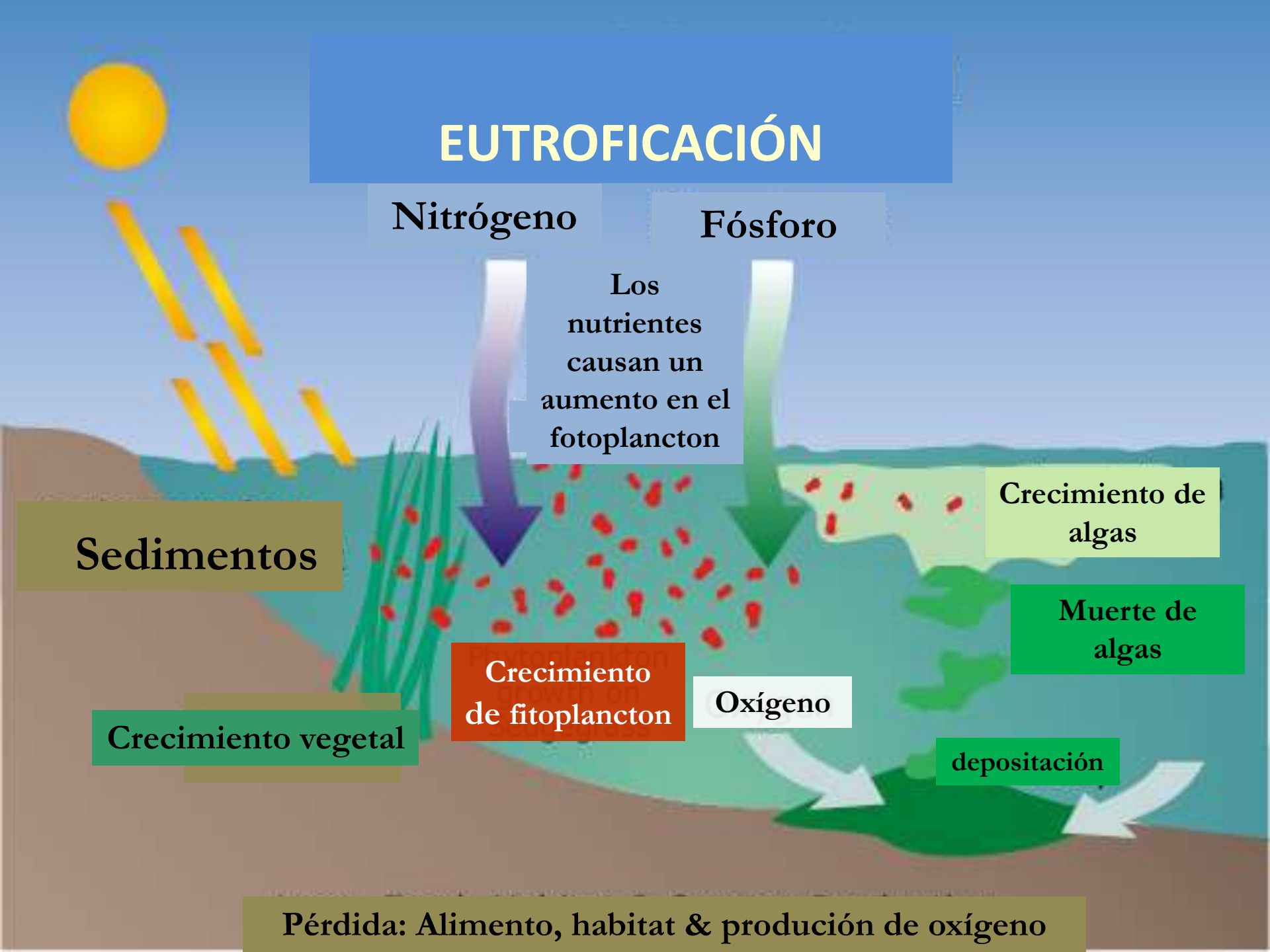
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN SUN SISTEMA ACOPLADO BIOTECNOLOGÍA (HONGOS, HUMEDALES)-NANOTECNOLOGÍA (TiO_2)

Refugio Rodríguez Vázquez
Departamento de Biotecnología
CINVESTAV-IPN


EUTROFICACIÓN
Nitrógeno
Fósforo
Los nutrientes causan un aumento en el fotoplancton
Sedimentos
Crecimiento de algas
Muerte de algas
Crecimiento de fitoplancton
Oxígeno
Crecimiento vegetal
depositación
Pérdida: Alimento, habitat & produción de oxígeno

PROBLEMAS ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN Y CONSUMO DE AGUAS CONTAMINADAS

En los países en desarrollo, se estima que el 80% de las enfermedades y más de un tercio de las muertes son provocados por problemas de la contaminación de agua.

La fiebre tifoidea, la disentería bacteriana y el cólera, son causadas por bacterias.

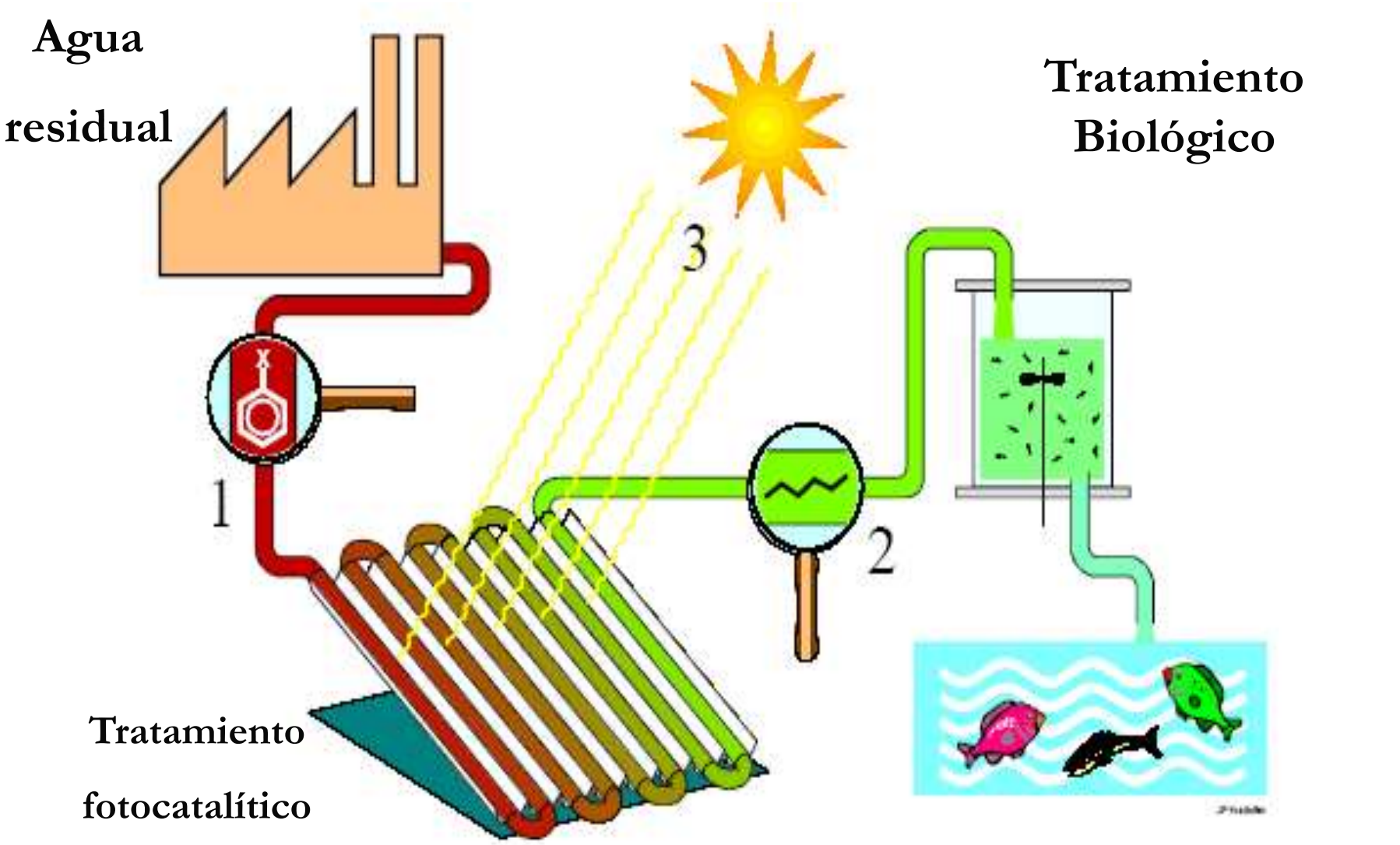
La amibiasis o disentería amebiana por protozoarios.

La esquistosomosis por gusanos (helmintos) y larvas.

La hepatitis infecciosa y la poliomielitis por ciertos virus.

PROCESO	EFECTO BACTERICIDA	EFECTO REMANENTE
O_3	+++	0
Cl_2	++	+
ClO_2	++	+
Cloraminas	+	++
UV	++	0
Colorantes/Visible	+	En estudio
Irradiación gama	+++	+++
UV/TiO_2	Esterilización	En estudio

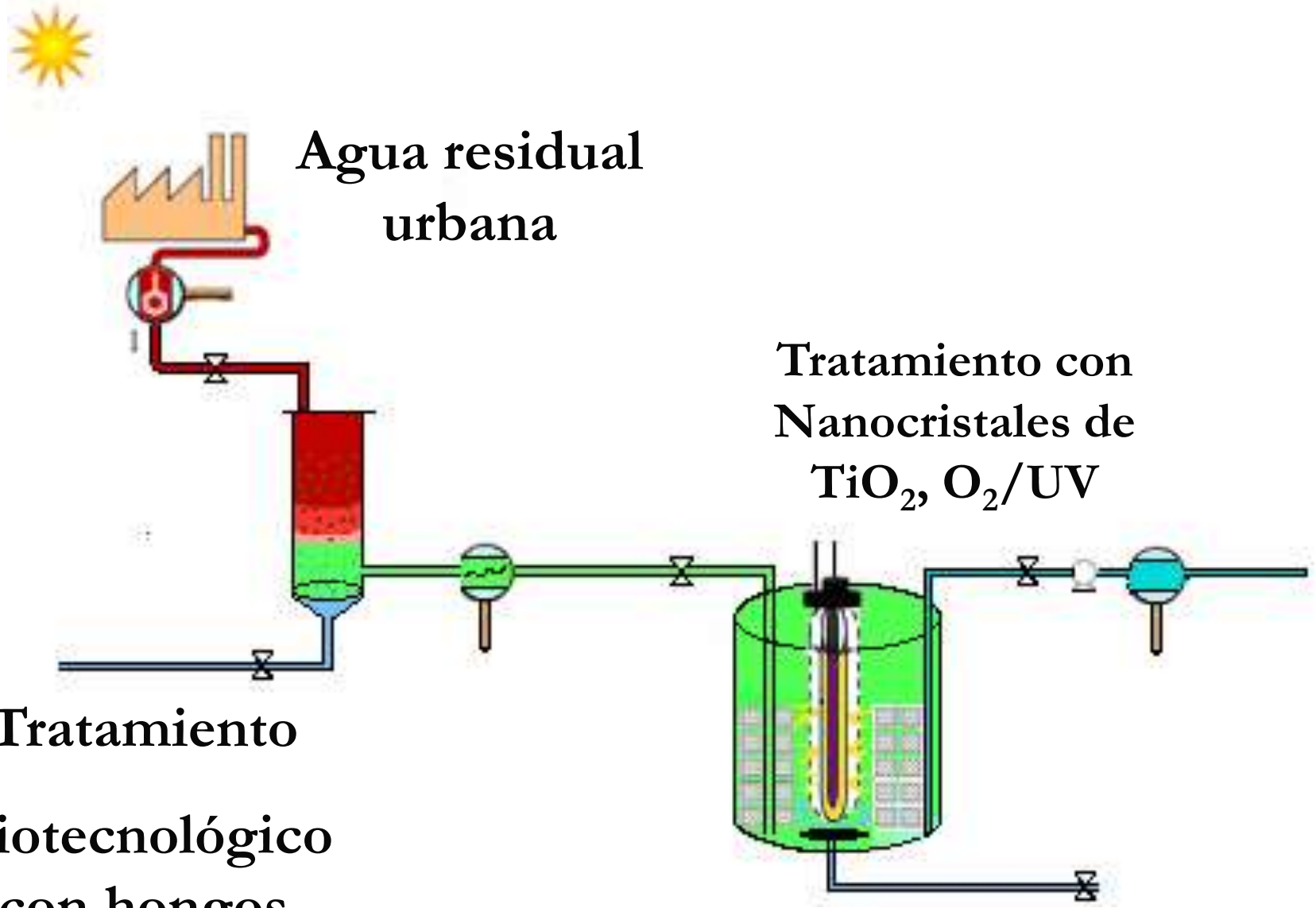
DESARROLLO DE UN PROCESO SUSTENTABLE PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA



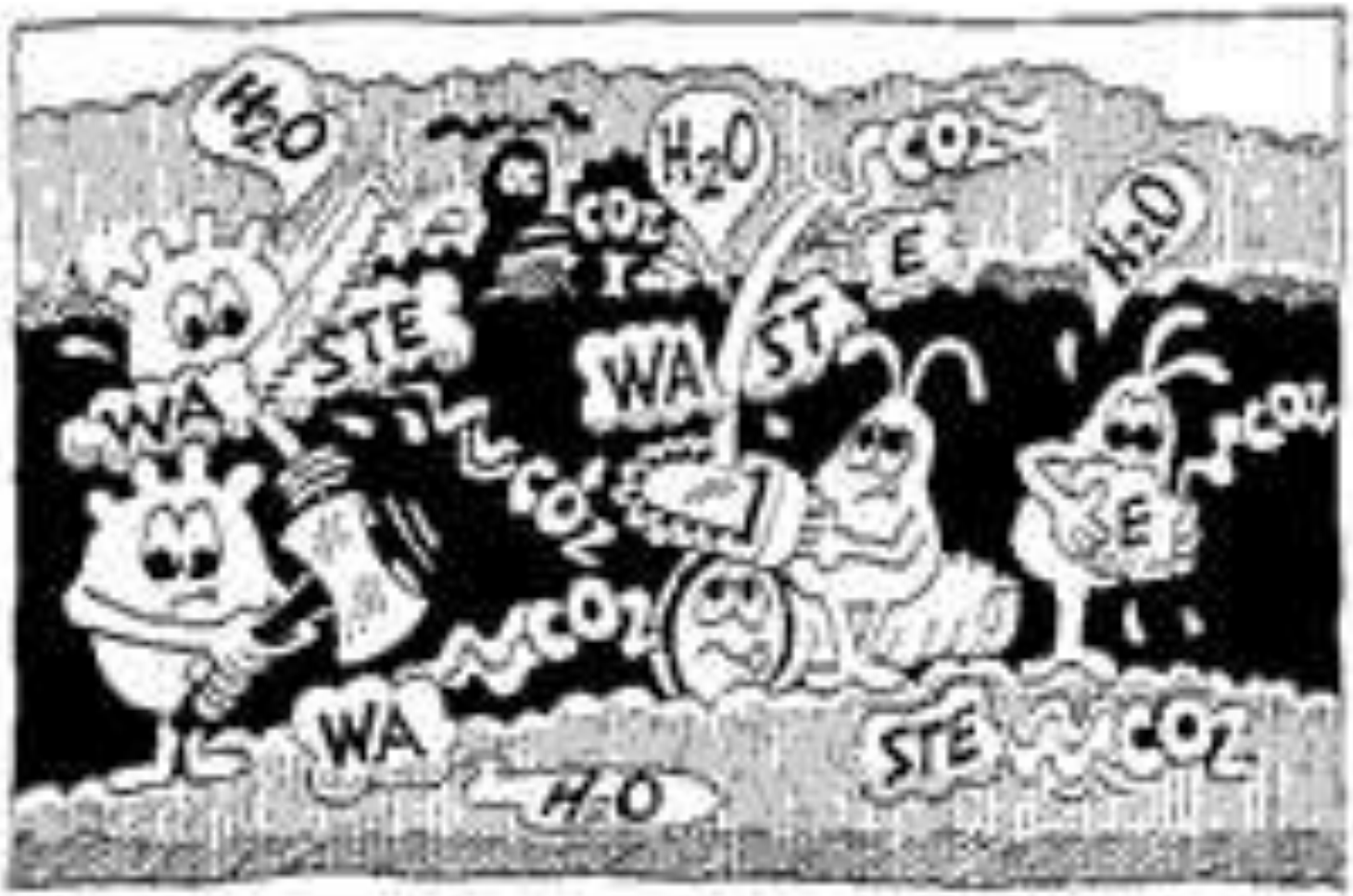
Parra ,2001

PROCESO BIOLOGICO +FOTOCATALITICO

Para el Tratamiento de Aguas Urbanas

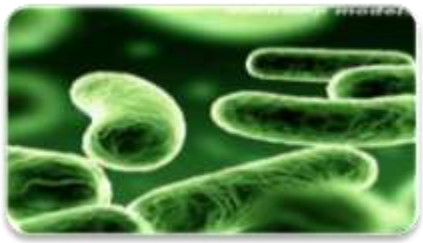


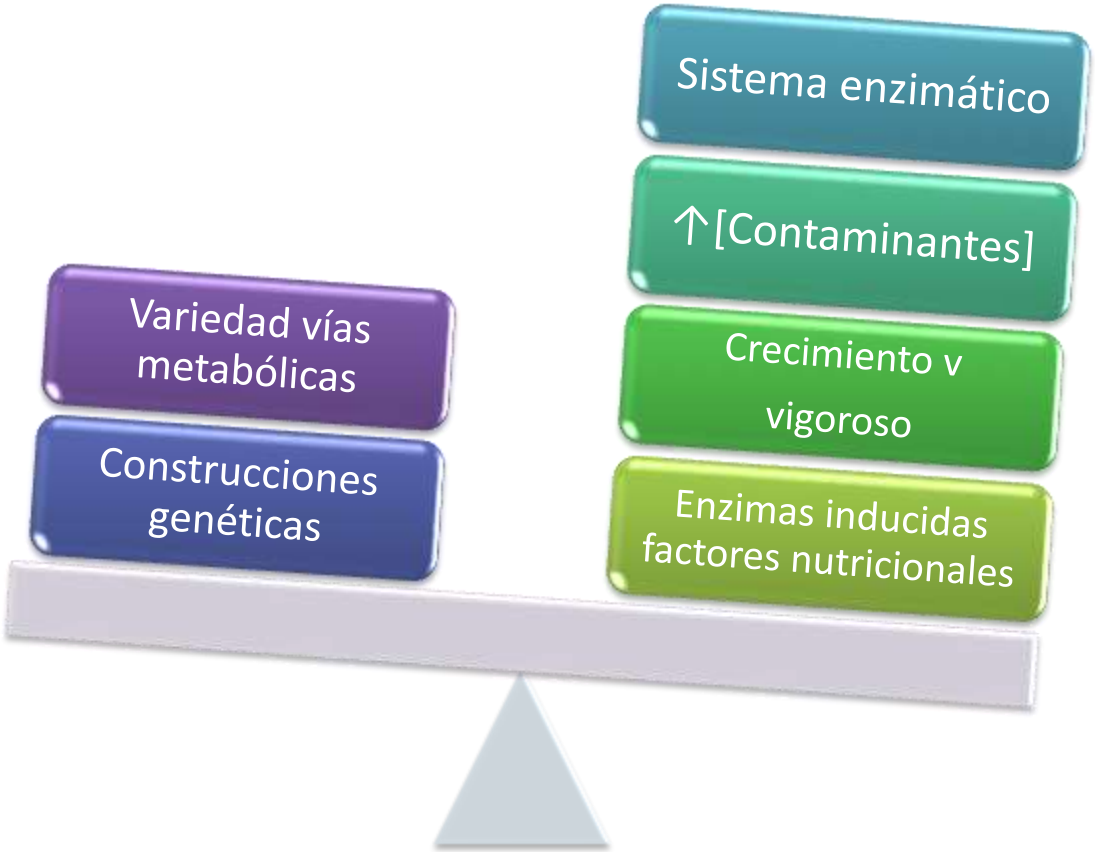
IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (BIORREMEDIACIÓN)



