



*Tendencias en el tratamiento  
Integral de Aguas Residuales*

# Congreso Internacional Ambiental Manizales

*“Tendencias en el tratamiento integral de  
aguas residuales”*

**Manizales, septiembre 18 - 21 de 2017**



Instituto de Estudios Ambientales IDEA  
Sede Manizales



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA



Universidad  
Católica  
de Manizales





## Congreso Internacional Ambiental Manizales

### TENDENCIAS EN EL TRATAMIENTO INTEGRAL DE AGUAS RESIDUALES

**GUSTAVO ADOLFO PEÑA HERNÁNDEZ, Msc. <sup>1</sup>**  
**FRANK ALBERTO CUESTA GONZÁLEZ, Msc. <sup>2</sup>**  
**JOHN FREDY BETANCUR PÉREZ, PhD. <sup>3</sup>**



1. SENA Regional Caldas. Tecnoparque NODO MANIZALES Centro de procesos industriales y de construcción; trabajo realizado en el Grupo de investigación en bioprospección, biotecnología y recursos naturales (BIOSÁN). Actualmente vinculado al Grupo de Investigación, Diseño y Desarrollo Aplicado (GRINDDA – Centro de procesos industriales y Construcción).
2. SENA Regional Caldas. SENNOVA Centro para la formación Cafetera. Grupo de investigación en bioprospección, biotecnología y recursos naturales (BIOSAN).
3. Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo (CIMAD), Universidad de Manizales.



**RED TECNOPARQUE**  
Nodo Manizales

Grupo de Investigación  
**BIOSAN**  
Biotecnología, Seguridad Alimentaria y Nutricional



**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE EN AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: UTILIZACIÓN DE CONSORCIOS BACTERIANOS PRODUCTORES DE POLIHIDROXIALCANOATOS (PHA) Y EXPOLISACÁRIDOS (EPS) MEDIANTE UN REACTOR AEROBIO CONTINUO DE FLUJO ASCENDENTE A ESCALA DE LABORATORIO**

Manizales, 21 de Septiembre de 2017



# TEMÁTICA

- Introducción
- Justificación
- Problemática de investigación
- Propósitos
- Metodología
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

# INTRODUCCIÓN

- Desarrollo industrial de un país relacionado con el uso de sus RR.NN.
- Biorremediación como alternativa.
- Utilización de consorcios bacterianos.

# JUSTIFICACIÓN

Estudiar el tratamiento de las aguas residuales de las empresas objeto de estudio bajo condiciones de flujo continuo ya que las PTAR trabajan bajo estas características. Estas aguas se vierten en la quebrada Manizales



PTAR Empresa Golosinas



Quebrada Manizales

# PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

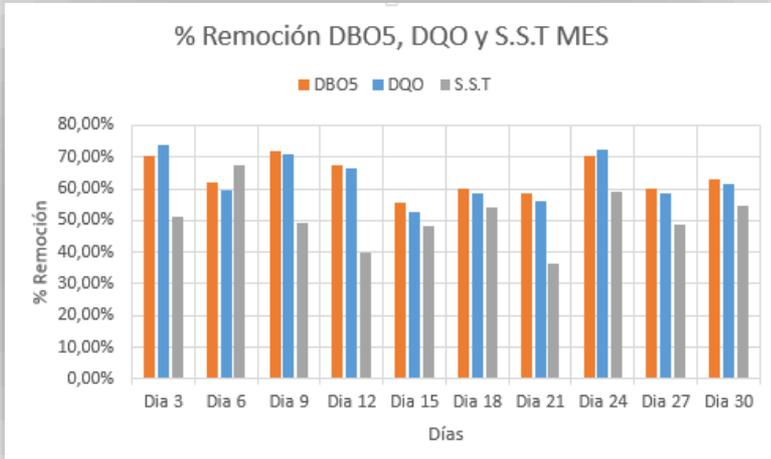


Cambio en la normatividad de  
Vertimientos líquidos  
(Resolución 631 de 2015)



