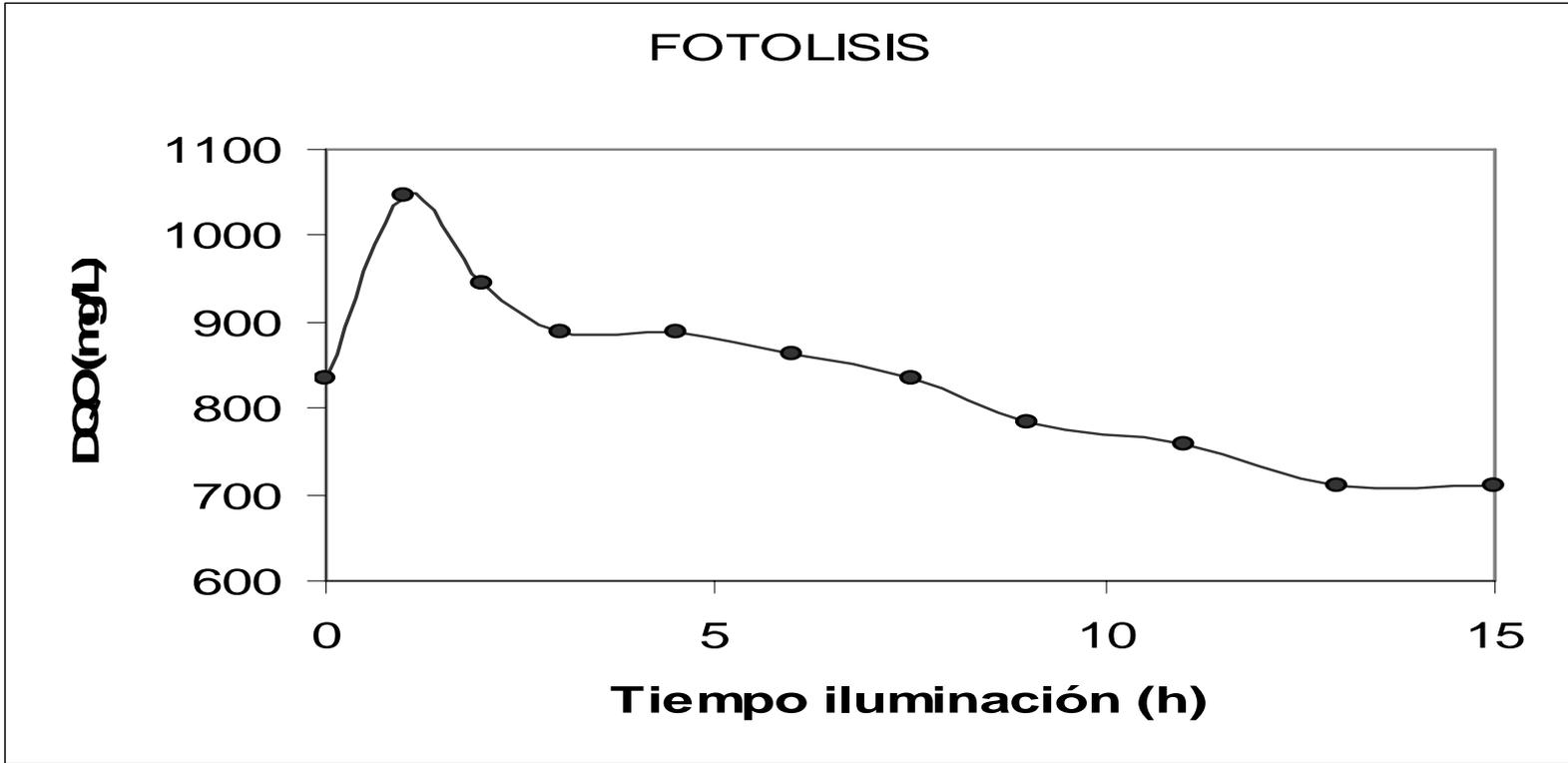


# Desarrollo experimental: evaluación fotocatalítica

Experimento	TiO <sub>2</sub> (mg/L)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (mg/L)
1	100	0
2	100	1
3	100	2
4	150	0
5	150	1
6	150	2
7	200	0
8	200	1
9	200	2
10	0	1
11	0	2
12	0	0