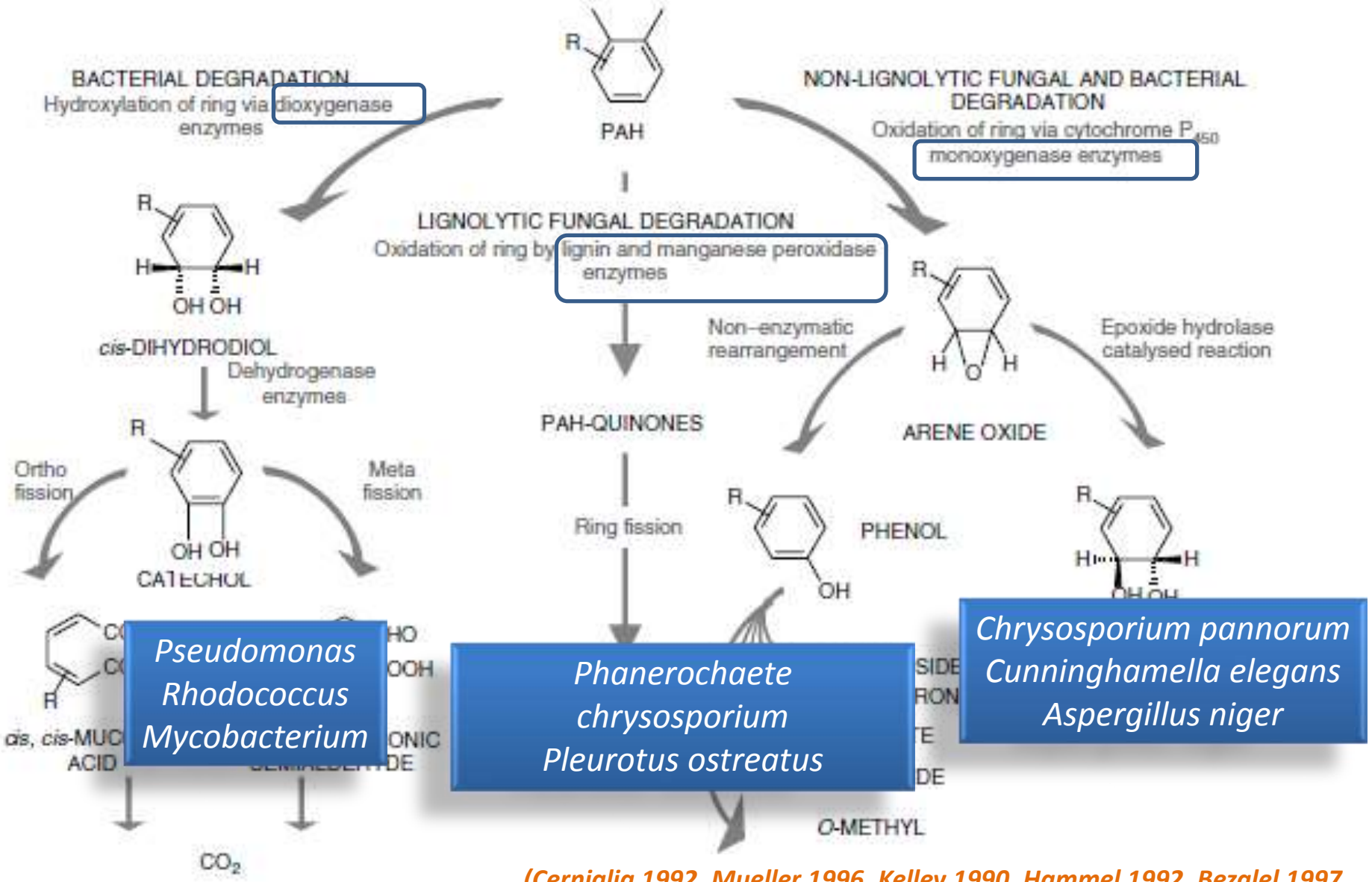
"So let's get this straight –we work for 24 hours, in this conditions, and for no pay?

Ventajas de los Hongos sobre las Bacterias en la Biorremediación



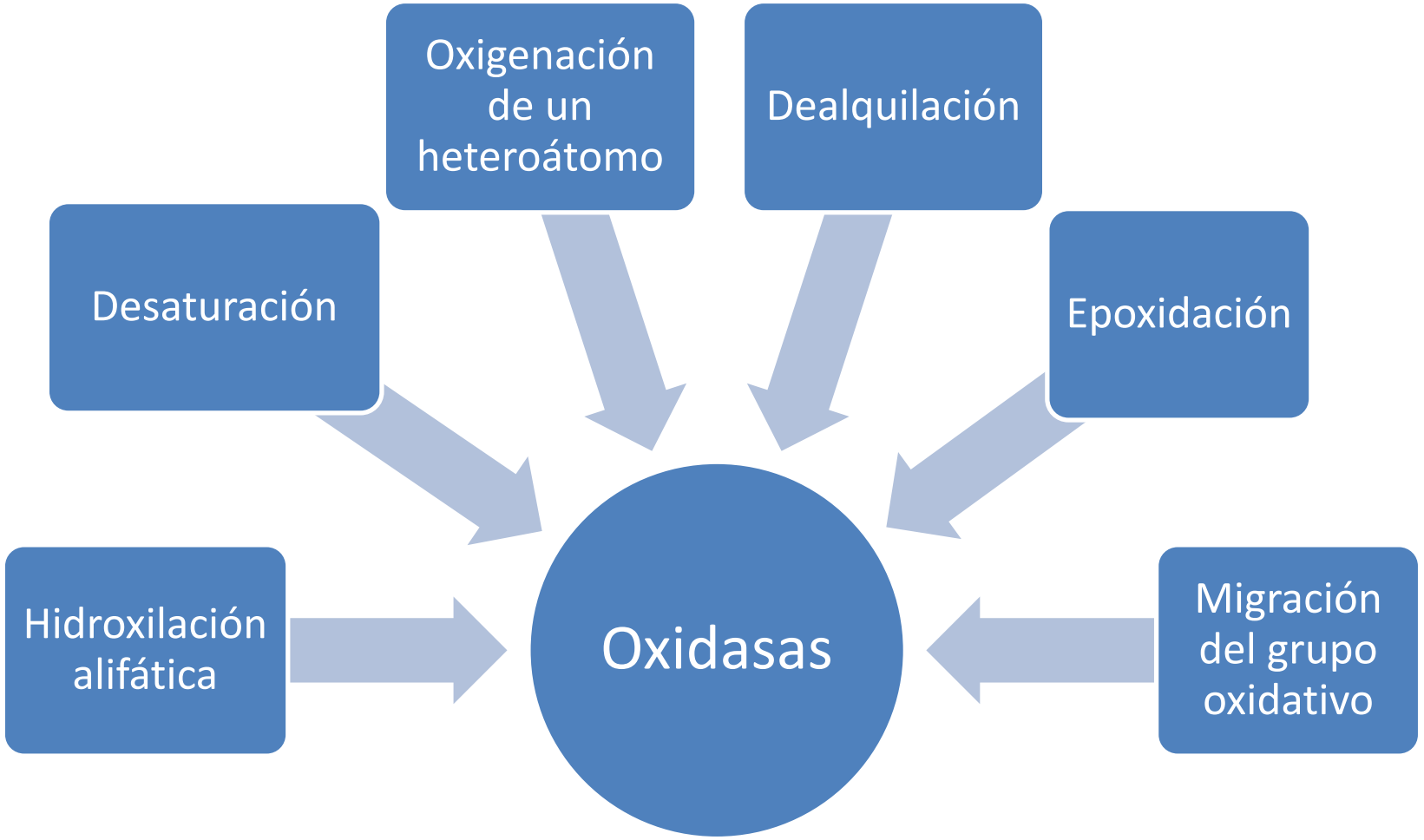


BIODEGRADACIÓN ---- RUTAS METABÓLICAS



(Cerniglia 1992, Mueller 1996, Kelley 1990, Hammel 1992, Bezalel 1997

MECANISMOS DE LOS HONGOS PARA LA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES



$O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$

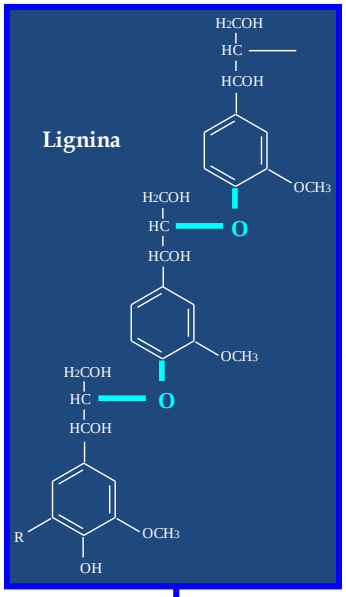
$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$

Saratale et al., 2007

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR HONGOS

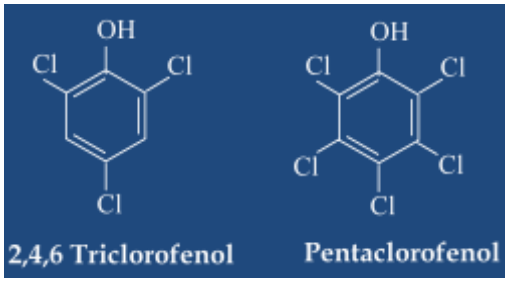
Físico

Bioquímico



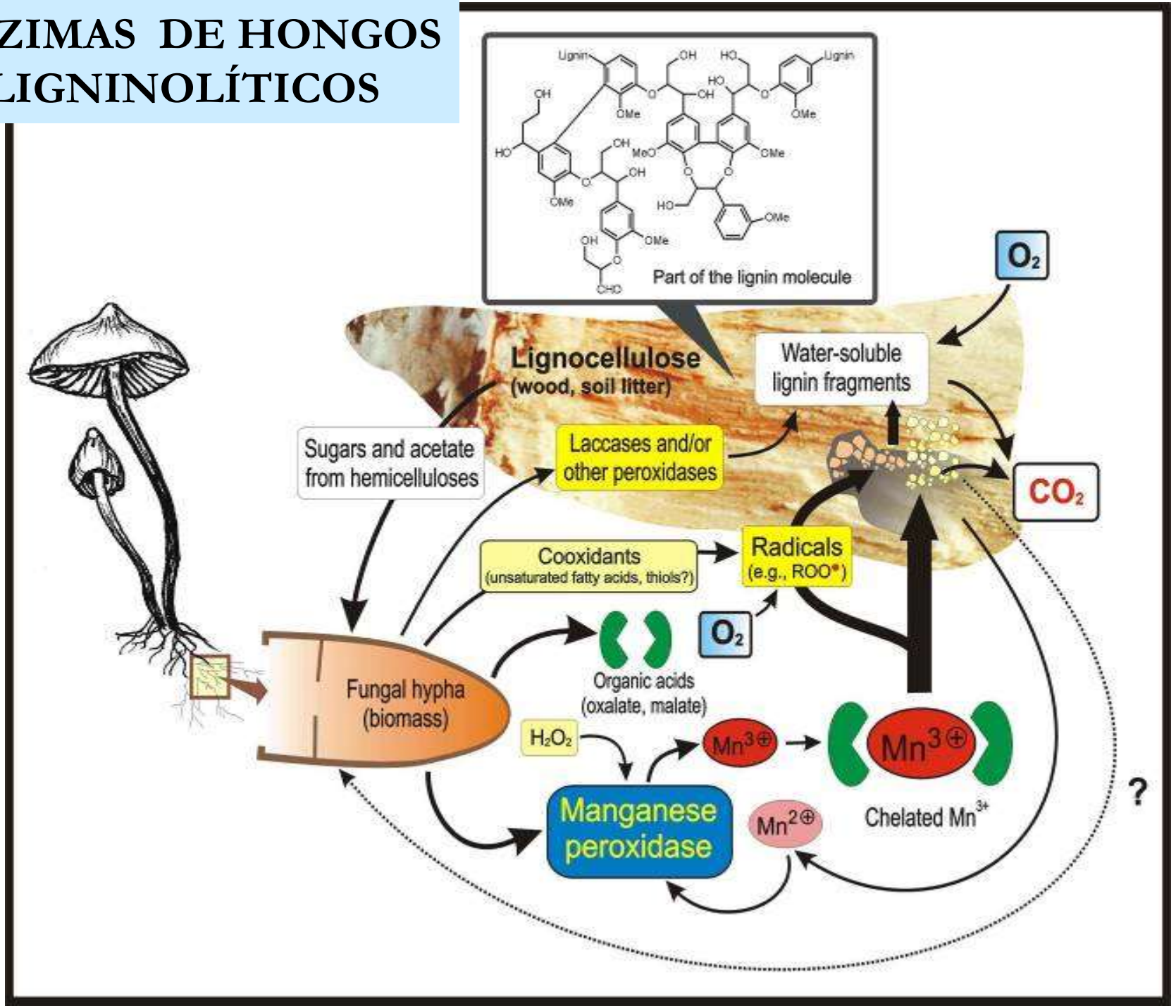
Adsorción a pared celular Quitina

Enzimas (Lacasa, MnP, LiP) Especies reactivas de Oxígeno (ROS)



Kirk y Farrel, 1997; Savant et al, 2005

ENZIMAS DE HONGOS LIGNINOLÍTICOS



HONGOS LIGNINOLÍTICOS (PUDRICIÓN BLANCA)

Bjerkandera adusta
Coriolus versicolor
Coriolopsis Polyzona
Phanerochaete chrysosporium
Dichomitus squalens
Favolus arcularis
Fomes lignosus
Flammulina velupites
Ganoderma Valesiacum
Grifoa fondosla

Kirk, 1980; Enoki y col, 1988, Kantelinen y col, 1988; Nerud y col, 1991, Reddy 1999.

HONGOS FILAMENTOSOS CON CAPACIDAD DE DEGRADAR COMPUESTOS ORGÁNICOS

Aspergillus fumigatus
Aspergillus niger
Cladosporium cladosporiodes
Penicillium frequentans
Aspergillus terreus*
P. glabrum

Penicillium spp.
Fusarium spp.
Cladosporium spp.
*Aspergillus spp.***

***Russell, 1986, **Wosiaki & Zancan, 1973,.**

Roldán-Martín, 2005, Cortés-Espinosa et al., 2006; Pérez Armendáriz , et al., 2011

RESIDUOS AGROINDUSTRIALES USADOS EN LA REMOCIÓN DE CONTAMINANTES TÓXICOS ORGÁNICOS

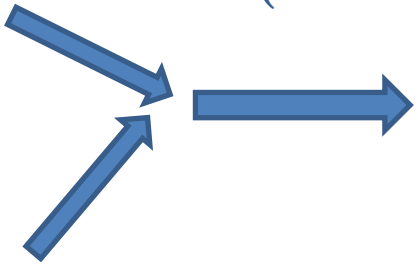
-Aserrín de pino (Dzul-Puc *et al.*, 2005)

-Bagazo de caña (Pérez-Armendáriz *et al*, 2005; Chávez-Gómez *et al.,* 2003; Rodríguez-Vázquez *et al.*, 1999)

-Cáscara de naranja (Cuevas-Díaz 2004; Veyna Castañeda, 2003)

-Maíz (Molina Barahona *et al.*, 2005)

-Grano de café (Roldán Martín *et al*, 2004; Acuapan, 2004)



PATENTE MEXICANA 291975 (Rodríguez-Vázquez, et al., 2011)

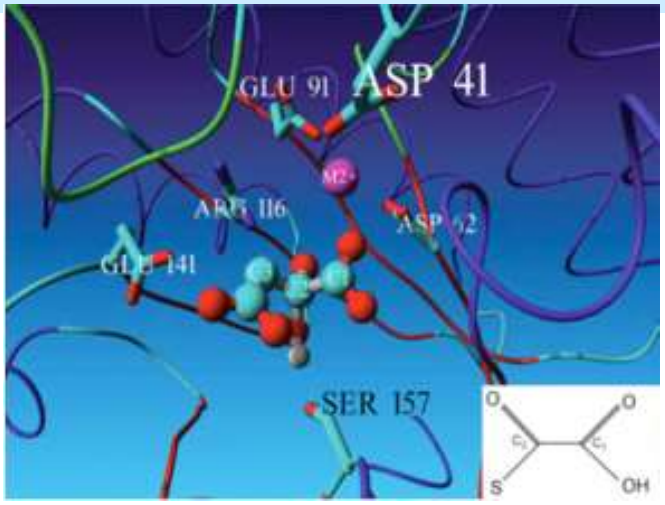
-Paja de trigo (Molina Barahona *et al.,* 2005)

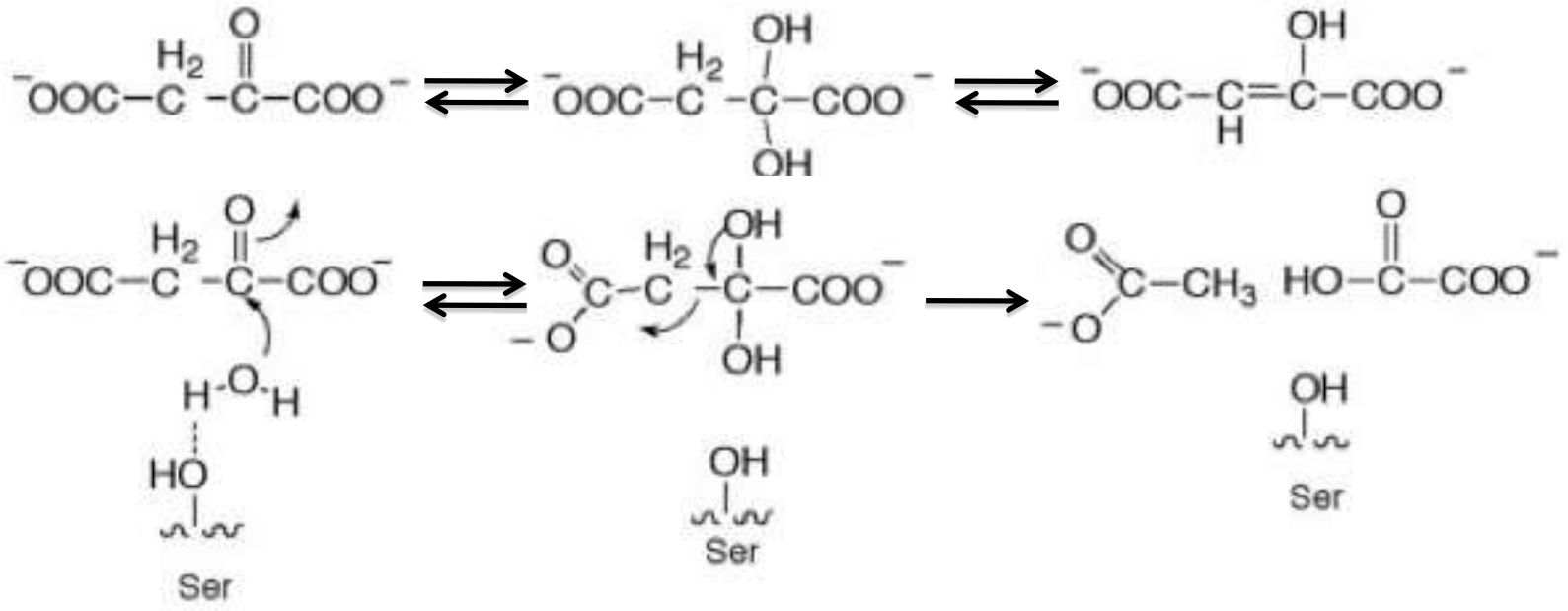
DEGRADACIÓN DE DDT POR HONGOS

Hongos	DDE (%)	Adsorción al micelio (%)	2,4´-DDT (%)	Adsorción al micelio (%)	4,4´-DDT (%)	Adsorción al micelio (%)
Absidia corymbifare	68.1	10.1	63.5	19.9	41.2	28.6
Penicillium pinophylum	70.4	14.8	75.5	16.9	78.6	21.1
Aspergillus niger	74.4	13.9	68.9	20.4	54	22.5
Trametes versicolor (Hongo ligninolítico)	56.2	19.9	66.5	26	32.6	30.9