Trabajo en biorreactores  
Tipo Batch. (Cuesta, 2014)

# PROPÓSITOS



Determinar la relación que existe entre la producción de biopolímeros y la remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST en un reactor aerobio continuo de flujo ascendente a escala de laboratorio

Sistema	Producción EPS (mg/l)	Producción EPS Cuesta (2014) (mg/l) (Promedio)
MES	0,52	50
MPS	0	0
MTS	22,38	1841
CS	0	0

Comparar el nivel de remoción de DBO<sub>5</sub>, DQO y S.S.T y de producción de Exopolisacáridos y Polihidroxicanoatos en un reactor aerobio continuo de flujo ascendente y un reactor tipo batch a nivel de laboratorio

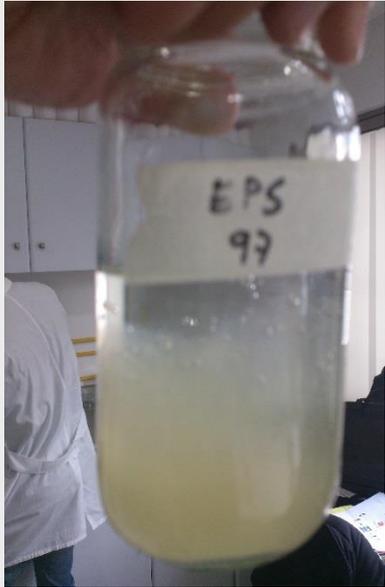
# METODOLOGÍA

Enfoque exploratorio cuantitativo cualitativo



# AGUAS Y BACTERIAS UTILIZADAS

Para esta investigación, se utilizaron aguas residuales de industrias del sector de alimentos (empresa de golosinas y lácteos) y un consorcio de bacterias productoras de EPS y PHA.



Cuesta (2014)



PTAR Empresa golosinas



PTAR Empresa golosinas



PTAR Empresa lácteos

# 1. Selección de los consorcios bacterianos con base en la remoción de sólidos suspendidos totales

<b>Empresa</b>	<b>EPS</b>	<b>PHA</b>
<b>Empresa productora de golosinas</b>	SE3, SE4	SP1, SP3
<b>Empresa productora de derivados lácteos</b>	NP2, NP4	NE3, NE9

Cuesta (2014)

## 2. Diseño de biorreactores



→ Alimentador

→ Biorreactor

→ Aireación constante

→ Bomba de  
alimentación  
de aire

→ Sedimentador

Fuente: Esta investigación

### 3. Activación bacterias



Fuente: Esta investigación

## 4. Muestreo inicial y medición de parámetros iniciales



DQO



DBO<sub>5</sub>



pH



S.S.T

# SISTEMAS DE TRABAJO



Fuente: Esta investigación

- Alimentación continua de biorreactores.
- Medición de parámetros cada tiempo de retención Hidráulica en sedimentador.
- Control de pH de los alimentadores, entre 6,5 -8.



Fuente: Esta investigación

## 5. Arranque de biorreactor

- Biorreactores:  $V = 3,5$  L; inoculación al 10% en relación V/V.
- Activación reactor.
- Se realizó reinoculación de bacterias a los 15 días de empezar el proceso



Fuente: Esta investigación

## 6. Fermentación de los procesos de la empresa productora de lácteos



Fuente: Esta investigación

7. Se reinició el ensayo con la empresa productora de golosinas, con los sistemas descritos anteriormente.



Fuente: Esta investigación

# RESULTADOS



# Datos iniciales promedio del efluente

Parámetro	Valor
DBO <sub>5</sub>	8240,3 mg/l
DQO	9568 mg/l
S.S.T	1139 mg/l
pH	7,95

Fuente: Esta investigación

# PROPÓSITO 1

- Determinar la relación que existe entre la producción de biopolímeros y la remoción de  $\text{DBO}_5$ , DQO y SST en un reactor aerobio continuo de flujo ascendente a escala de laboratorio