## Experimentos lámpara UV

# Resultados: Pruebas de fotólisis, lámpara UV

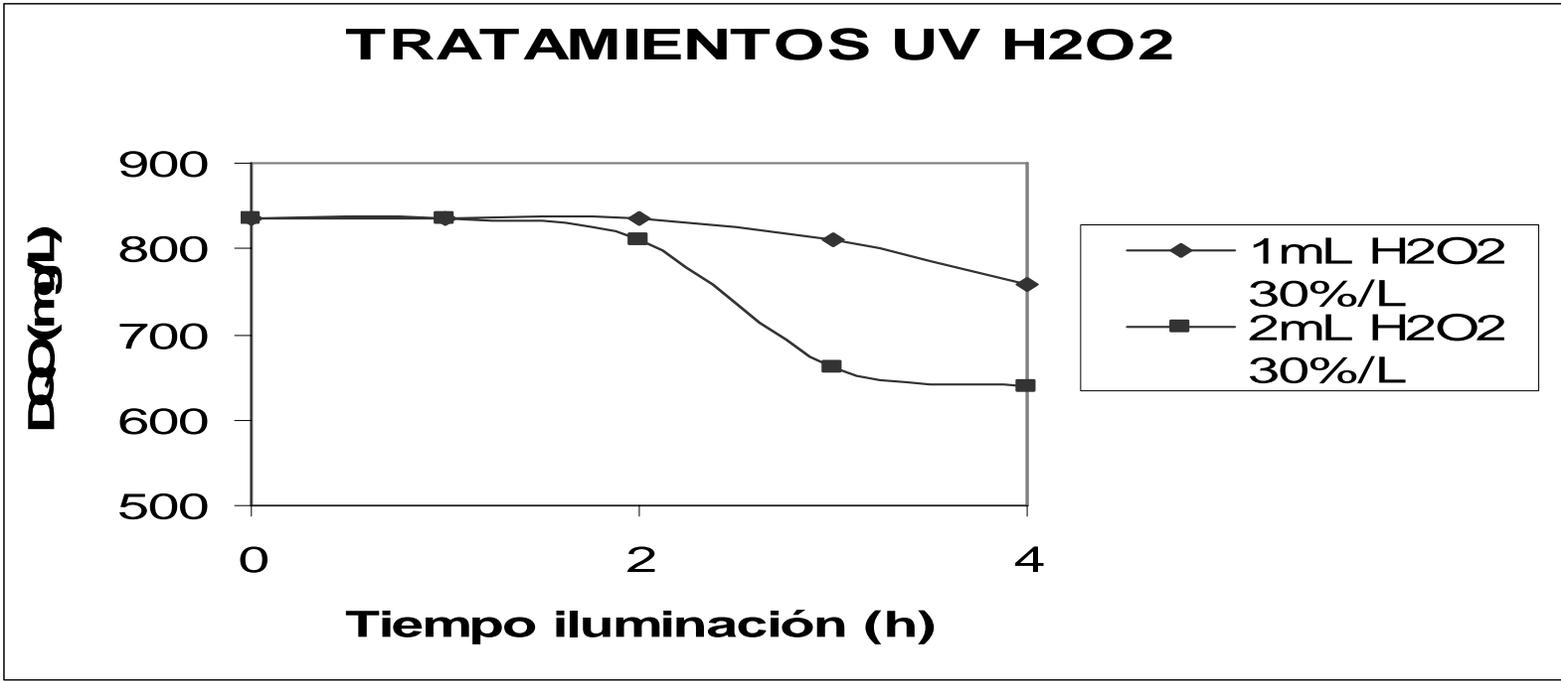


DQO Final (mg/L)	DBO5 Final (mg/L)	% Remoción DQO	DBO5/DQO
709	263,98	15,08	0,3721

## Conclusiones: Pruebas de fotólisis, lámpara UV

*La fotólisis muestra que el tratamiento de este tipo de aguas con luz ultravioleta (UV) sin la presencia de catalizador, no es efectivo para la degradación de los contaminantes presentes y **no produce un efluente biodegradable**, como se evidencia en el hecho de que sólo **se alcanza una remoción de DQO de 15.08%**, y **una relación DBO:DQO de 0.3721**, a pesar de haber sido expuesto a un tiempo de iluminación prolongado (15 horas).*