Izcapa Treviño, 2007

OXALOACETASA: Mecanismo de reacción





Han et al. 2007; Joosten et al., 2008

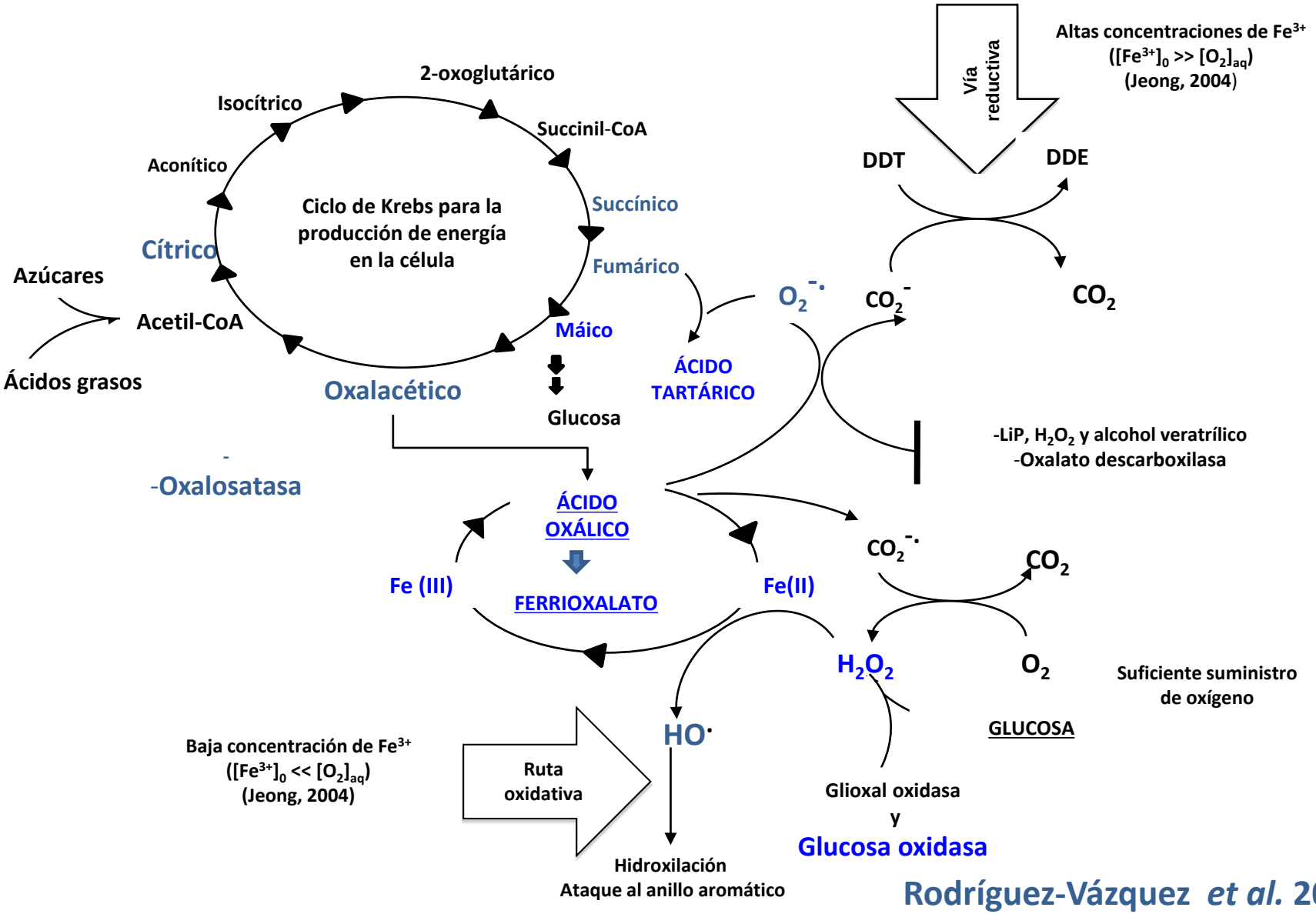
GLUCOSA OXIDASA

$$\beta - D - Glucosa + O_2 \rightarrow AG + H_2O_2$$

- FAD
- Homodimérica
- Oxidoreductasa
- M_M= 125-170 Kda (80 KDa)
- Gran variedad de organismos
- Alta especificidad

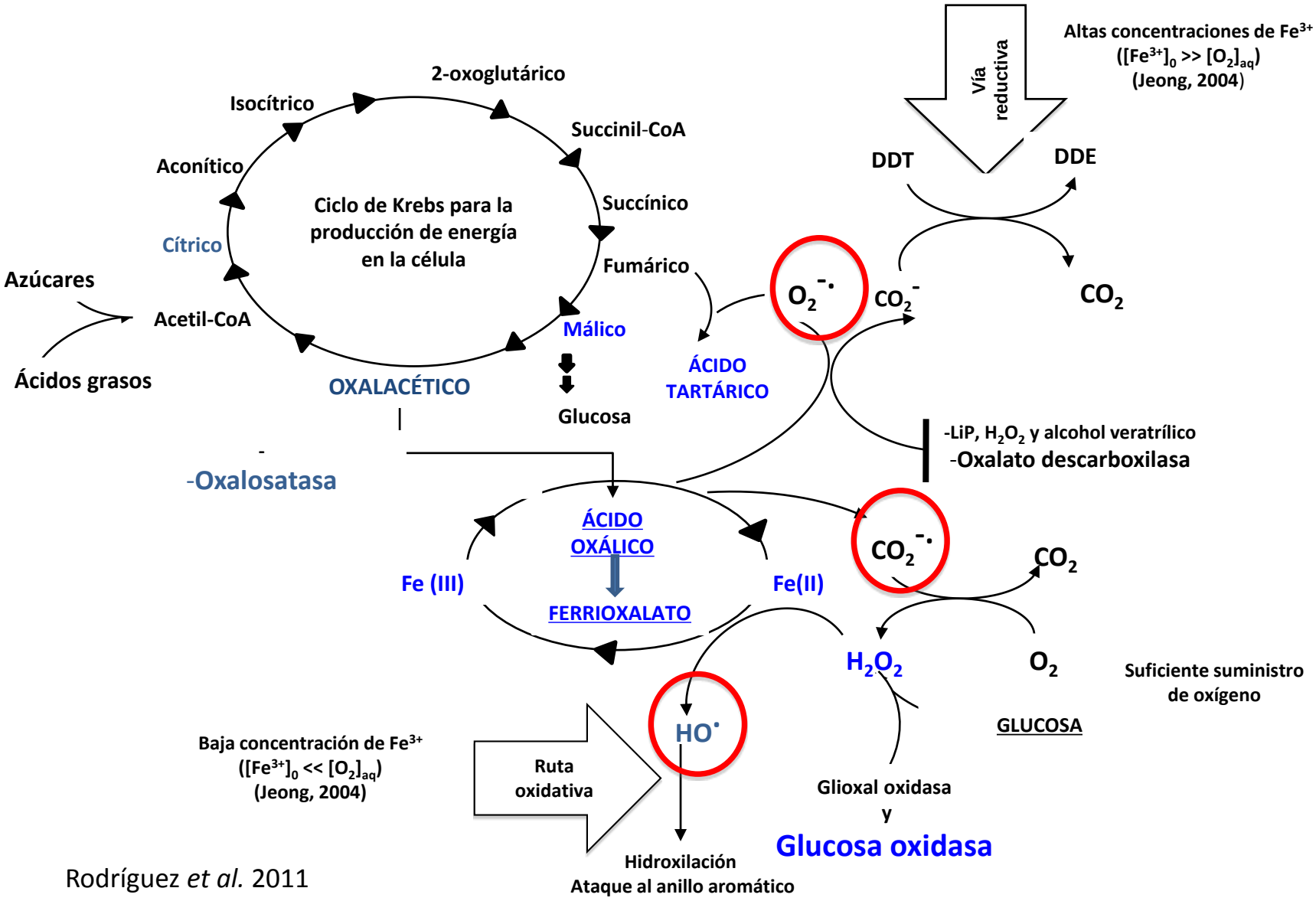
- Cofactor: O_2
- pH óptimo: 4 a 6
- Extracelular
- Inducción
- Función
- Biotecnología

MECANISMO ÓXIDO-REDUCTIVO PARA LA DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VÍA REACCIÓN TIPO FENTON



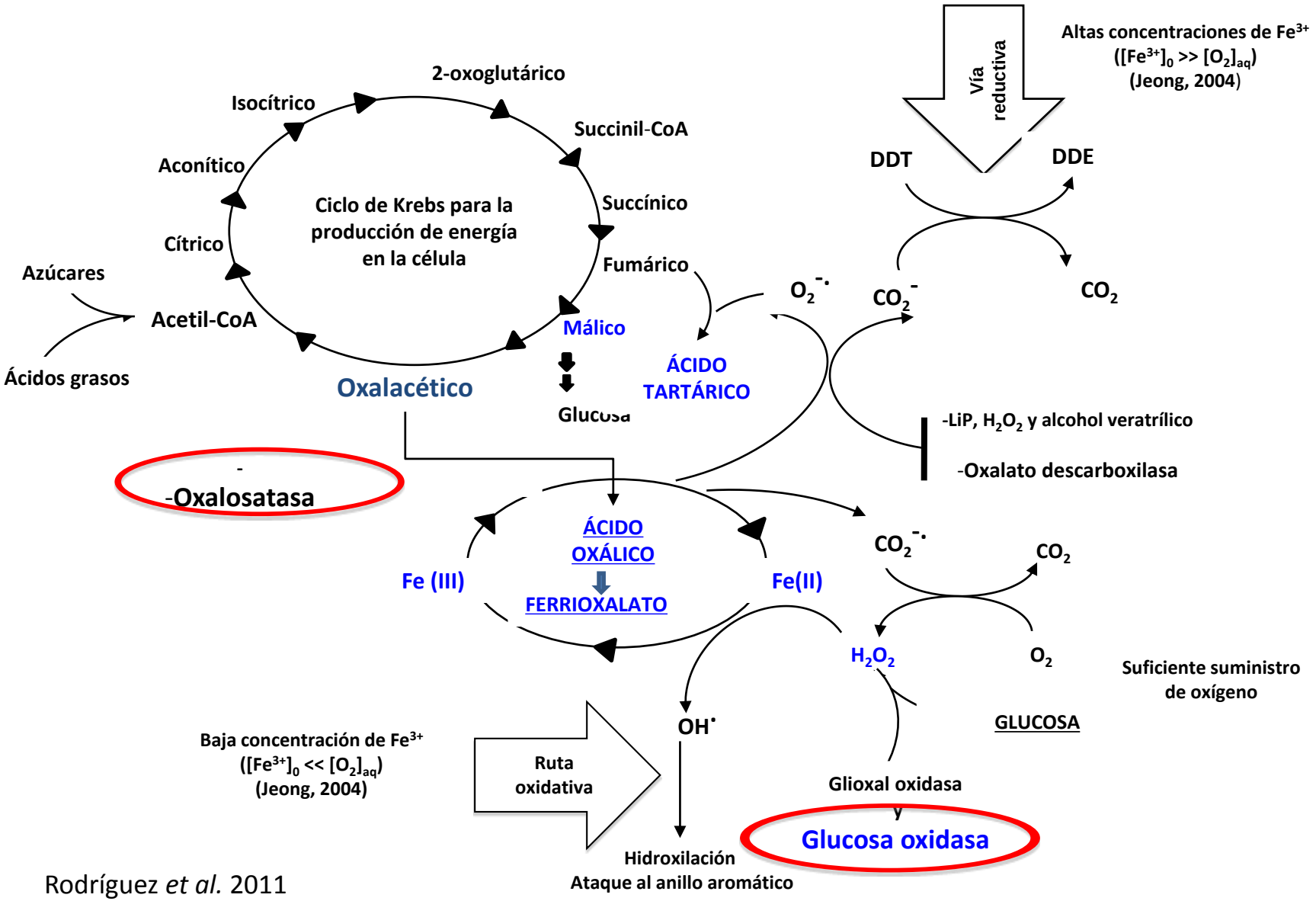
Rodríguez-Vázquez *et al.* 2012

MECANISMO ÓXIDO-REDUCTIVO PARA LA DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VÍA REACCIÓN TIPO FENTON



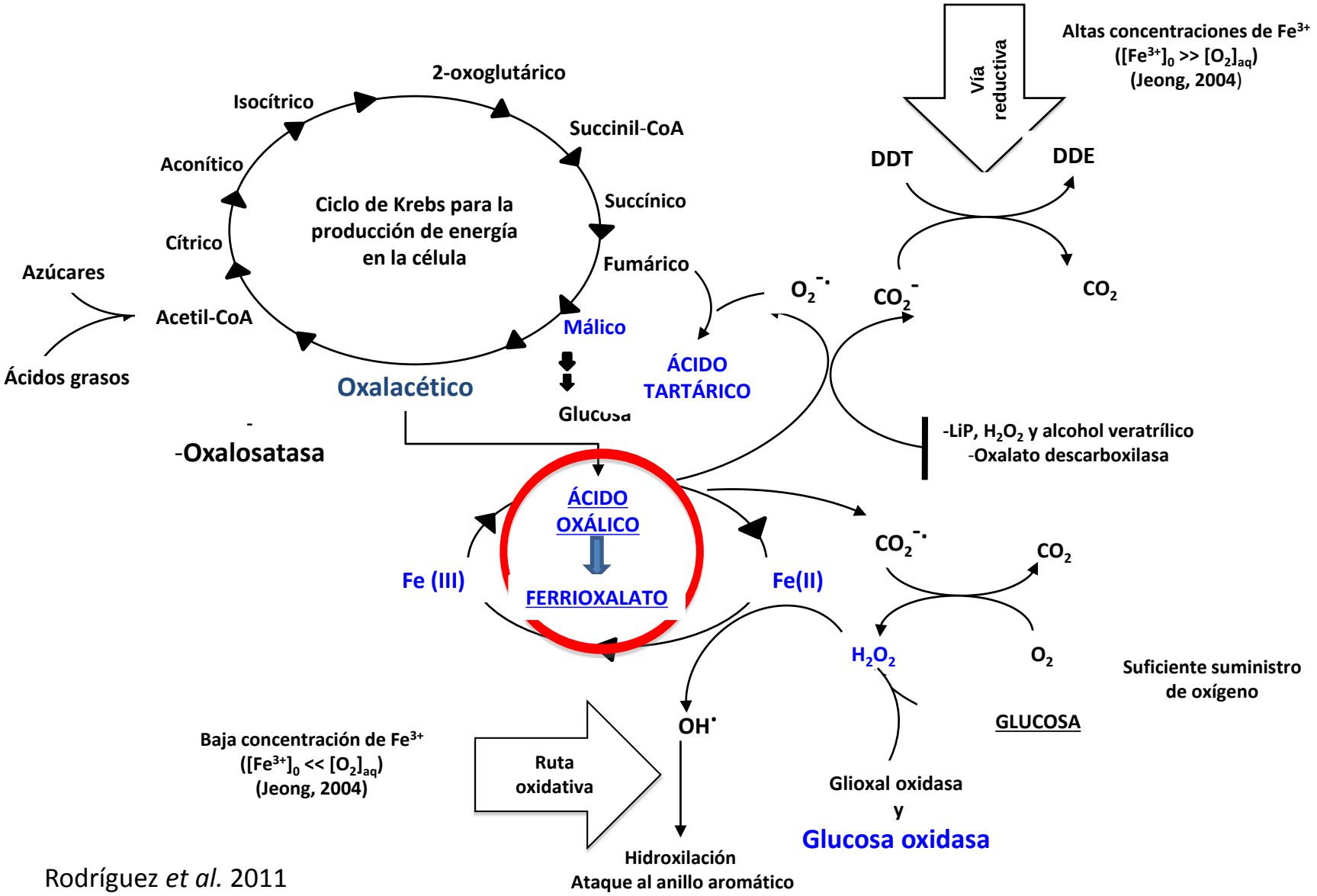
Rodríguez *et al.* 2011

MECANISMO ÓXIDO-REDUCTIVO PARA LA DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VÍA REACCIÓN TIPO FENTON

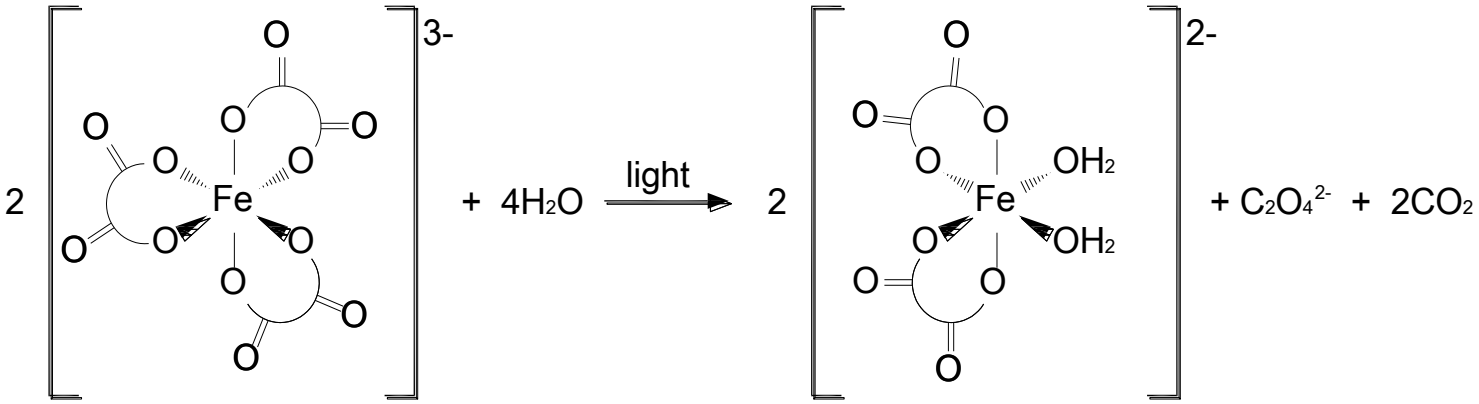


Rodríguez *et al.* 2011

MECANISMO ÓXIDO-REDUCTIVO PARA LA DEGRADACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VÍA REACCIÓN TIPO FENTON



Rodríguez *et al.* 2011

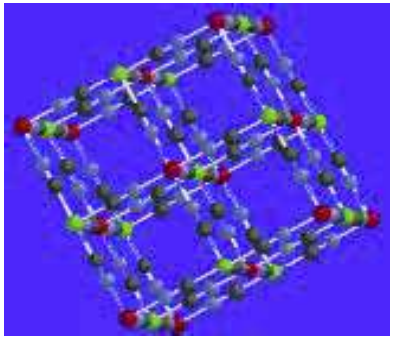


Tris (oxalate) ferrate (III)ion
Or ferrioxalate complex

diaquabis (oxalato)
ferrate (II) ion

$$C_2O_4^{2-\bullet} \longrightarrow 2CO_2 + CO_2^{-\bullet}$$

$$Fe^{2+} + 3\,K_3Fe(CN)_6$$

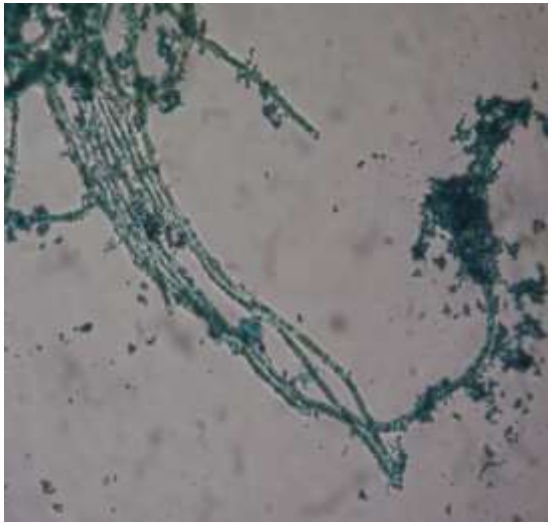


$Fe_4^{III}[(Fe^{II}(CN)_6)]_3$ Prussian blue complex (*43*).