# Porcentajes promedio de Remoción de variables de trabajo

Porcentaje Promedio de remoción de DBO<sub>5</sub>

	MES	MPS	MTS	CS
<b>%Remoción DBO<sub>5</sub></b>	62,99	45,57	62,13	81,46

Fuente: Esta investigación

Porcentaje Promedio de remoción de S.S.T

	MES	MPS	MTS	CS
<b>%Remoción S.S.T</b>	50,95	53,39	38,01	75,78

Fuente: Esta investigación

Porcentaje Promedio de remoción de DQO

	MES	MPS	MTS	CS
<b>%Remoción DQO</b>	63,90	41,68	64,09	64,05

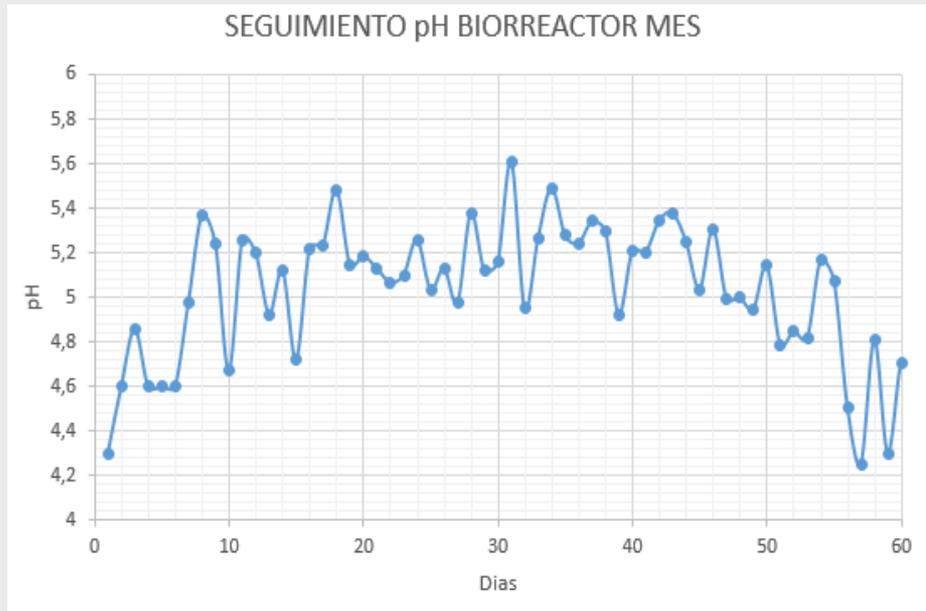
Fuente: Esta investigación

Porcentaje de remoción de carga según decreto 1594 de 1984

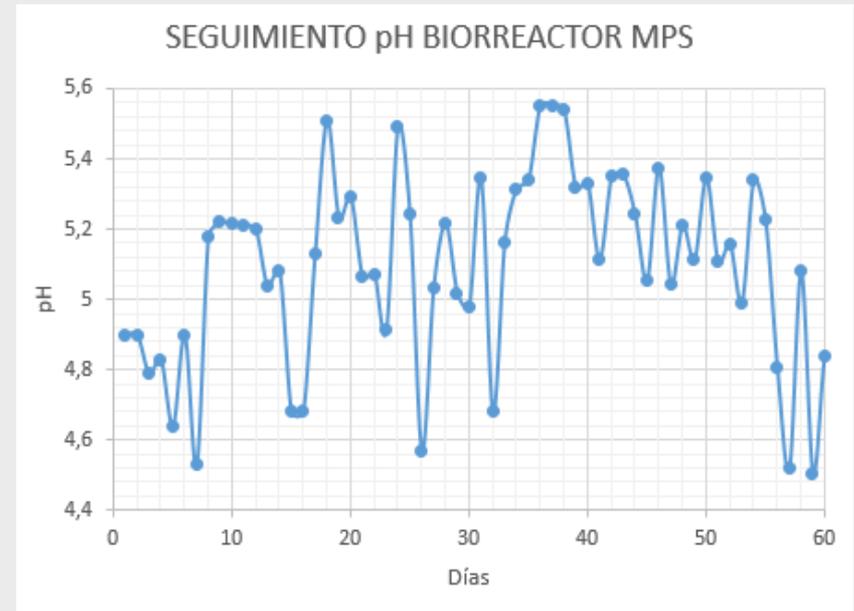
<b>DBO<sub>5</sub> Remoción Carga (%)</b>	<b>S.S.T Remoción Carga (%)</b>
<b>80</b>	<b>80</b>