# Resultados: Pruebas UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lámpara UV

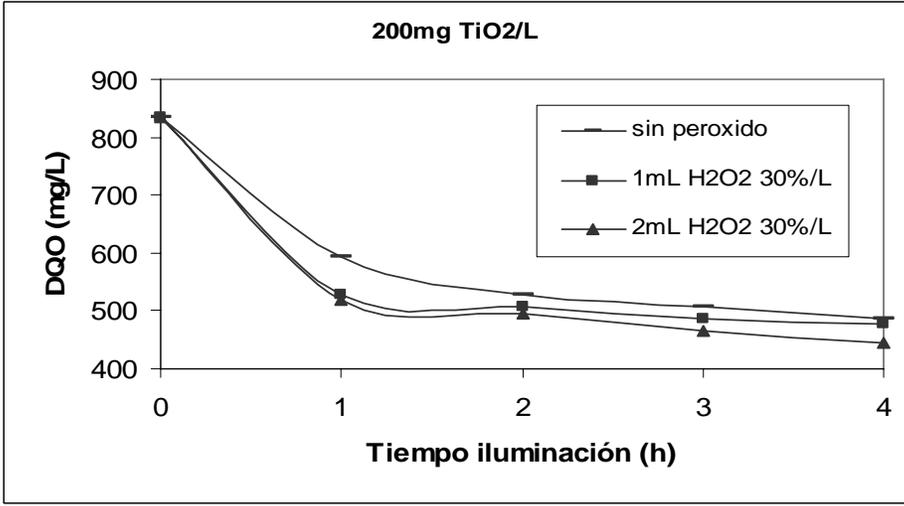
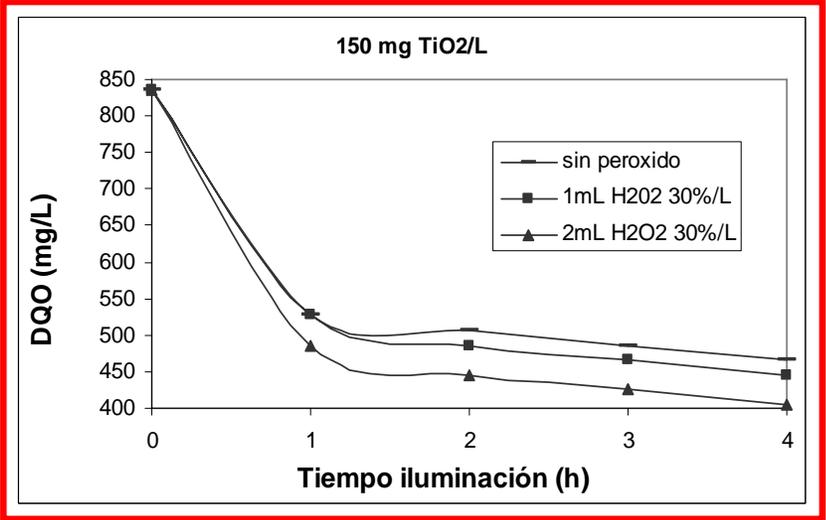
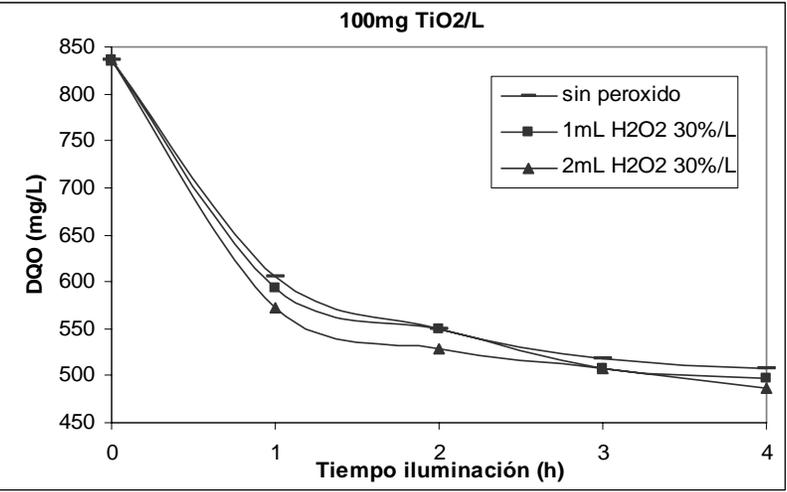


Peróxido adicionado (al/L H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	DQO final (mg/L)	DBO <sub>5</sub> final (mg/l)	% de remoción DQO	DBO <sub>5</sub> /DQO
1	758.57	240	9.20	0.3164
2	638.86	283	23.53	0.4430

# Conclusiones: Pruebas UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lámpara UV

*Bajo estas condiciones experimentales **no se consigue el objetivo de remover al menos el 35% de DQO**, ya que la máxima remoción alcanzada es de 25.53%.*