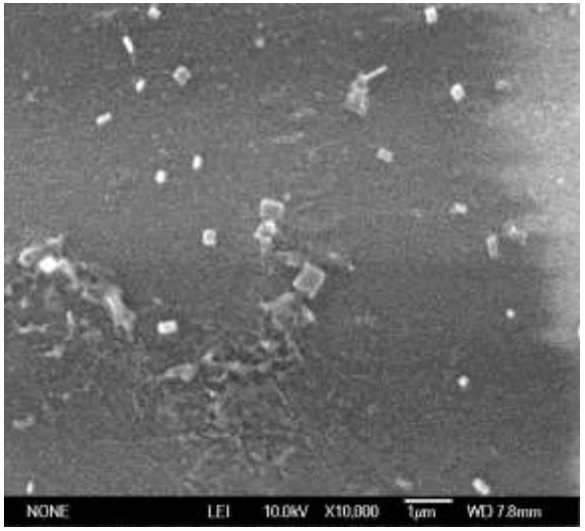
Rodríguez-Vázquez *et al.*, 2012

MICROSCOPÍÁ DE LOS NANOCRISTALES DE AZUL DE PRUSIA FORMADOS POR EL FERRIOXALATO

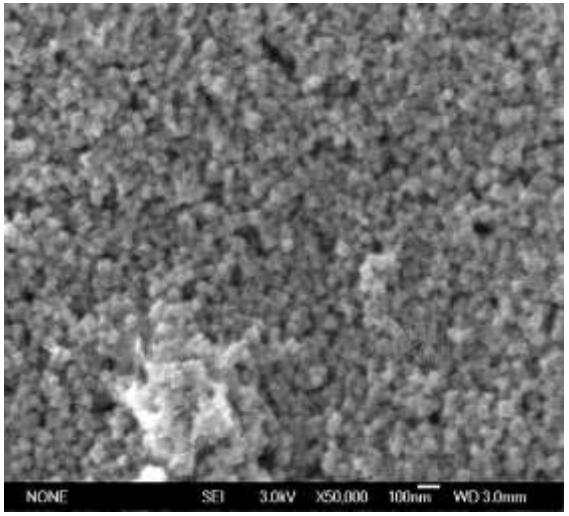
(**A**);



(B)



(C)



Micelio (**A**); Nancristales de Azul de pruesia por fotólisis del ferricianato y el complejo de ferrioxalato/H_2O_2 en el cultivo de 36h-de *P. pinophylum* (**B**); y nansintetizado químicamente (**C**).

Rodríguez-Vázquez *et al.*, 2012

$$2[Fe^{III}(C_2O_4)_3]^{3-} + h\upsilon \rightarrow 2Fe^{2+} + 5C_2O_4^{2-} + C_2O_4^{-\bullet} \quad (1)$$

$$C_2O_4^{-\bullet} \rightarrow CO_2^{-\bullet} + CO_2 \quad (2)$$

$$CO_2^{-\bullet} + O_2 \rightarrow CO_2 + O_2^{-\bullet} \quad (3)$$

$$CO_2^{-\bullet} + Fe^{III}(C_2O_4)_3^{3-} \rightarrow Fe^{2+} + CO_2 + 3C_2O_4^{2-} \quad (4)$$

$$O_2^{-\bullet} <-> HO_2^{\bullet} \quad (5)$$

$$Fe^{2+} + HO_2^{-\bullet}/O_2^{-\bullet} + H^+/2H^+ \rightarrow Fe^{3+} + H_2O_2 \quad (6)$$

$$HO_2^{-\bullet}/O_2^{-\bullet} + Fe^{III}(C_2O_4)_3^{3-} \rightarrow Fe^{2+} + 3C_2O_4^{2-} + O_2 \quad (7)$$

$$HO_2^{\bullet}/O_2^{-\bullet} + Fe^{III}(C_2O_4)_3^{2-} \rightarrow Fe^{2+} + O_2 \quad (8)$$

$$HO_2^{\bullet} + HO_2^{\bullet} \text{ (or } O_2^{-\bullet} + H^+) \rightarrow H_2O_2 + O_2 \quad (9)$$

$$^{\bullet}OH + H_2O_2 \rightarrow HO_2^{\bullet} + H_2O \quad (10)$$

Jeon et al. 2004

DESINFECCIÓN POR PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA (AOPS)

Cuadro I: Las Tecnologías avanzadas de oxidación.

Procesos no fotoquímicos	*Procesos fotoquímicos*
• Ozonización en medio alcalino (O_3/OH^-)	• Oxidación en agua sub/y supercrítica
• Ozonización con peróxido de hidrógeno (O_3/H_2O_2)	• Procesos fotoquímicos
• Procesos Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2) y relacionados	• Fotólisis del agua en el ultravioleta de vacío (UVV)
• Oxidación electroquímica	• UV/peróxido de hidrógeno
• Radiólisis γ y tratamiento con haces de electrones	• UV/O_3
• Plasma no térmico	• Foto-Fenton y relacionadas
• Descarga electrohidráulica - Ultrasonido	• **Fotocatálisis heterogénea**

X. Domenech, W. Jardim, M Litter.,

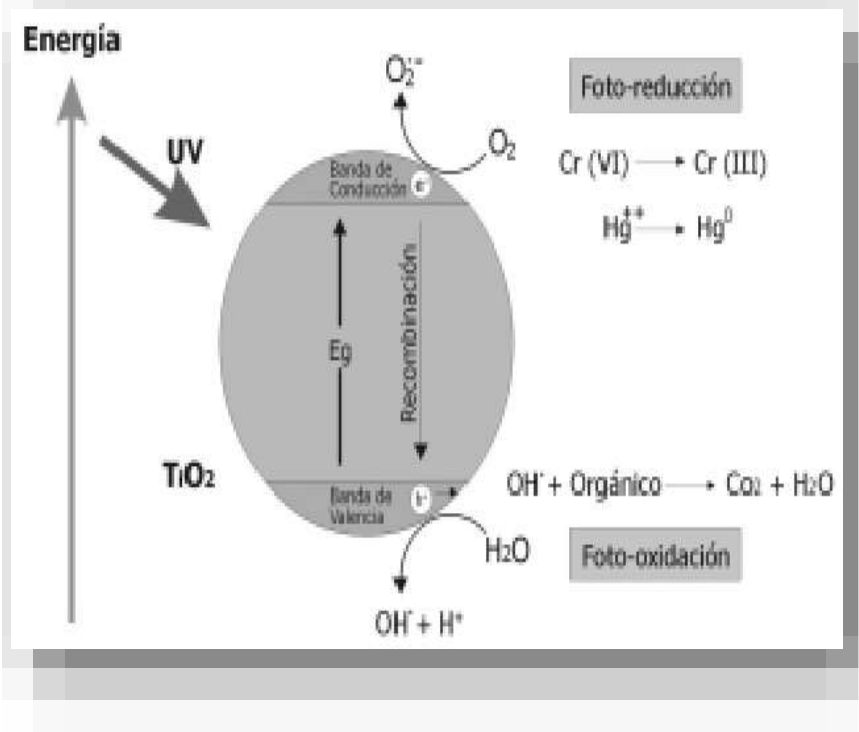
PROCESOS DE OXIDACIÓN AVANZADA (AOPS)

Fotocatálisis, con **irradiación de un semiconductor** con energía UV ($\lambda < 390$ nm) o visible (dopado)

Eficiencia del sistema basada en la **producción de especies altamente oxidantes (·OH)**

Genera pares reactivos electrón – hueco.

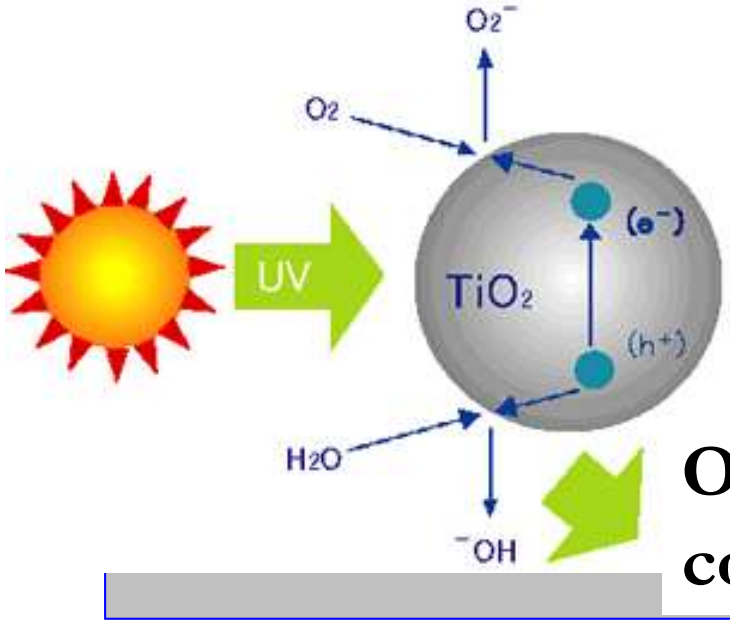
El sistema pueden ser mejorado con agentes dopantes



Hoffman 1995: Chang et al., 2004; Cheng et al., 2004; Grimau et al,. 2005

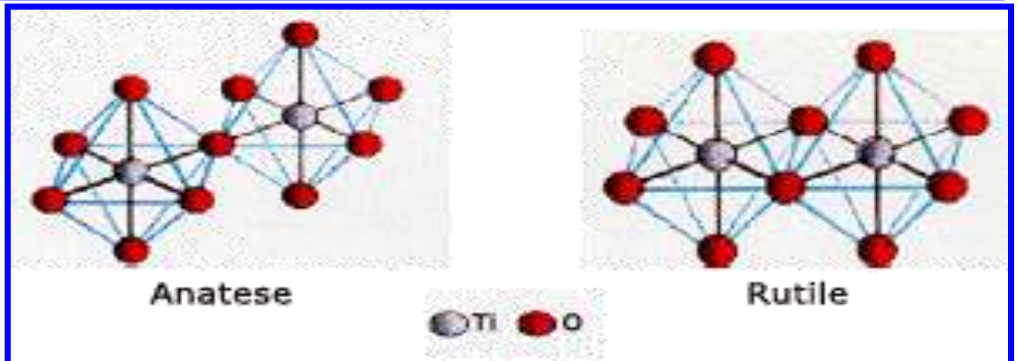
TRATAMIENTO NANOTECNOLÓGICO

(FOTOCATÁLISIS CON $TiO_2/UV/O_2$)



Oxidación de compuestos

$$TiCl_4 + 2H_2 + O_2 \xrightarrow{1200\ ^oC} TiO_2 + 4HCl$$



Dióxido de titanio Degussa P-25

MECANISMOS DE DESINFECCIÓN

RADIACIÓN

La absorción de radiación ultravioleta (UV), causa reacciones fotoquímicas en los componentes fundamentales de las células.

Interrumpe el mecanismo de duplicación, o se causa la ruptura de las células, que causa su muerte.

FOTOCATÁLISIS

Oxidación directa de la coenzima A, por radicales $HO^{\bullet}$ y probablemente otras especies activas como, $O_2^{\bullet -}$, $HO_2^{\bullet}$ y H_2O_2 provocan daños sobre los microorganismos.

ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS

Bacterias: *Escherichia coli, Lactobacillus acidophilus, Fecal Coliforms, Streptococus mutans, Streptococus rattus, Streptococus cricetus, Streptococus sobrinus AHT, Deinococcus radiophilus (que es* resistente a los rayos γ y poco atacable por HO•, *Serratia marcescens*

Levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*

Algas: *Chlorella vulgaris*

Virus: *MS2 fago, B. fragilis bacteriofago y Poliovirus 1. Los virus requieren el uso de* agentes adicionales como el Fe(II) y la presencia de O_2

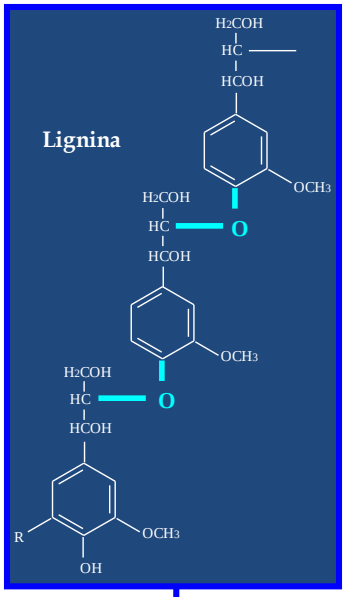
APLICACIONES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO BIOTECNOLOGÍA/NANOTECNOLOGÍA

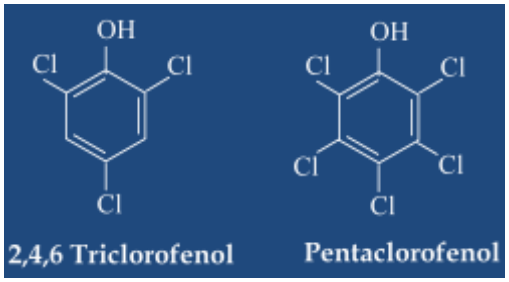
- INDUSTRIA PAPELERA
- RECICLAJE DE PAPEL
- TEXTIL

- DEL BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ
- LAVADO DE RECIPIENTES DE PLAGUICIDAS

- AGUAS GRISES
- TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

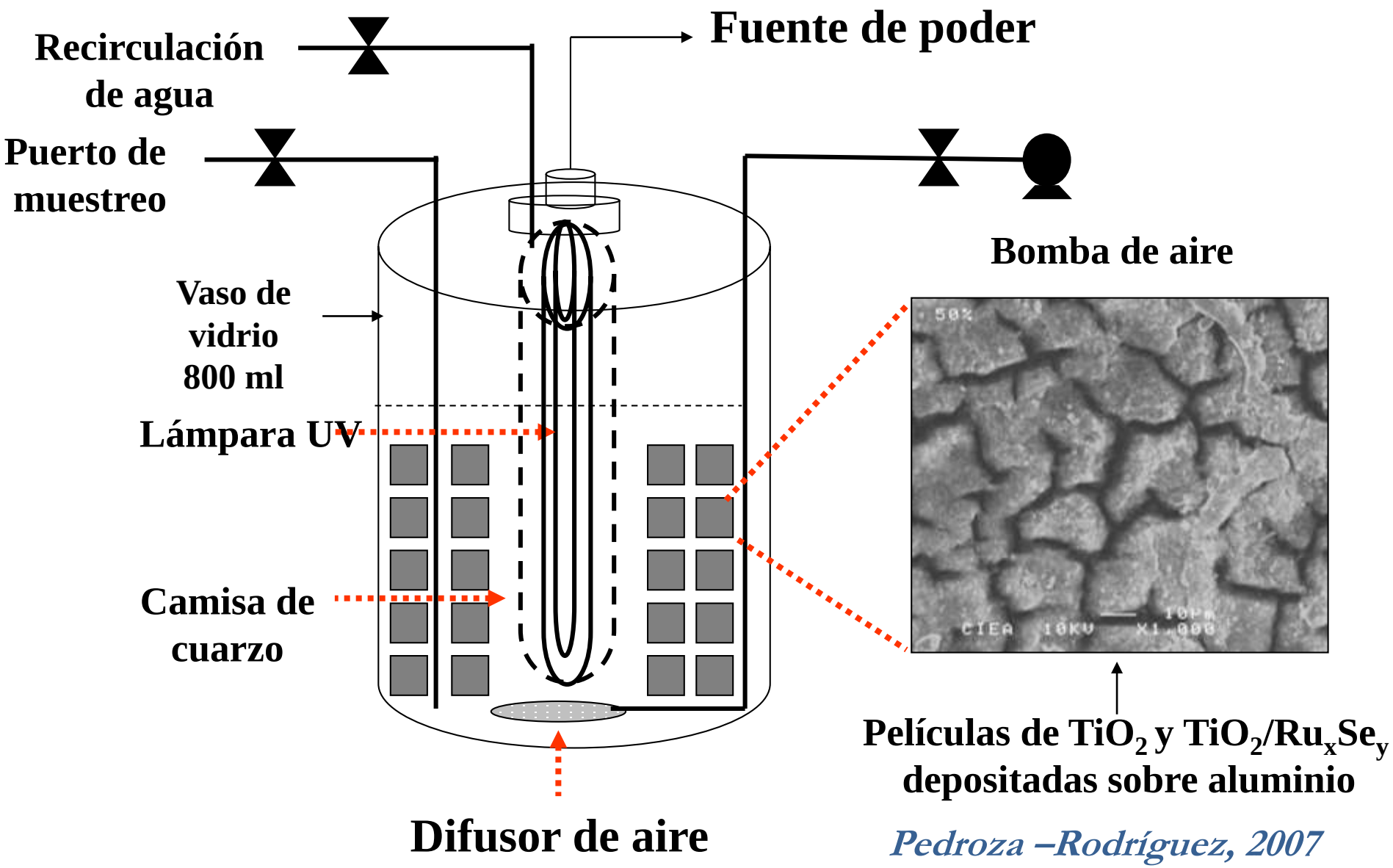
TRATAMIENTO DE UN AGUA RESIDUAL DE LA INDUSTRIA PAPELERA CON EL SISTEMA COMBINADO HONGOS-$TiO_2Ru_xSe_y$/UV