# Seguimiento del pH en los biorreactores

## Consorcio Bacteriano EPS



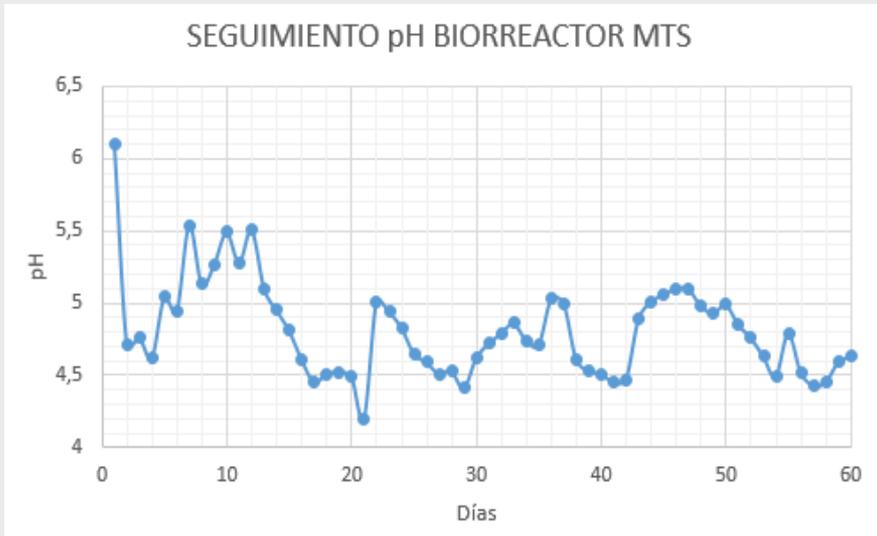
## Consorcio Bacteriano PHA



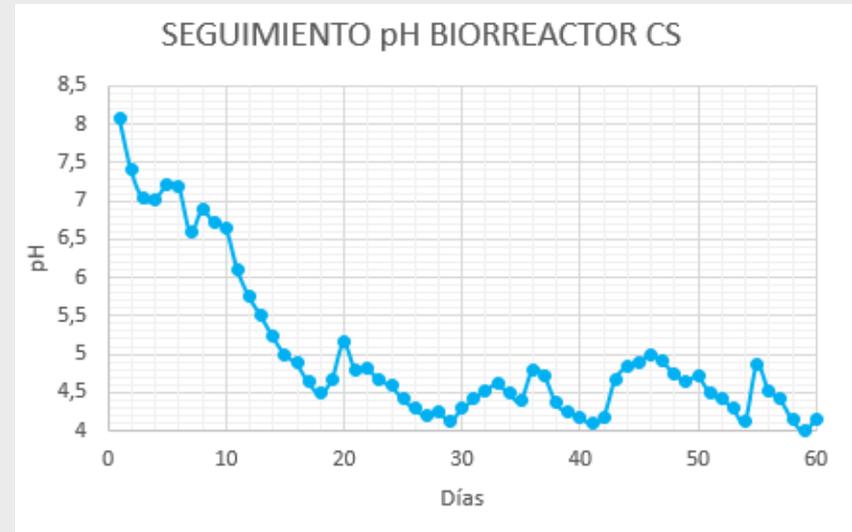
Fuente: Esta investigación

# Seguimiento del pH en los biorreactores

Consorcio Total de bacterias



Sistema Control

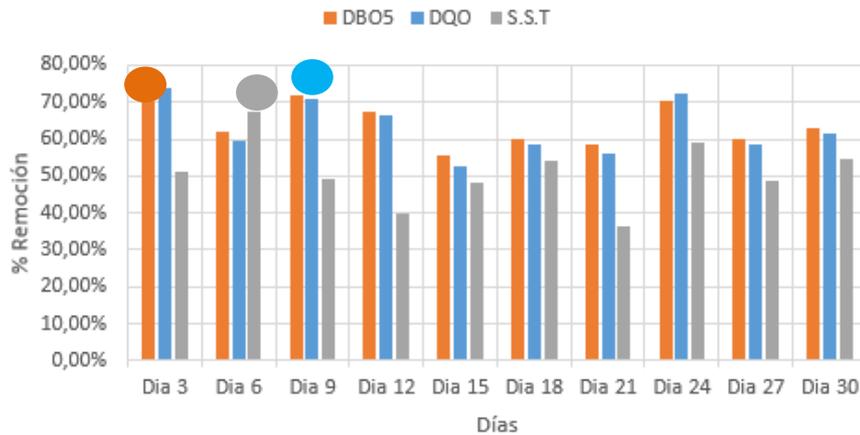


Fuente: Esta investigación