# Resultados: Pruebas UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lámpara UV

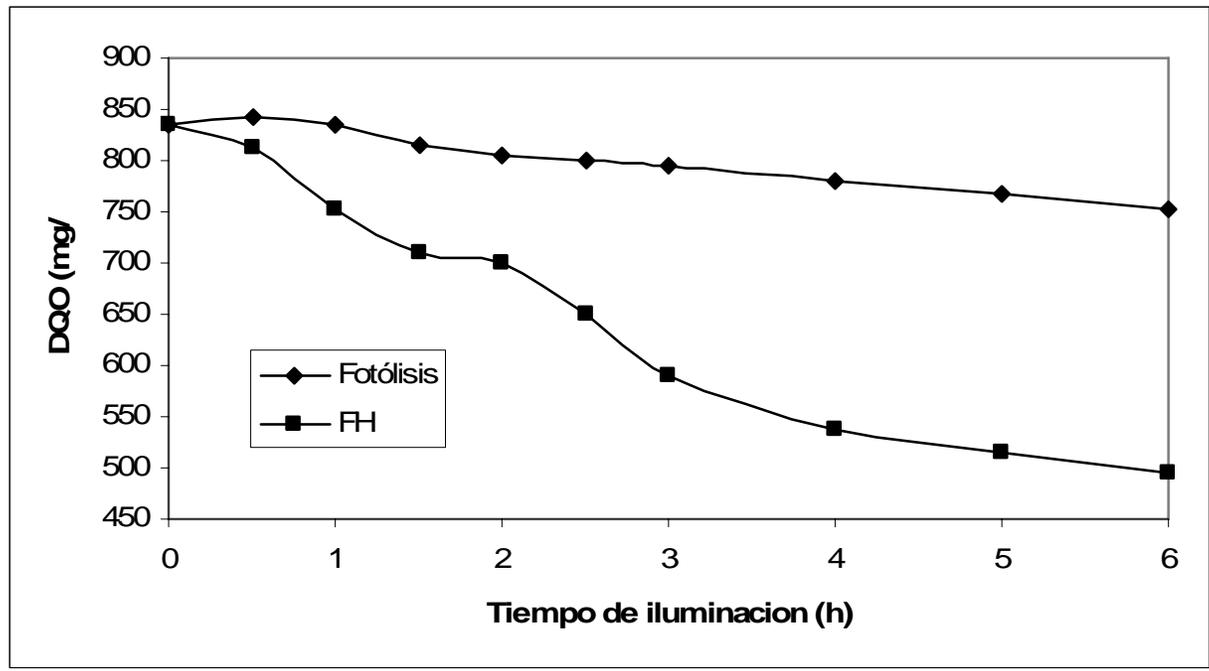


# Resultados: Pruebas UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lámpara UV

Dosis Catalizador (mg TiO <sub>2</sub> /L)	100			150			200		
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> adicionado (ml/L)								
	0	1	2	0	1	2	0	1	2
<b>DQO (mg/L)</b>	507,14	496,37	486,26	465,27	445,19	405,30	486,11	476,01	445,19
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	252	258	282	267	260	240	276	281	288
<b>DBO<sub>5</sub>/DQO</b>	0,4969	0,5193	0,5806	0,5740	0,5840	0,5921	0,5679	0,5910	0,6469
<b>% Remoción DQO</b>	39.3	40.6	41.8	44.3	46.7	51.5	41.8	43.0	46.7

- *En estas pruebas se logra una mayor remoción de DQO que en las pruebas anteriores debido a la acción combinada del TiO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.*
- *En todas las pruebas se logra un porcentaje de remoción de DQO mayor al 35% y una relación DBO5/DQO que hace al efluente es biodegradable.*
- *Es posible el uso de la FH sin peroxido para el tratamiento de esta aguas industriales.*

# Resultados: Pruebas UV/TiO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/ luz solar



Experimento	Tiempo 6 h	Tiempo 5 h	Tiempo 4 h
DBO <sub>5</sub> /DQO	0,45	0,36	0,31
% Remoción DQO	41	38	35

- *El tratamiento de las aguas industriales estudiadas mediante Fotocatálisis Heterogénea produjo una remoción de al menos 35% en la DQO y un efluente final con una relación DBO5/DQO mayor a 0,4 que permite el tratamiento posterior del efluente por métodos biológicos.*
- *Estos estudios preliminares sirven de base para semiescalar el tratamiento empleando placas de 118 x95 cm, y estudiar otras variables operacionales.*

# Agradecimientos

*Los autores agradecen a la Universidad de Antioquia y a la industria local por el por el soporte técnico y financiero.*

*Al SolarSafeWater por la invitación a participar en este evento.*



**Email: [gloma@udea.edu.co](mailto:gloma@udea.edu.co)**

# SOLAR SAFE WATER

Puerto Iguazú – República Argentina, Octubre 2005



# Universidad de Antioquia