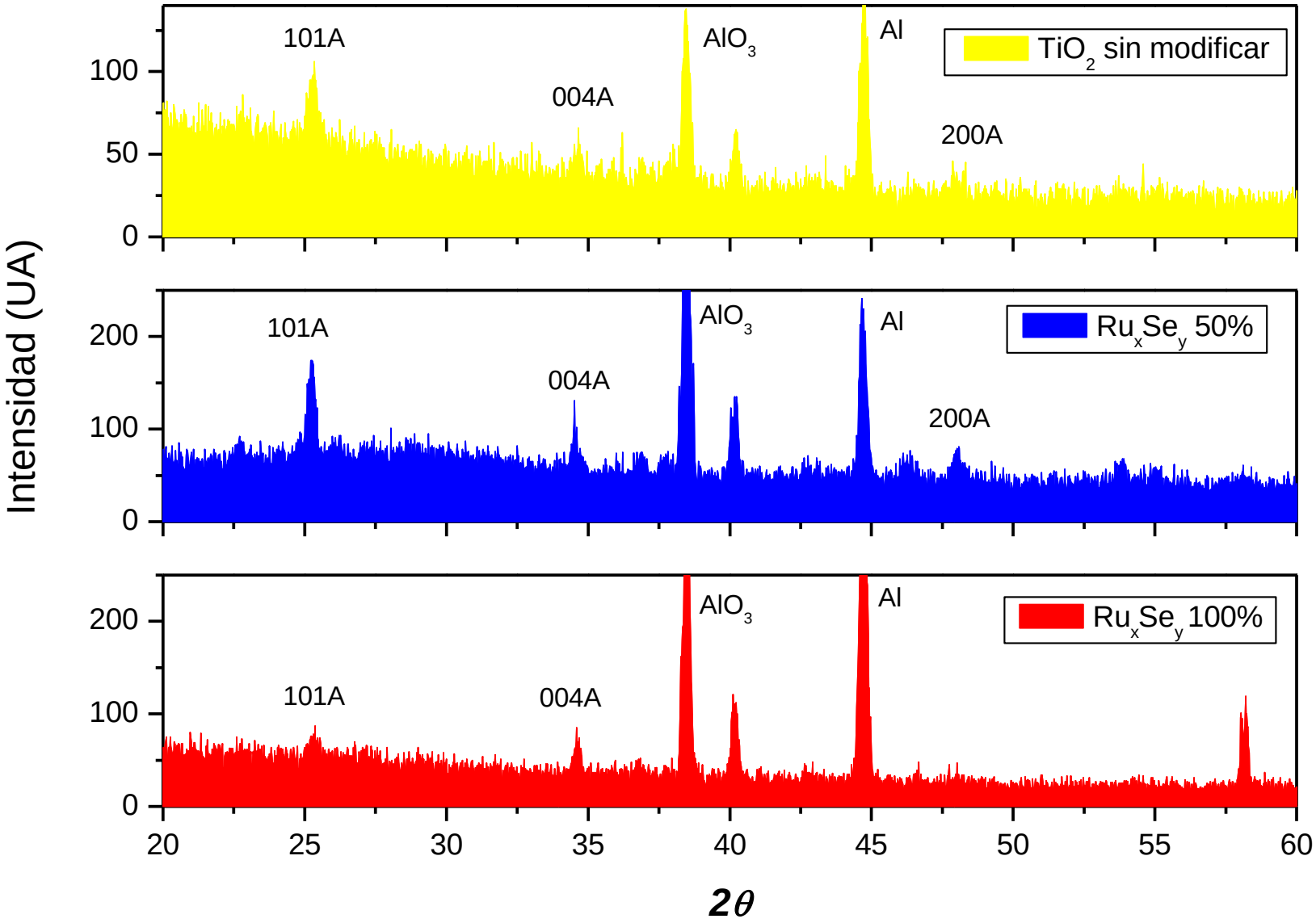


Pedroza-Rodríguez, 2007

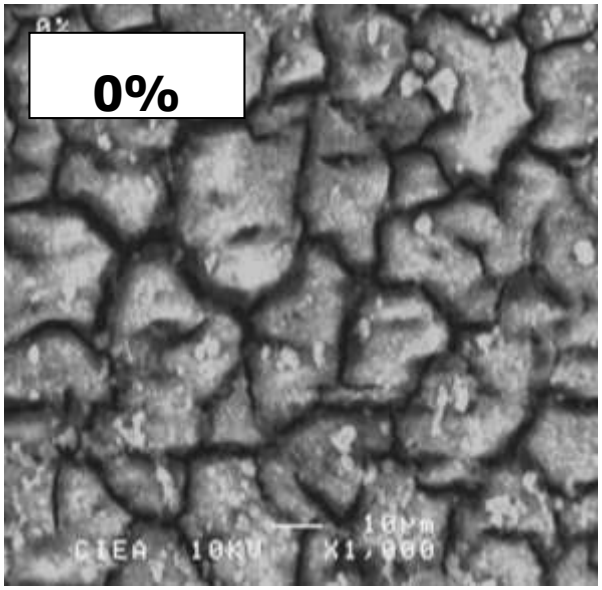
REACTOR FOTOCATALÍTICO TiO_2/UV/Ru_xSe_y

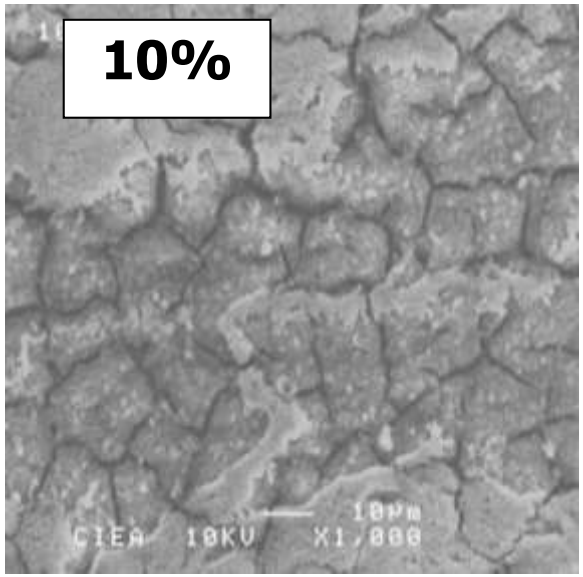


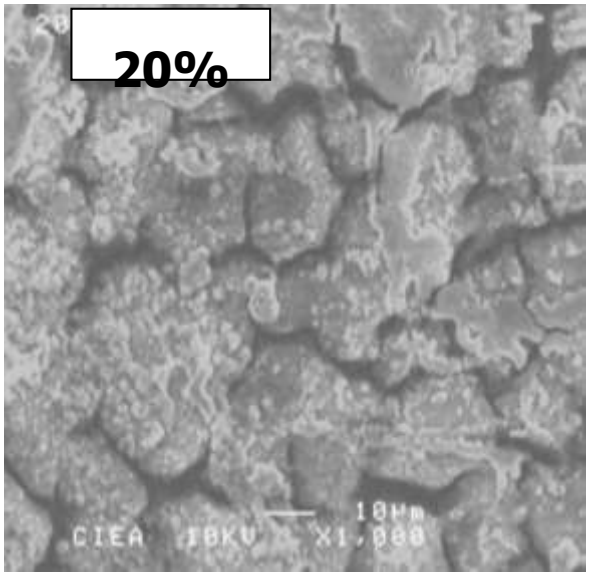
DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE LAS PLACAS DE TiO_2 NANOESTRUCTURADAS ¸CON RuxSey

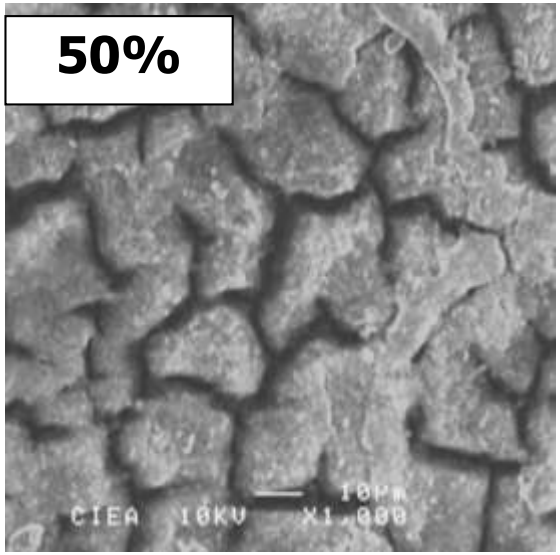


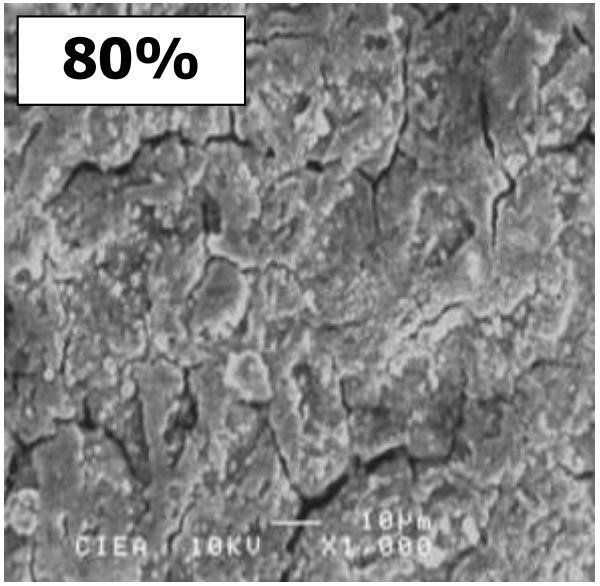
MICROSCOPÍA DE BARRIDO DE LAS PLACAS DE TiO_2 NANOESTRUCTURADAS CON RuxSey

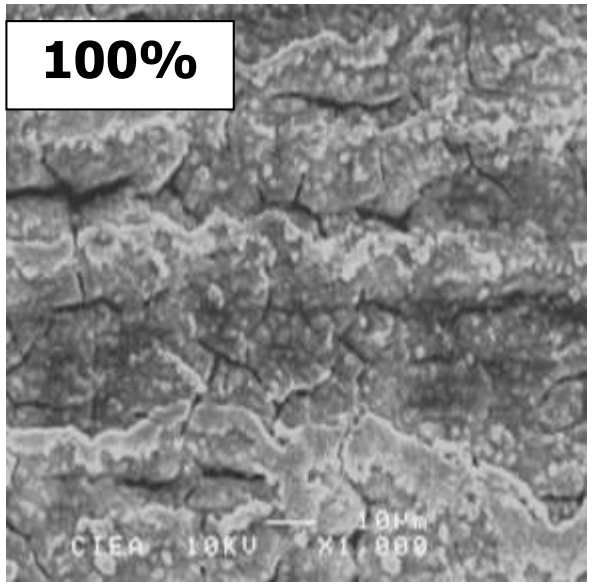












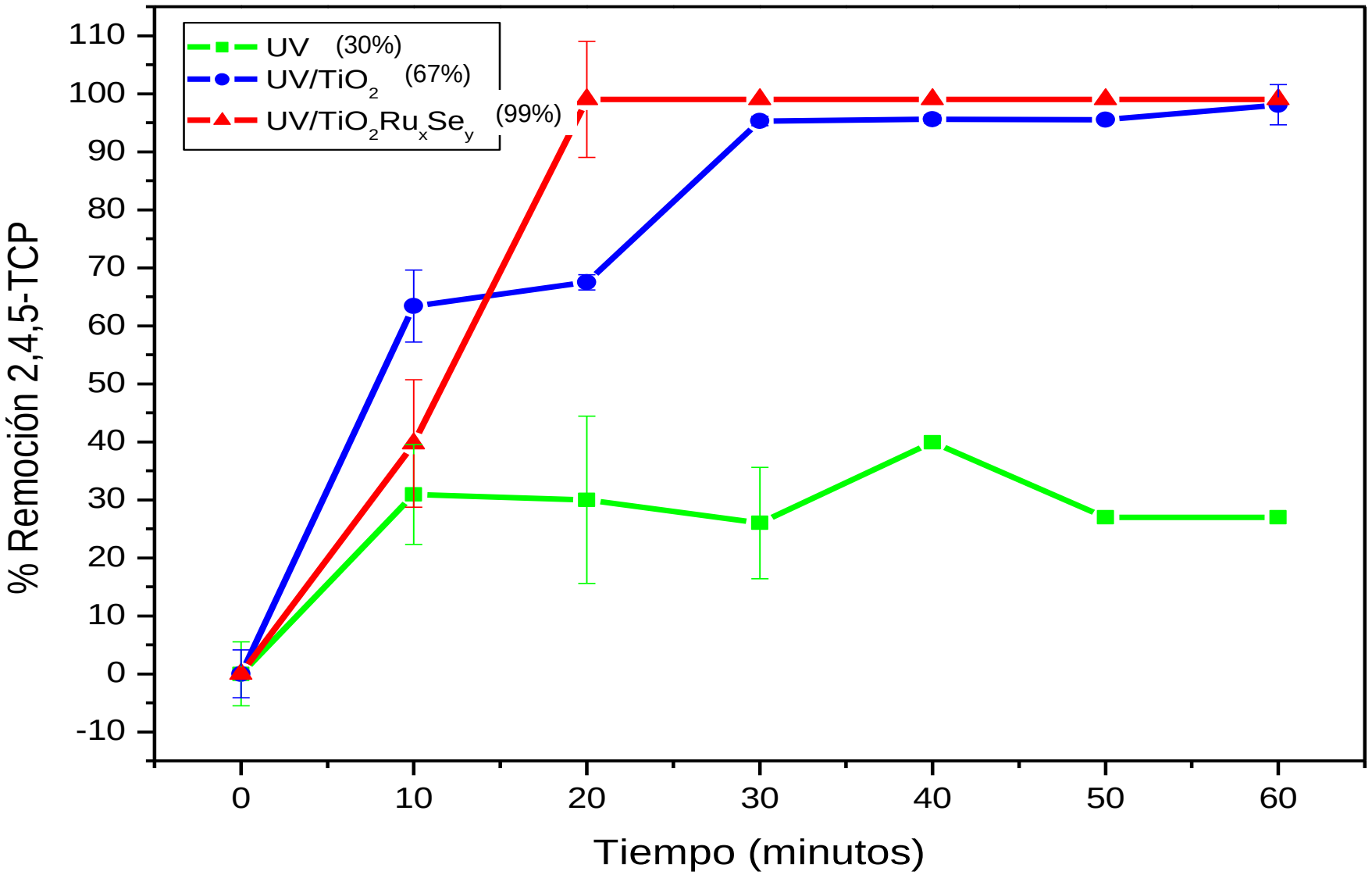
TRATAMIENTO BIOTECNOLÓGICO-FOTOCATALÍTICO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE PULPEO

Parámetro	Afluente	*T. versicolor*	$UV/TiO_2Ru_xSe_y$	Remoción (%)
pH	5.5	4.1	4.8	-
UC	5800	1147	435	92
DQO mg L^{-1}	59000	10400	1600	97
PCP mg L^{-1}	13	0.1	-	99
2,3,4,6- TCP mg L^{-1}	12.1	0.1	-	99
2,4,5, TCP mg L^{-1}	8.4	8.6	0.1	99
3,4 DCP mg L^{-1}	11.3	0.12	0.1	99
4CP mg L^{-1}	15	3.4	0.1	99
Bacterias Ufc mL^{-1}	$1.2x10^3$	$5.0x10^8$	$8.5x10^3$	5 unidades logarítmicas
Hongos Ufc mL^{-1}	$2.3x10^3$	$3.4x10^7$	$9.2x10^3$	4 unidades logarítmicas

PCP=Pentaclorofenol (Fungicida)

Pedroza-Rodríguez et al, Chemosphere, 2007

REMOCIÓN DE CLOROFENOL 2,4,5 –TCP POR EL SISTEMA FOTOCATALÍTICO NANOESTRUCTURADO



TCP= TRICLOROFENOL

Pedroza-Rodríguez et al, Chemosphere, 2007

TRATAMIENTO BIOLÓGICO/FOTOCATALÍTICO NANOESTRUCTURADO DE COMPUESTOS ORGÁNICOS CONTENIDOS EN EFLUENTES INDUSTRIALES

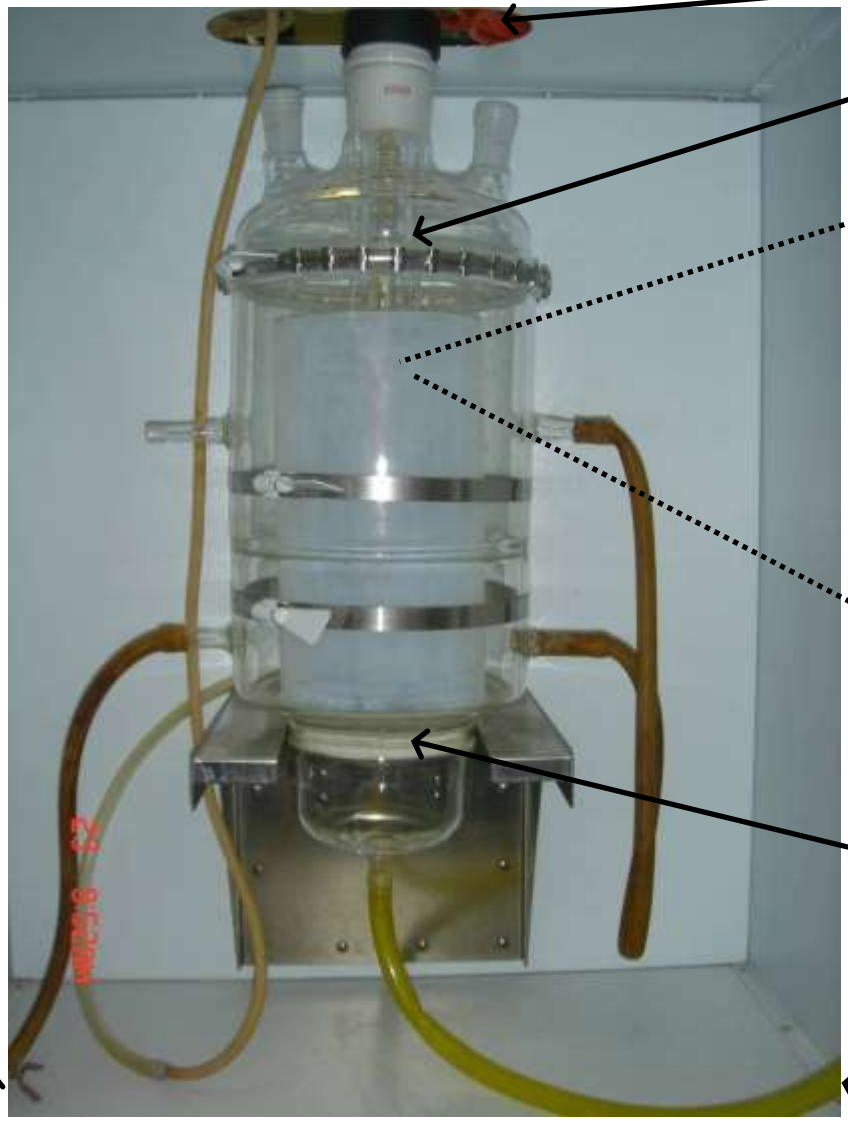
Beneficio húmedo

M.C. NATALIA TAPIA OROZO

EFFECT OF SURFACTANT ON TIO_2/UV MEDIATED HETEROGENEOUS PHOTOCATALYTIC DEGRADATION OF DDT IN CONTAMINATED WATER

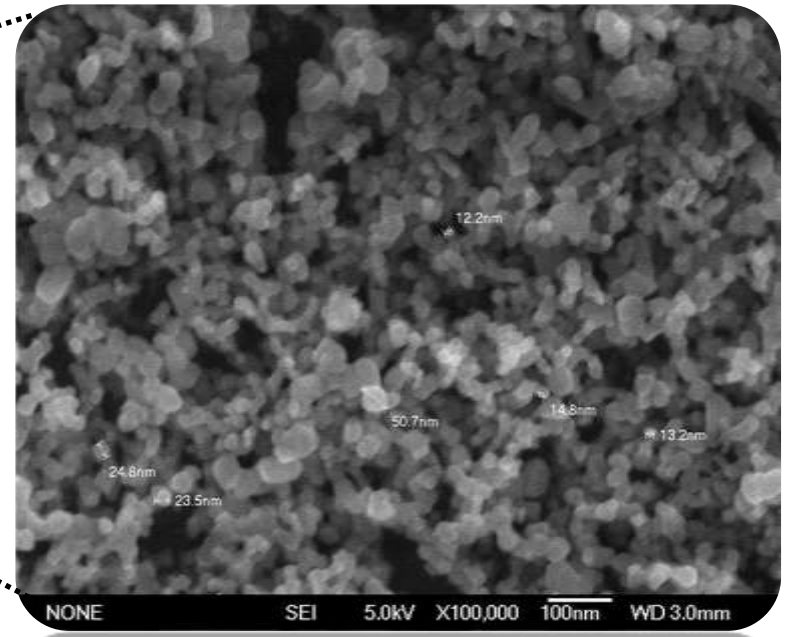
Shivangi Sinha (M.Tech, Nanotechnology)
Amity Institute of Nanotechnology,
Amity University
India