# Seguimientos de porcentajes de remoción de variables de estudio

## Consortio Bacteriano EPS

% Remoción DBO<sub>5</sub>, DQO y S.S.T MES



Valores mayores de remoción:

DBO<sub>5</sub>: 73,74%

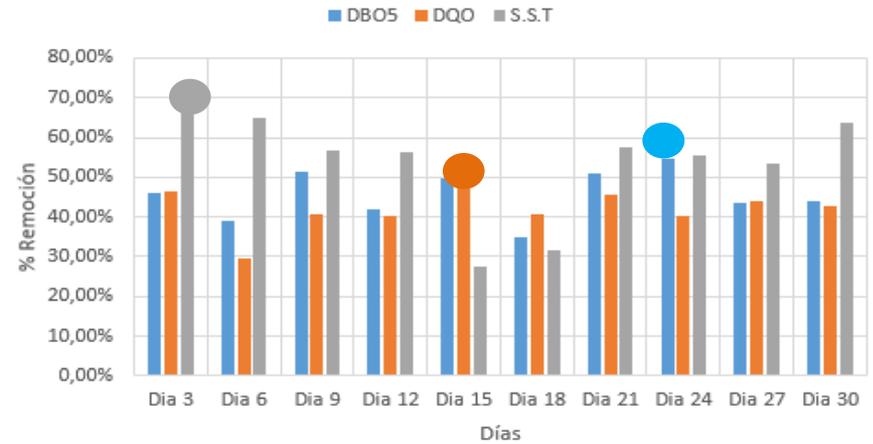
DQO: 71,85%

S.S.T: 67,48%

Fuente: Esta investigación

## Consortio Bacteriano PHA

% Remoción DBO<sub>5</sub>, DQO y S.S.T MPS



Valores mayores de remoción:

DBO<sub>5</sub>: 54,75%

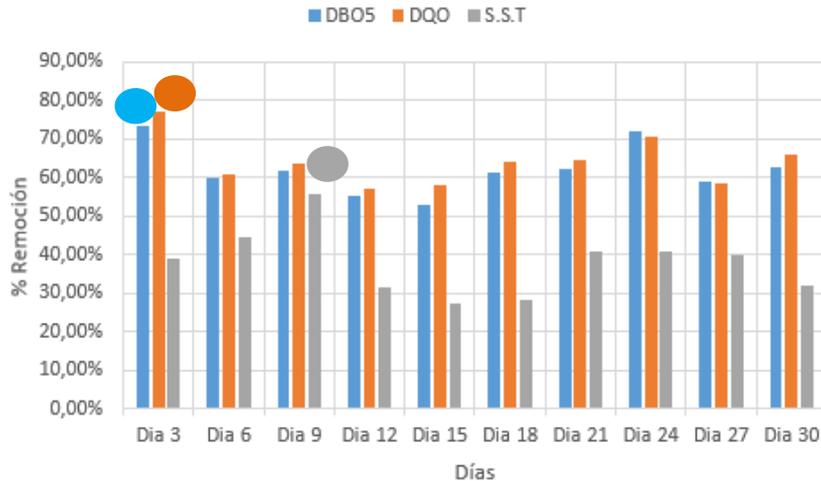
DQO: 47,24%

S.S.T: 66,96%

# Seguimientos de porcentajes de remoción de variables de estudio

## Consorcio Total de bacterias

% Remoción DBO5 DQO y S.S.T MTS



Valores mayores de remoción:

DBO<sub>5</sub>: 73,33%

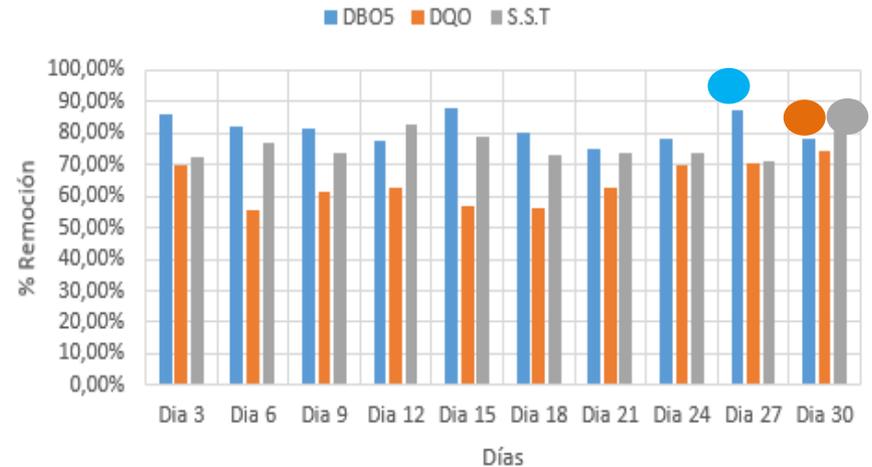
DQO: 77,36%

S.S.T: 55,97%

Fuente: Esta investigación

## Sistema Control

% Remoción DBO5, DQO y S.S.T CS



Valores mayores de remoción:

DBO<sub>5</sub>: 87,14%

DQO: 74,32%

S.S.T: 80,91%

# PROPÓSITO 2

Comparar el nivel de remoción de  $\text{DBO}_5$ , DQO y S.S.T y de producción de Exopolisacáridos y Polihidroxialcanoatos en un reactor aerobio continuo de flujo ascendente y un reactor tipo batch a nivel de laboratorio.

# Producción de biopolímero

Producción de biopolímeros en procesos de flujo continuo

Sistema	Producción EPS (mg/l)	Producción PHA (mg/l)
MES	0,52	0
MPS	0	0,667
MTS	2,38	0,035
CS	0	0

Comparativo de producción de biopolímero EPS entre la presente investigación y el trabajo realizado por Cuesta (2014)

Sistema	Producción EPS (mg/l)	Producción EPS Cuesta (2014) (mg/l) (Promedio)
MES	0,52	50
MPS	0	0
MTS	22,38	1841
CS	0	0

Comparativo de producción de biopolímero PHA entre la presente investigación y el trabajo realizado por Cuesta (2014)

Sistema	Producción PHA (mg/l)	Producción PHA Cuesta (2014) (mg/l) (Promedio)
MES	0	0
MPS	0,667	16,667
MTS	3,51	248
CS	0	0

Relación entre la producción de biopolímero realizado en esta investigación y el trabajo realizado por Cuesta (2014)

Sistema	Relación Producción Biopolímero batch/flujo continuo	Relación Producción Biopolímero flujo continuo/batch
MES	96,154	0,0104
MPS	24,998	0,04
MTS	82,261	0,0121
CS	70,655	0,0141

Fuente: Esta investigación

# CONCLUSIONES

- Existe una relación entre la producción de biopolímeros y la remoción de S.S.T inversamente proporcional, lo cual se ve reflejado en la mezcla total de bacterias productoras de EPS y PHA que obtuvo el menor porcentaje de remoción de S.S.T pero a su vez la mayor producción de biopolímero.
- El sistema control (sin bacterias) fue el que más efectivo en la remoción de las variables  $DBO_5$  y S.S.T, sin embargo en la variable DQO el sistema de mezcla total remueve mayor porcentaje pero el sistema control remueve de manera similar el mismo porcentaje.
- Los biopolímeros EPS y PHA obtenidos en los 3 sistemas contienen una cantidad mínima en comparación con el proceso en sistemas Batch.

# RECOMENDACIONES

- Se recomienda el montaje de este experimento en una fase experimental en sitio.
- Se recomienda el estudio con otros consorcios bacterianos para determinar la efectividad de diferentes mezclas de bacterias en procesos de remoción.
- Se recomienda la adición de coadyuvantes de floculación y la incorporación de otros sistemas de depuración adicional con el fin de mejorar la remoción de carga contaminante orgánica y se pueda escalar el proceso e a nivel de prueba piloto.

# BIBLIOGRAFÍA

- Castillo-Borges, E. R, Bolio-Rojas, A, Méndez-Novelo, R.I, Osorio-Rodríguez, J.H y Pat-Canul. R. (2012) Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. Revista Académica de la Facultad de Ingeniería. Vol. 16, No.2, Universidad Autónoma de Yucatán, Yucatán. México. p 83 – 91.
- Colombia, Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (17 de Marzo de 2015). Resolución 631. (Publicada el 18 de abril de 2015).
- Cuesta-González, F.A (2014). Evaluación de los niveles de remoción en demanda química y bioquímica de oxígeno, y sólidos suspendidos totales de efluentes industriales con bacterias productoras de polihidroxicanoatos y exopolisacáridos a escala de laboratorio en empresas del sector de alimentos de la ciudad de Manizales (Tesis Magister). Facultad de ciencias contables económicas y administrativas. Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.

# BIBLIOGRAFÍA

- Díaz, M.P, Grigson, S, J, W y Grant-Burgess, J. (2002) Uso de un consorcio bacteriano extremo-halotolerante para la biodegradación de crudo en ambientes salinos. Revista colombiana de Biotecnología. Vol. 4, núm. 1. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. p 36 – 42.
- Marín-Montoya, J.P y Correa-Ramírez, J.C. (2010) Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales en humedales artificiales utilizando la *guadua angustifolia Kunth*. (Tesis pregrado). Facultad de tecnología. Escuela de tecnología química. Universidad tecnológica de Pereira. Pereira. Colombia.
- Ochoa. D.C y Montoya. A (2010) Consorcios microbianos: una metáfora biológica aplicada a la asociatividad empresarial en cadenas productivas agropecuarias. Revista facultad ciencias económicas. Vol. XVIII. Diciembre 2010. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. p 55 – 74.

# CONTACTO

GUSTAVO  
HERNÁNDEZ

ADOLFO

PEÑA

Email: [igqgaph@misen.edu.co](mailto:igqgaph@misen.edu.co);

Teléfono: 8748444 ext 62141

GRACIAS  
ARIGATO  
SHUKURIA  
JUSPAXAR  
DANKSCHEEN  
TASHAKKUR ATU  
SUKSAMA  
EKHMET  
MEHRBANI  
PALDIES  
GRAZIE  
E MAJAKE  
KOMAPSUMEDA  
GOZAIMASHITA  
EFCHARISTO  
FAXSAK  
YAQHANYELAY  
SUKSAMA  
EKHMET  
MEHRBANI  
PALDIES  
GRAZIE  
E MAJAKE  
KOMAPSUMEDA  
GOZAIMASHITA  
EFCHARISTO  
FAXSAK  
TINGKI  
BİYAN  
SHUKRIA  
THANK  
YOU  
BOLZİN  
MERCİ