REACTOR FOTOCATALÍTICO NANOESTRUCTURADO



Suministro de energía

Lámpara de UV,
254 nm 60 watts



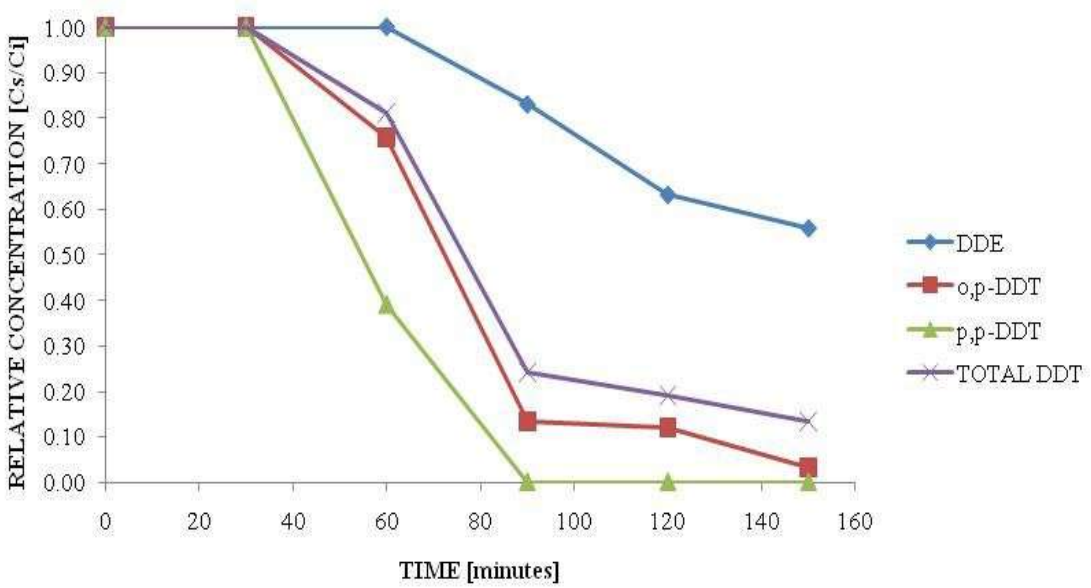
MEB del soporte
de vidrio revestido con
nanocristales de TiO_2

Difusor de aire

Suministro de aire

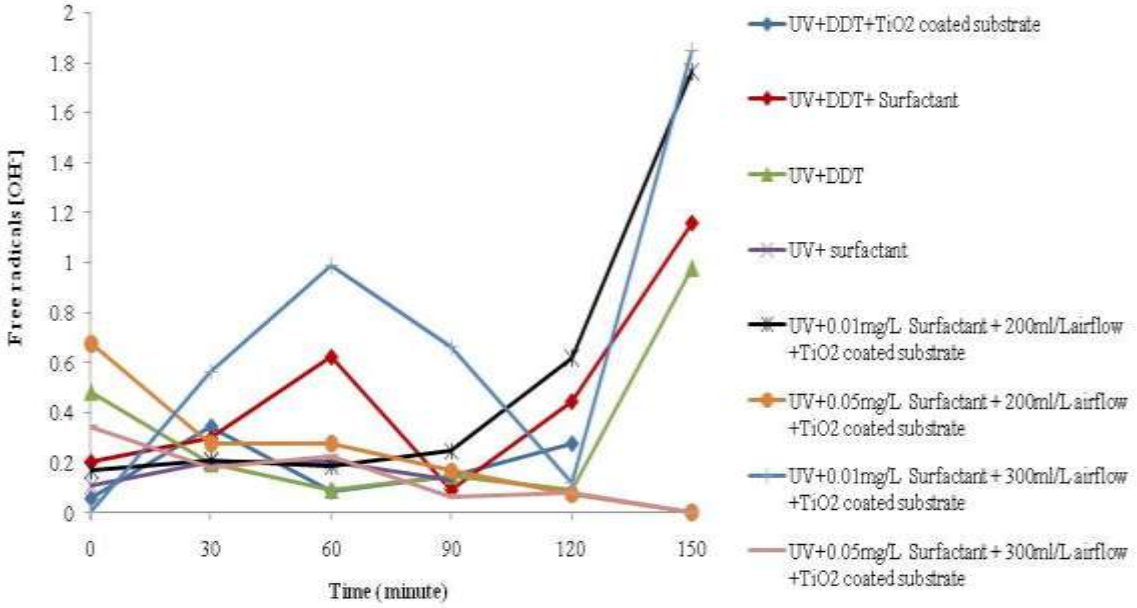
Suministro de agua contaminada

DDT DEGRADATION



Photodegradation kinetics for DDT above CMC (0.05mg/L) of surfactant.

Free radicals in the photocatalytic treatments.



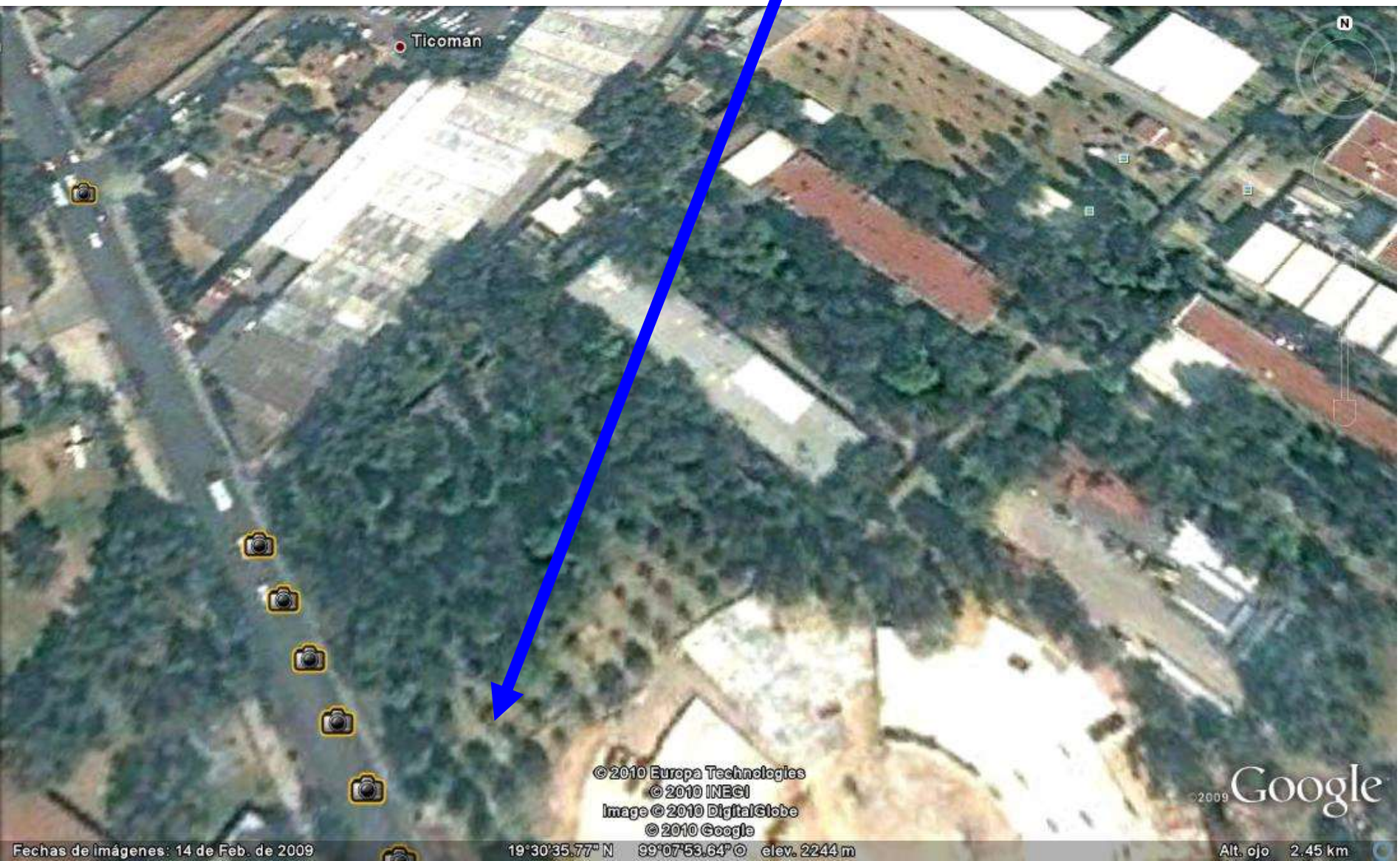
Shinha, et al, 2009; Shinha et al, 2009; Shinha et al 2009

TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS
(Ramal 1 del CINVESTAV)

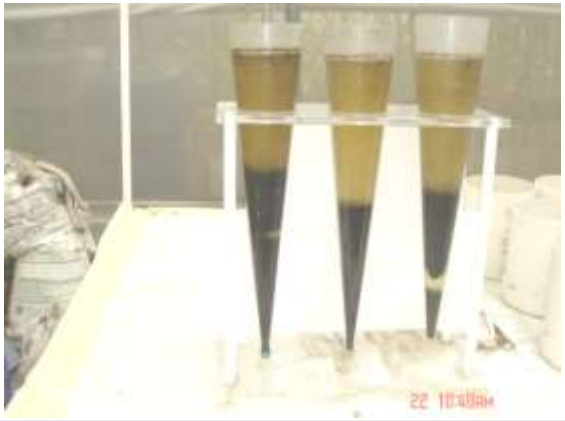
Planta Piloto de Fermentaciones, Depto. Biotecnología, Laboratorios Centrales, Biblioteca de Química, Depto. Química, Depto. Ing. Eléctrica

Descarga en Calzada Ticomán 9.74 L/Seg
Máxima descarga, 84 536 L/día

UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA



TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL EN EL LABORATORIO



Sedimentación de sólidos

Sólidos =30-40%

Metales:Cd, Pb, Cr, Fe

P= 34.6 mg/L; N= 35 mg/L

Bacterias =3.1x10^{-4} UFC/L; hongos 40 UFC/L

Adsorción de sólidos y eliminación de olores

Determinación de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

PARÁMETRO	INICIAL	ADSORCIÓN granzón (3mm)	ADSORCIÓN grava (6 mm)
DQO mg/L	520	91.70	231
DBO mg/L	342	96.00	
pH	7.6	8.20	8.3

Degradación de compuestos orgánicos y adsorción de metales por hongos

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Análisis	**Resultados**
pH	7.6 – 8.4
DQO (mg/L)	160, 250 – 350
DBO (mg/L)	71, 150 – 400
UC	240 – 511
Hongos (UFC/ml)	122
Bacterias (UFC/ml)	$5.25 \times 10^5 – 4.0 \times 10^6$
Fósforo (mg/L)	26.3 -34.7
Nitrógeno (%)	6 .44
Metales (mg/L)	Cd=0, Pb=9, Cr=0, Zn=0.72, Mn=16.8

Arista , Hernánez, 2011

REACTORES DE LECHO FLUIDIZADO CON *T. versicolor* inmovilizado y grano de café colonizado

	Variables	Niveles	
		-1	+1
A	pH	5.5	7.5
B	Aireación (vvm)	0.1	0.5
C	Inóculo	0.25% de paja	1% de paja
D	Soporte	poliuretano	Paja

	Diseño básico			
Corrida	A	B	C	D=ABC
1	-	-	-	-
2	+	-	-	+
3	-	+	-	+
4	+	+	-	-
5	-	-	+	+
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	+

AGUA RESIDUAL TRATADA CON *T. versicolor* INMOVILIZADO EN ESPUMA DE POLIURETANO

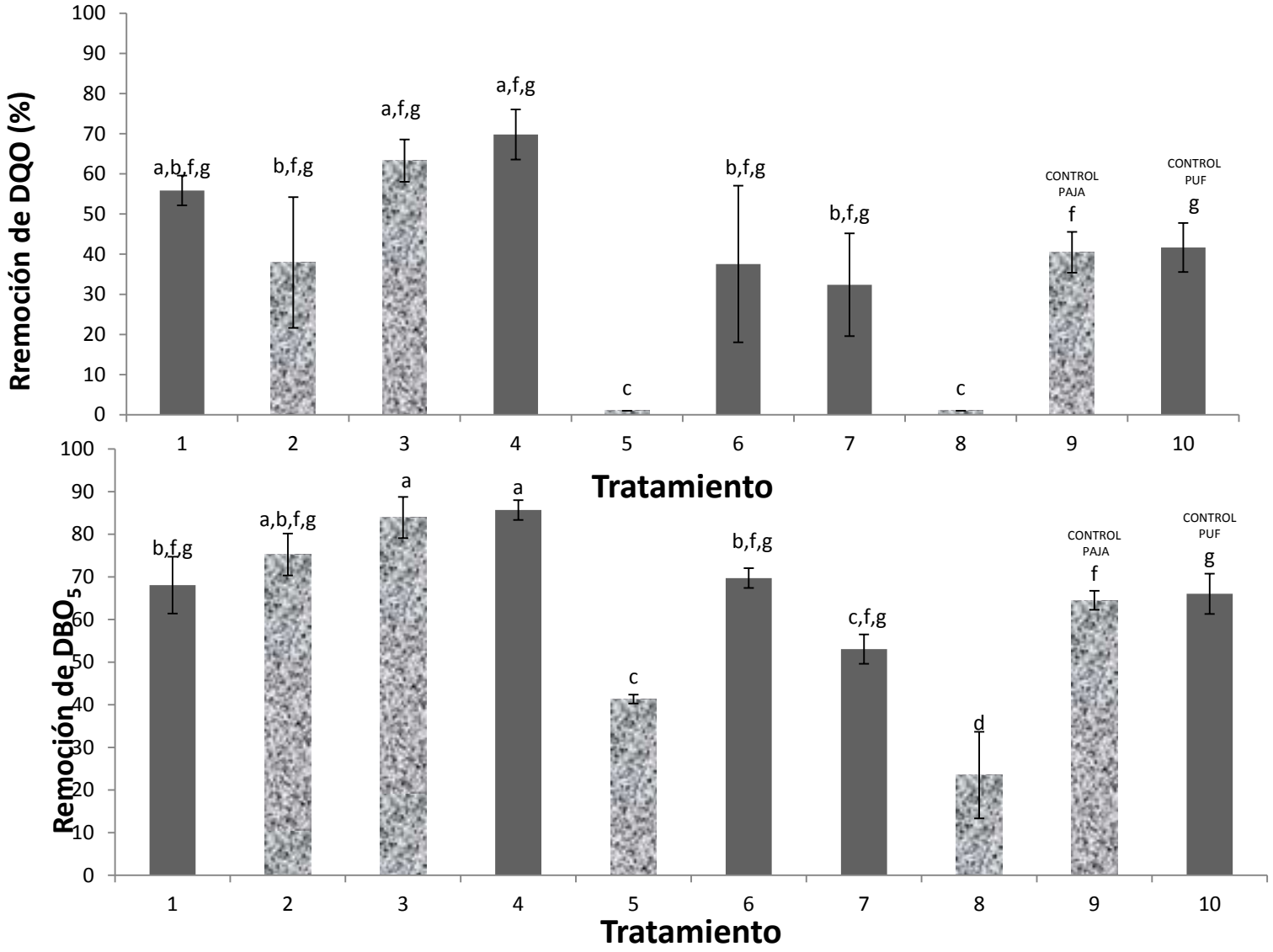
Características (%)	Tratamientos			
	1	2	3	4
DQO	55.84	36.48	32.51	71.08
DBO	69.42	68.74	53.31	72.90
UC	51.74	16.82	41.49	45.83
Pb	21.3±1.45	27.9±1.8	18.3±6.41	99.2±.01
Cu	48.8±17.6	38.5±15.8	82.2±8	87.6±4.33
Zn	2±1.1	8.3±2.1	63.2±9.7	68.0±14
Mn	96.2±2.3	97.5±2.0	91.±0.3	77.3±29.8

RemPb=41.99+21.65Aire+16.84 pH+18.8 Aire* pH
Rem Zn= 64.18 + 20.76 pH
RemDQO= 48.98+4.80 Aire+2.81pH +14.48 Aire* pH
RemDBO=63.84+2.98Aire-0.74 64 pH+6.82 Aire*pH

RemUC= 38.97-7.65Aire+4.69pH +9.81 Aire*pH

Diaz-Sánchez, 2011

REMOCIÓN DE DQO Y REDUCCIÓN DE DBO

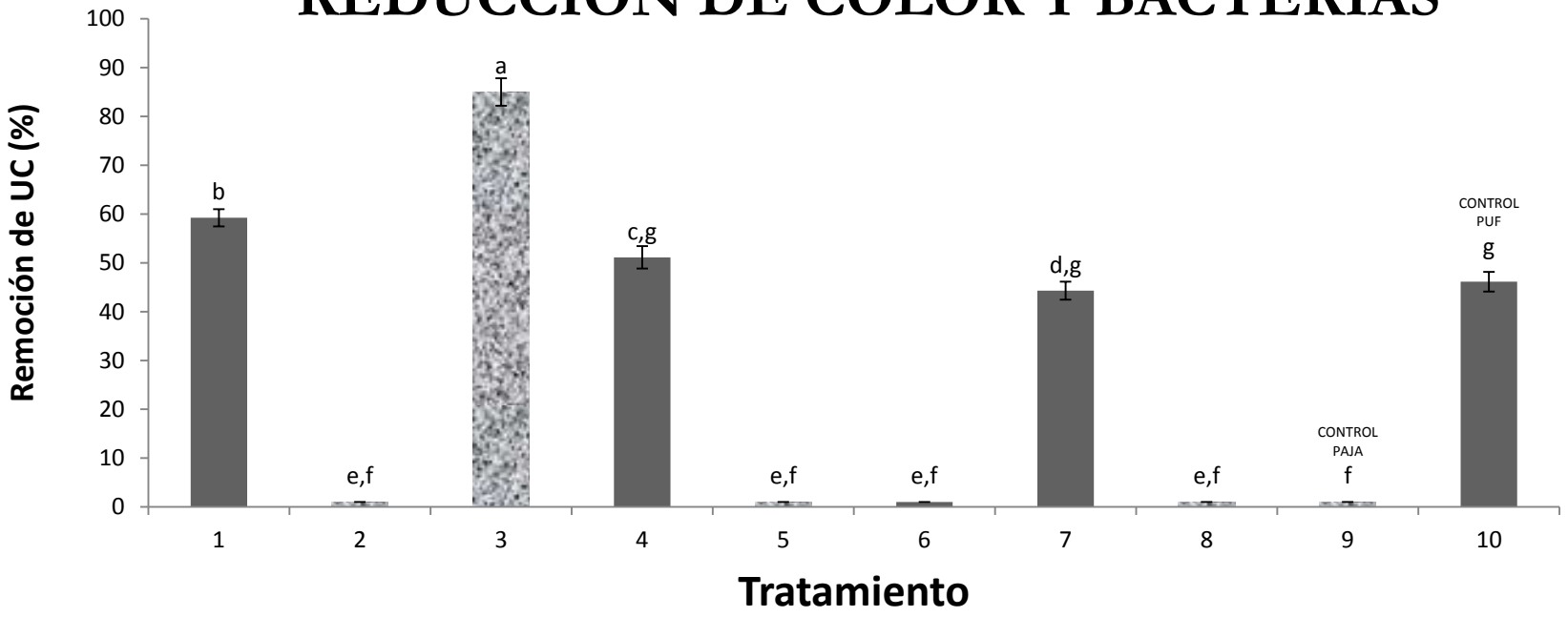


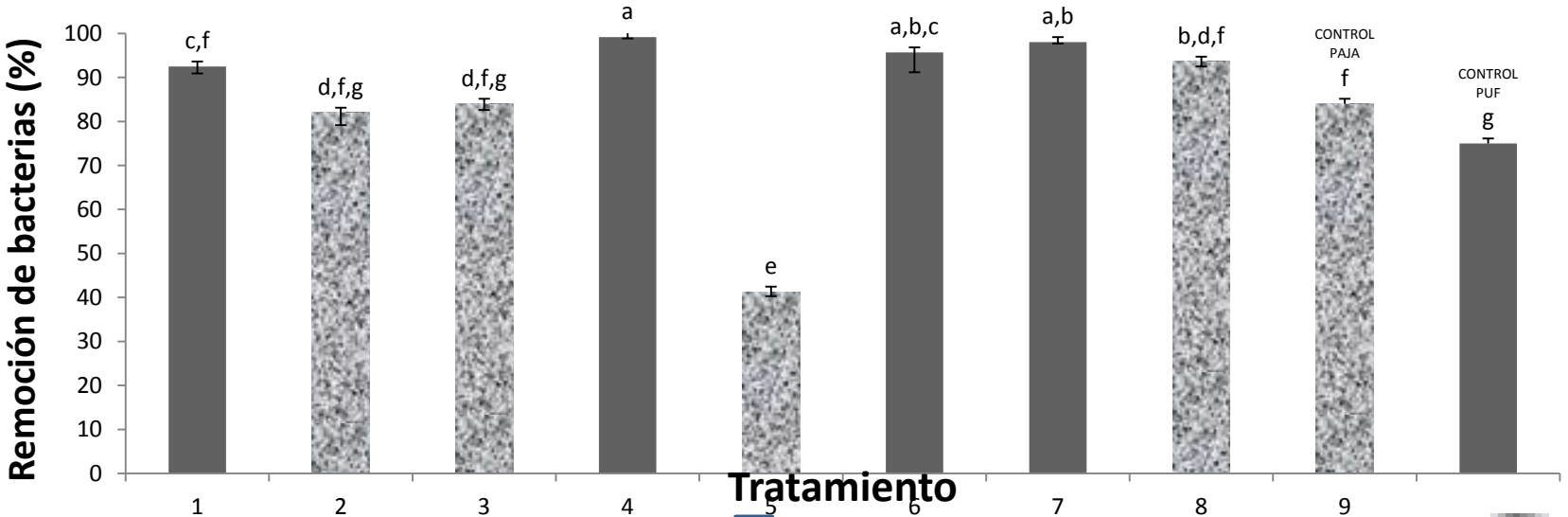
Tratamientos con a café- paja. Con *T. versicolor* inmovilizado en espuma de poliuretano

La comparación de medias con Dunnett (α = 0.05). Misma letra no son significativamente diferentes

Diaz-Sánchez, 2011

REDUCCIÓN DE COLOR Y BACTERIAS



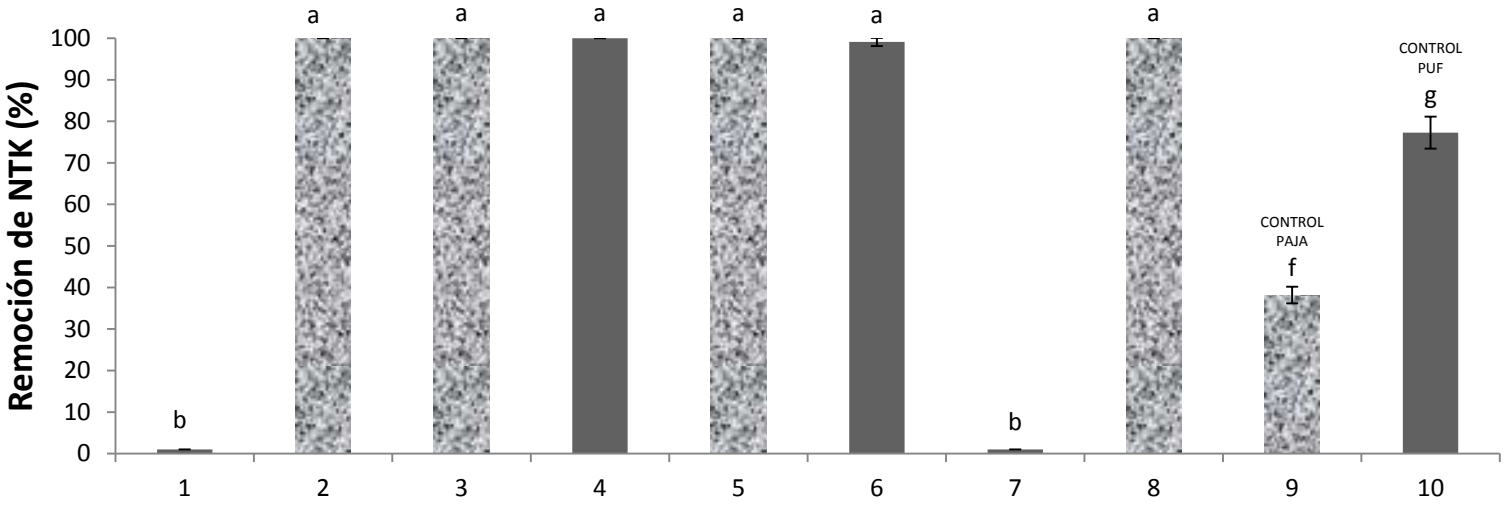


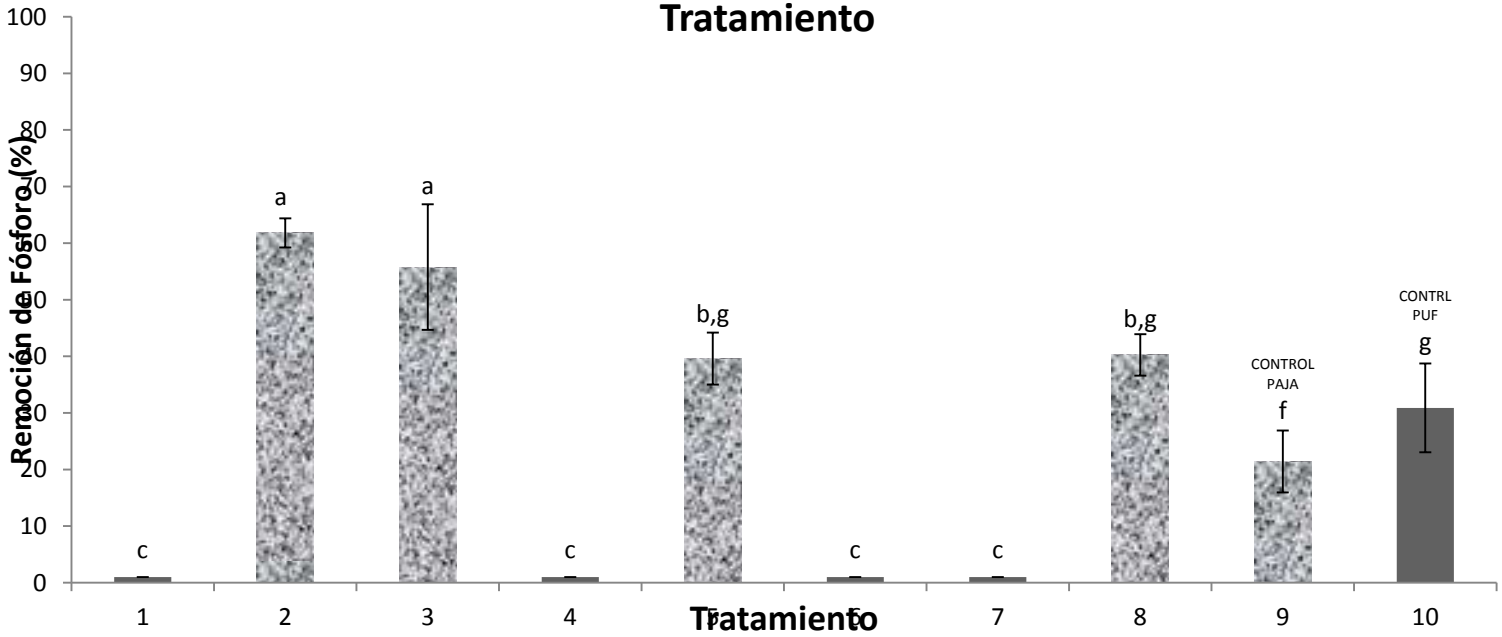
T. Versicolor inmovilizado en espuema de poliuretano. Grano de café inmovilizado en café- paja

Dunnett con α = 0.05. Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes

Diaz-Sánchez, 2011

REMOCIÓN DE N Y P TOTAL



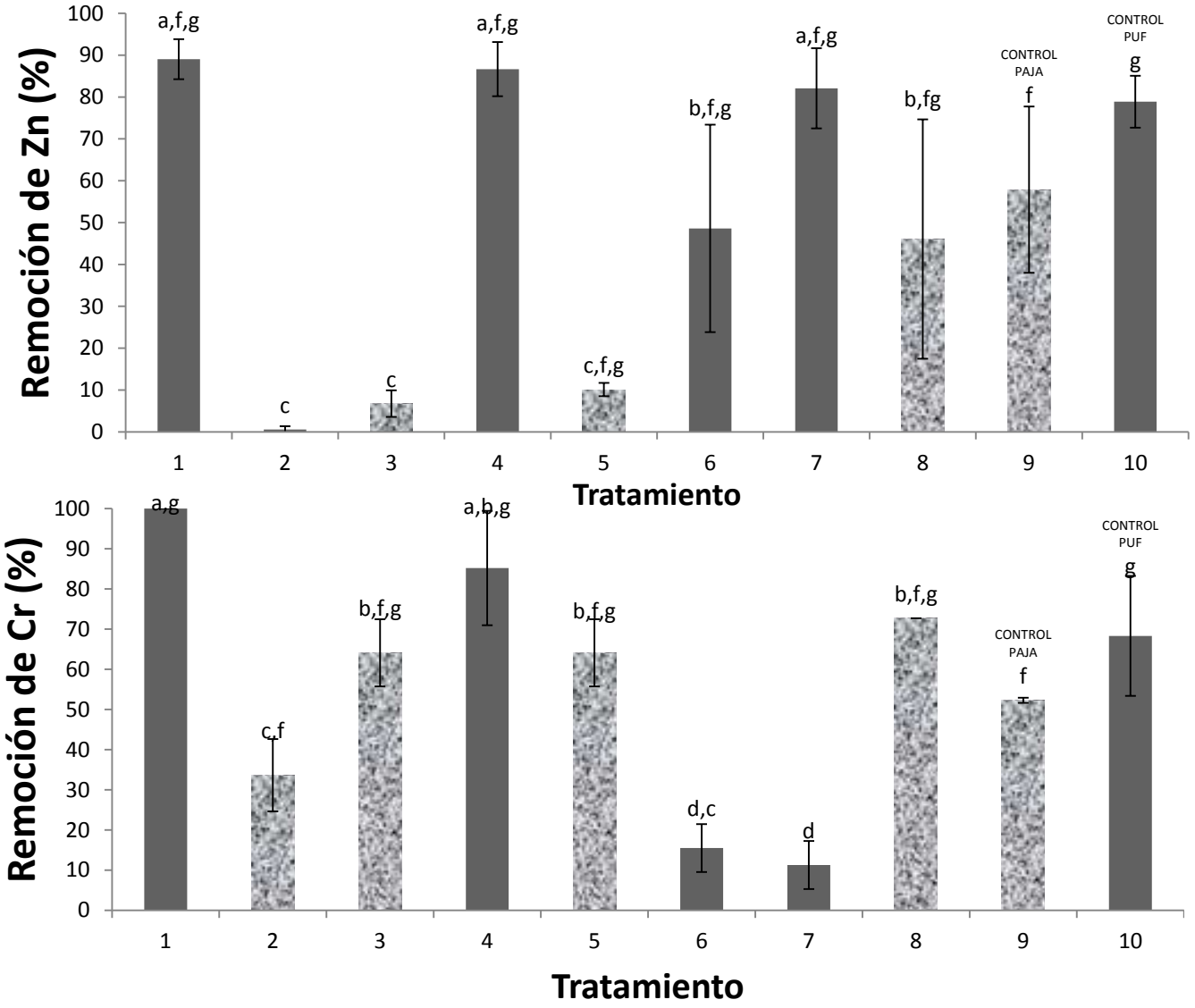


T. Versicolor inmovilizado en espuema de poliuretano

Grano de café inmovilizado en café- paja

Diaz-Sánchez, 2011

REMOCIÓN DE Zn Y Cr



T. Versicolor inmovilizado en espuma de poliuretano

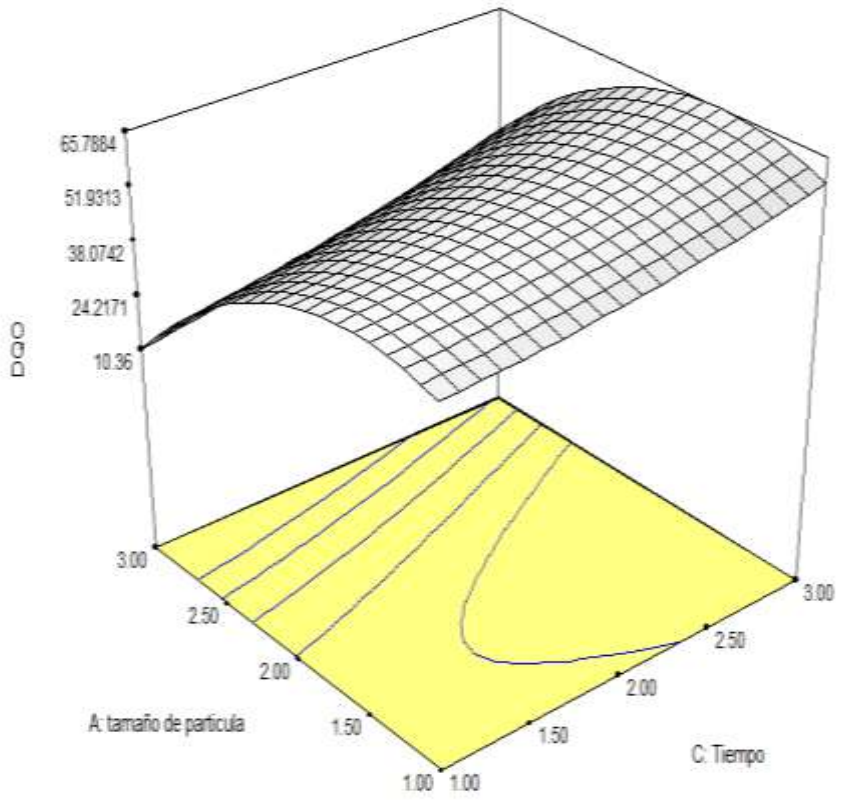
Grano de café inmovilizado en café-paja

Diaz-Sánchez, 2011

TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN (Diseño Box-Behenken)

	VARIABLES INDEPENDIENTES			VARIABLES DEPENDIENTES			
Corrida	**Tamaño de partícula**	**Volumen (ml)**	**Tiempo (Días)**	**pH**	**DBO %**	**DQO %**	**UC %**
1	1	700	2	8.07	0	56.79	33.34
2	3	700	2	8.43	70.29	26.11	22.22
3	1	1300	2	7.95	0	56.79	35.29
4	3	1300	2	8.3	22.29	16.29	21.48
5	1	1000	1	8.23	39.05	39.33	61.58
6	3	1000	1	8.33	1.14	6.93	0
7	1	1000	3	7.8	**57.14**	**62.93**	35.29
8	3	1000	3	8.16	74.67	40.62	41.43
9	2	700	1	8.21	54.39	53.28	0
10	2	1300	1	8.33	0	55.77	6.86
11	2	700	3	8.31	0	64.26	69.08
12	2	1300	3	8.22	0	58.17	72.03
14	2	1000	2	8.28	38.85	44.08	36.92
15	2	1000	2	8.23	9.55	55.09	61.08
16	2	1000	2	8.23	**49.87**	**58.11**	**67.62**
17	2	1000	2	8.16	45.33	34.99	41.9

EFECTO DE TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIEMPO EN LA DQO TRATAMIENTO POR FILTRACIÓN



Análisis del agua residual tratada por fotocatálisis heterogénea TiO_2/UV.

Análisis	**Resultados**
pH	7.67
DQO (mg/L)	80
DBO (mg/L)	32
UC	15. 15
Hongos (UFC/ml)	0
Bacterias (UFC/ml)	0

Arista , Hernánez, 2011

PLANTA DE TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL DEL CINVESTAV POR BIOTECNOLOGÍA-NANOTECNOGÍA

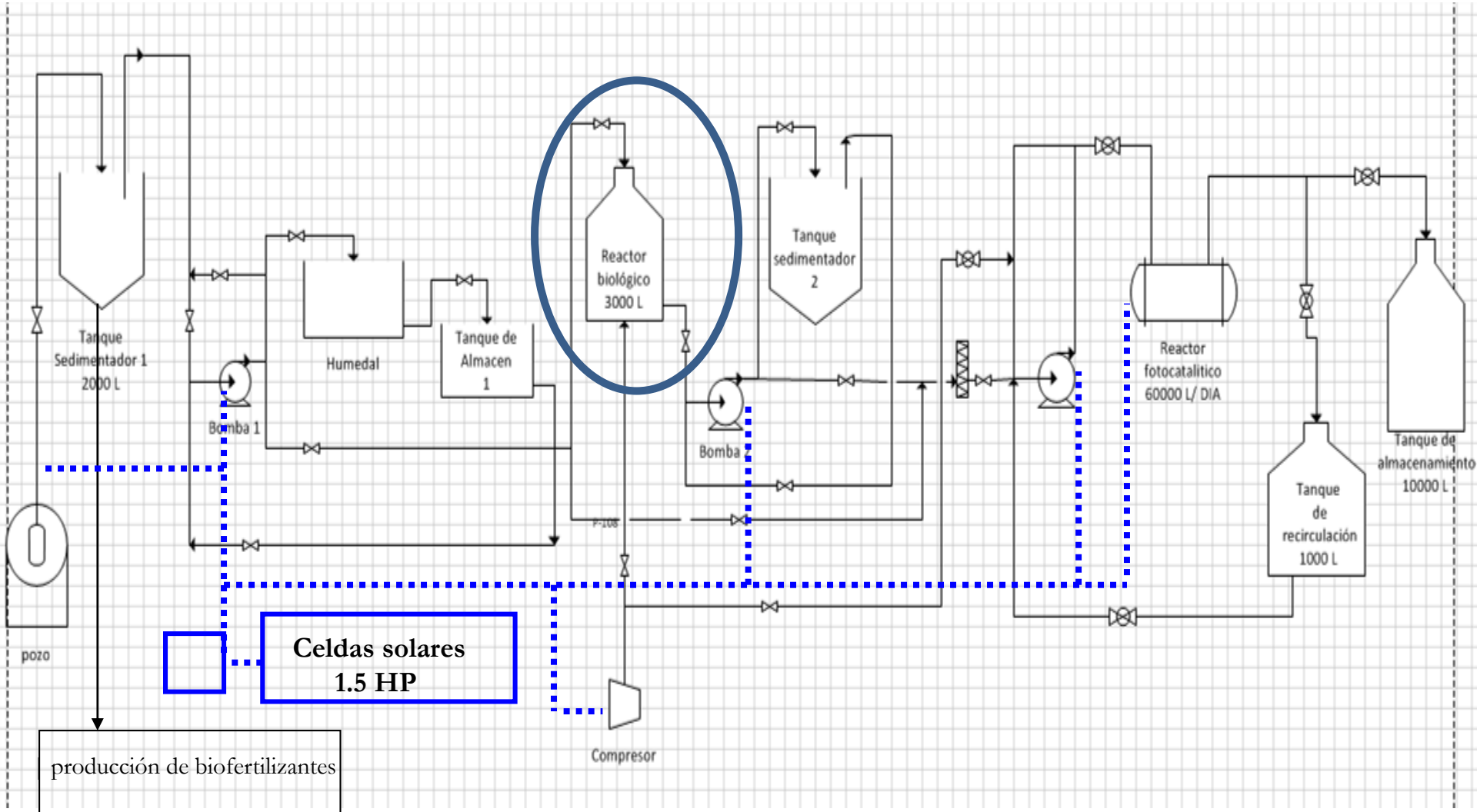
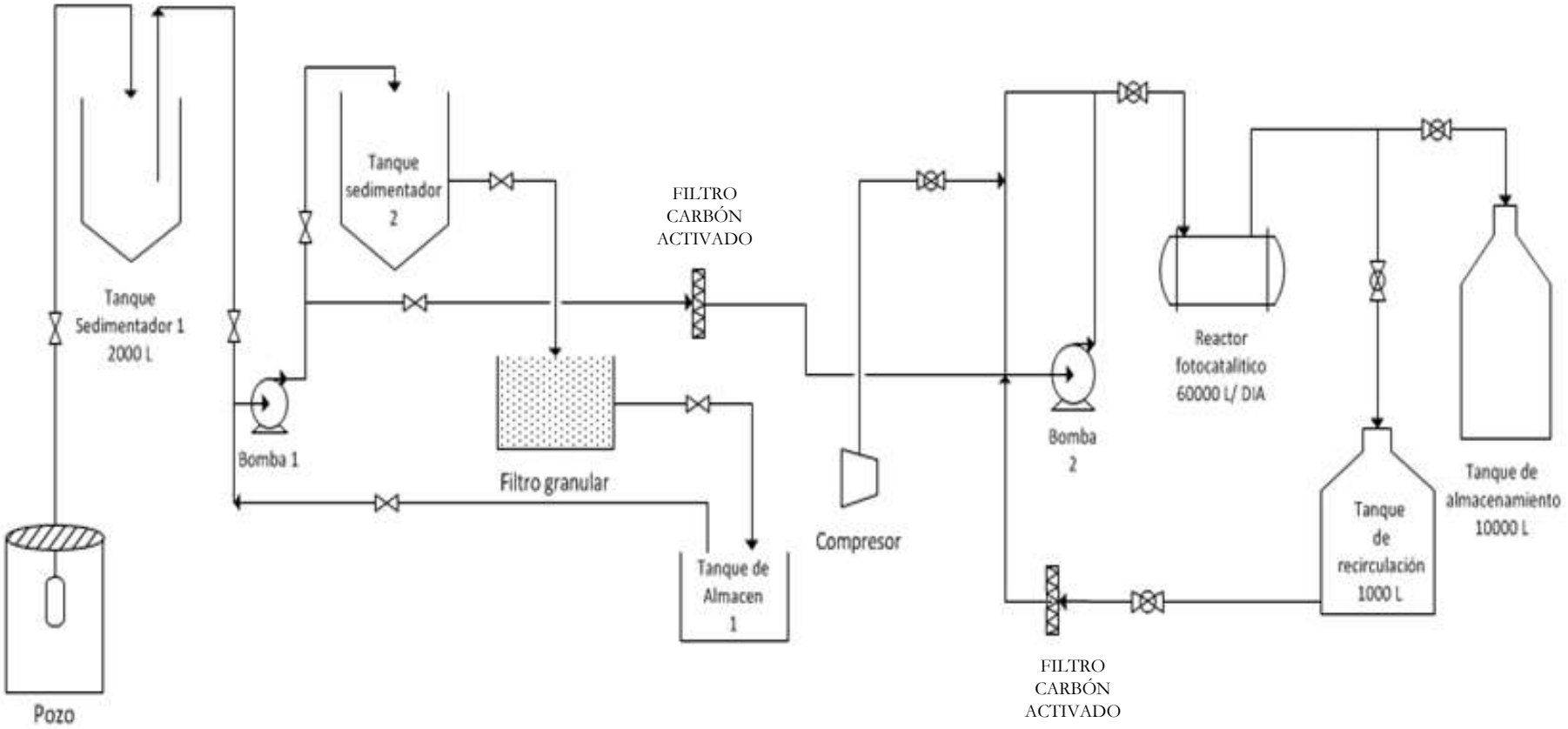


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA PILOTO



Arista , Hernández, 2011

INTEGRACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

PLANTA DE TRATAMIENTO

Vista general de la planta piloto de tratamiento

Detalle del sistema de adsorción (grava)

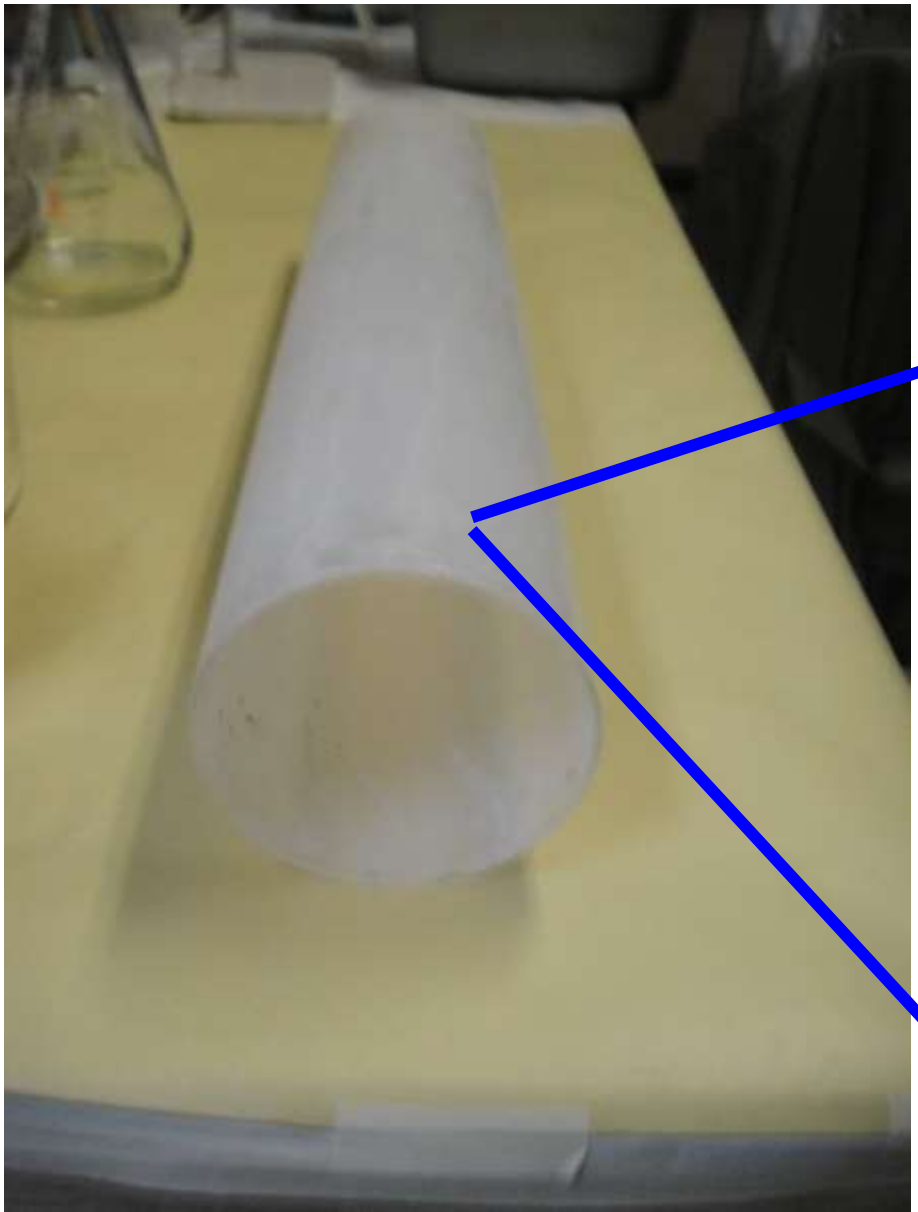
Llenado de agua del sedimentador

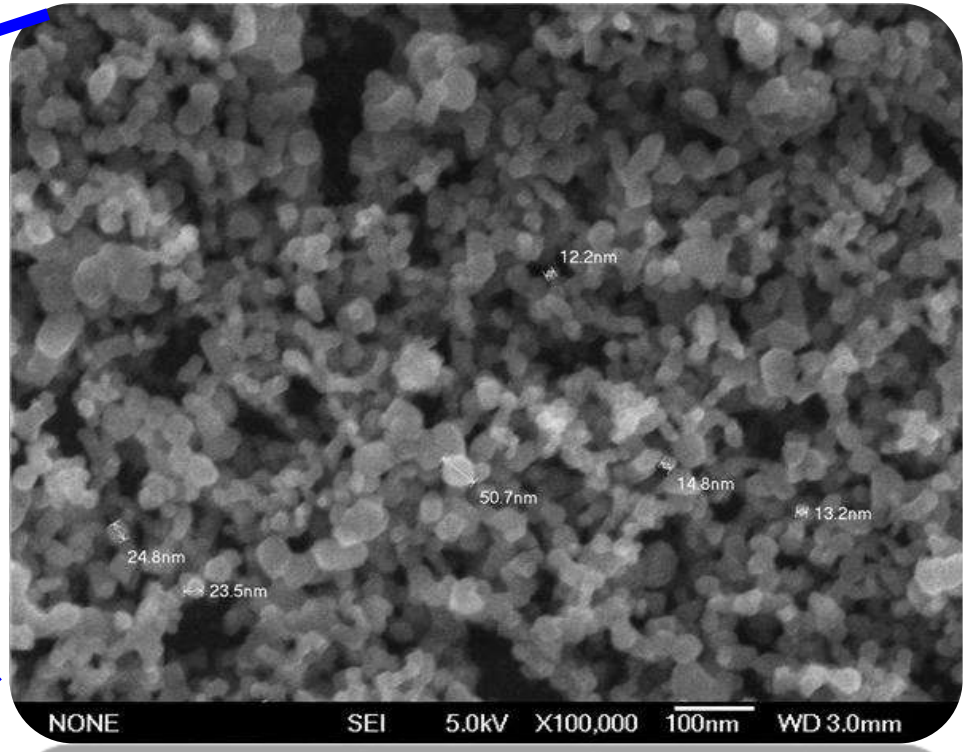
1. Sedimentador
2. Filtro de carbón activado
3. Reactor fotocatalítico nanoestructurado
4. Sistema de adsorción (grava-plantas)

PURIFICACIÓN DEL AGUA EN EL REACTOR FOTOCATALÍTICO NANOESTRUCTURADO

(60, 000 l/día)

SOPORTE CON NANOPARTÍCULAS DE TiO_2





TRATAMIENTOS PRIMARIO Y SECUNDARIO

pozo

PURIFICACIÓN DEL AGUA

Tratamiento terciario

POR NANOCRISTALES DE TIO_2

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL TRATADA EN LA PLANTA PILOTO

Etapas	1 Inicial	2 Coagulación	3 Filtro granular	4 Fotocatálisis
Análisis	Conc. (ppm)	Conc. (ppm)	Conc. (ppm)	Conc. (ppm)
DBO_5	299±9.89	254±14.14	150±7.07	30±7.07
DQO	484±5.65	360±7.07	200	56.5±4.94
UC	385.3±11.93	184.3±11.71	70±2.82	34
Fósforo	10	1.25±0.21	0.98±0.02	0.95±0.07
Nitrógeno	71±1	68.5±0.70	11.75±5.30	1.7
Bacterias	2.7 $X10^6$ UFC			0
Hongos	120			0

Arista , Hernández, 2011

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES POR ETAPAS DEL TRATAMIENTO EN PLANTA PILOTO

	Inicial	1 Coagulación	2. Filtro granular	3 Fotocatálisis	Remoción total (%)
Análisis	**Conc. (ppm)**	**(%)**	**(%)**	**(%)**	
DQO	484±5.65	25.62	33.06	**29.65**	**88.33**
DBO_5	299±9.89	15.05	34.78	**40.13**	**89.97**
UC	385.3±11.93	52.17	29.67	**9.34**	**91.18**
Fósforo	10	87.50	2.70	**0.30**	**90.50**
Nitrógeno	71±1	3.52	79.93	**14.15**	**97.61**
Bacterias **Hongos**	2.7 $X10^6$ UFC 120			**100** **100**	
Coliformes totales (NMP/100 ml) **Coliformes fecales (NMP/100ml)**	2400 9			**0** **0**	
E. Coli	Positiva			negativa	

COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA TRATADA Y LA NORMATIVIDAD

Características	Promedio Mensual	Promedio Diario	Promedio Mensual
Análisis	**Agua tratada (mg/L)**	**Concentraciones máximas permisibles Para uso público urbano según la NOM_001-1996-SEMARNAT(mg/L)**	**Concentraciones máximos permisibles para reuso como contacto al publico indirecto u ocasional según la NOM-ECOL-003- SEMARNAT**
DBO_5	**30±7.07**	**60**	**30**
DQO	**56.5±4.94**		
UC	**34**		
Fósforo (P)	**0.95±0.07**	**10**	
Nitrógeno (N)	**1.7**	**25**	
SST	**20**	**60**	**30**
SS	**1**	**2**	

SST= Sólidos Suspendidos Totales; SS =Sólidos sedimentables; P.M: Promedio Mensual; P.D: Promedio Diario

Arista , Hernádnez, 2011

En desarrollo a escala Comercial: PLANTA DE TRATAMIENTO TIPO BIOFILTRO, (Pajacuarán, Michoacán)

VENTAJAS DE LA FOTOCATÁLISIS HETEROGÉNEA

1. No produce compuestos halogenados, que pueden ser carcinogénicos, mutagénicos
2. Parece actuar sobre todos los tipos de bacterias, incluyendo Gram (+) y (-), y sobre otros microorganismos
3. Es económico: el fotocatalizador es abundante y barato, de recuperación es fácil, puede ser inmovilizado sobre varios tipos de soportes, puede usar luz solar
4. Uso en zonas rurales y remotas (campamentos, instalaciones militares), y para la desinfección de aguas municipales.
5. Se recomienda su uso en la desinfección, (como paso final de un tratamiento biotecnológico o de varias etapas, para remover la materia orgánica, que interfiere con el método.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Ciro Falcony (Depto. de Física, CINVESTAV)
M.C. Ana Soto (Depto. de Física, CINVESTAV)
Dr. Nicolás Alonso Vante (Universidad de Poitiers, Francia)
Dr. J. A. Ayllón (Universidad Autónoma de Barcelona, España)

CONACYT 48193 (2005-2009)
Ministerio de Ciencia y Tecnología de España. (PROYECTO INTERCAMBIO)
CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ESPAÑA
ICYTDF, PICSO10-51

AGRADECIMIENTOS

- **DRA. AURA MARINA PEDROZA RODRÍGUEZ**
  CINVESTAV-IPN/Universidad Pontificia Javeriana, Colombia

- **ING.RODOLFO MOSQUEDA**
  Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN

- **M.C. C. PAMELA DEL RIO GALVAN,**
- **M.C. ANGELES MEDINA MEDINA,**
- **M.C. NATALIA TAPIA OROZCO**
  (CINVESTAV-IPN)

- **M.Tech, Nanotechnology SHIVANGI SINHA**
  (Amity Institute of Nanotechnology, Amity University, India)

ARISTA NARCISO ARACELI (ESIQIE-IPN)
HERNÁNDEZ LEDESMA JOSÉ FERNANDO (ESIQIE-IPN)
BIOL. JESÚS DÍAZ SÁNCHEZ (Depto. Biotecnología)
Pasante Ing. Biónica HERNÁN VILLORDO MORALES (UPITA-IPN)
MAGNUS LUNDQVIST (Universidad de Kungliga Tekniska Högskolan**)**
M.C. NATALIA TAPIA OROZCO (Programa de Nanociencias y Nanotecnología)
M.C. ADRIANA RAMÍREZ CASTILLO (Depto. de Biotecnología)
IBQ. MA. DOLORES DÍAZ CERCANTES (Depto. de Biotecnología)
ING. VARGAS (CINVESTAV)
TÉC. MARIO RODRÍGUEZ (Depto. de Biotecnología)

CRÓNICA DE HOY

Desarrollan método para limpiar agua en menos de una hora

Degrada el 100 por ciento de desechos tóxicos mediante hongos y nanopartículas, señala Refugio Rodríguez, investigadora del Cinvestav .

Verónica Uriega | Academia

Agosto 13, 2009 | Hora de publicación: 01:00

Científicos del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) desarrollaron un sistema denominado Fotocatálisis heterogénea nanoestructurado, capaz de degradar desechos tóxicos en el agua hasta en un 100 por ciento en menos de una hora.

El grupo de investigadores, encabezado por Refugio Rodríguez Vázquez, crearon un sistema denominado Fotocatálisis —proceso a través del cual se incrementa la velocidad de una reacción química que involucra la absorción de luz— heterogénea nanoestructurado —estructura con un tamaño intermedio entre las estructuras moleculares y microscópicas— "consiste en introducir nanopartículas en un soporte donde se logran romper las estructuras químicas de los contaminantes en un periodo no mayor a 40 minutos.

La experimentación de esta tecnología se ha realizado en un lote de 800 ml de agua con 1.5 gr. de nanopartículas de óxido de titanio depositadas en soportes de vidrio y activados con una lámpara que emite rayos ultravioleta (UV), con lo cual se obtienen resultados satisfactorios y se logran remover en su totalidad los compuestos tóxicos.

De acuerdo con la experta, antes de aplicar el método los contaminantes más difíciles de fragmentar, como ascarales o aceite de transformador, son sometidos a un tratamiento previo llamado sistema biológico; éste funciona gracias a unos hongos de condición blanca —champiñones y setas— que logran transformar las partículas en compuestos más sencillos.

Una vez lograda la conversión, señaló, se aplica el proceso de fotocatálisis de manera eficaz.

Rodríguez Vázquez comentó que el proyecto surgió en 2003 y cuenta con la colaboración de distintas instituciones como: la Universidad de Poitiers, en Francia; Universidad Autónoma de Barcelona, España; Universidad Pontificia Javeriana, de Colombia, y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt).

Hasta ahora, indicó, se han obtenido resultados positivos en el tratamiento de aguas residuales de importantes empresas de la industria papelera y del café.

Por otro lado, la ganadora a la mejor tesis ambiental por Enviro Pro (Feria y Congreso Internacional de Tecnología para el Medio Ambiente), tiene planeado instalar una planta piloto que trabaje de manera permanente en el Cinvestav Zacatenco.

Dicha planta, apuntó, tendrá una capacidad de tres mil litros para tratar el agua proveniente de algunas de las actividades de investigación. Mientras que la energía empleada, así como la activación de las nanopartículas, será a través de los rayos solares.

Gracias por su atención