



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT

Registro Nacional de Instituciones y
Empresas Científicas y Tecnológicas

1702902

CONACYT

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REDIB - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Evaluación de la efectividad de la técnica de bioaumentación en sedimentos contaminados con hidrocarburos de una estación de servicio de combustibles del municipio de san francisco putumayo - colombia

Author: Adriana, GUERRA-ACOSTA, Yeison Andrés, ORTIZ-GÓMEZ, Luis Carlos, RODRÍGUEZ-M., Johana, ARÉVALO-LÓPEZ

Editorial label ECORFAN: 607-8534
BCIERMMI Control Number: 2018-03
BCIERMMI Classification (2018): 251018-0301

Pages: 25
Mail: aguerra@itp.edu.co
RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 | 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.
Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic Republic
Spain	El Salvador	Republic of Congo
Ecuador	Taiwan	
Peru	Paraguay	Nicaragua

INTRODUCCIÓN



Biodegradación de hidrocarburos

Prevención y remediación de la contaminación

Aplicación de microorganismos

Bioaumentación

Ex situ

Abonos orgánicos

Pantotenato

Humus de lombriz

Bocashi

Sedimentos: Estación de servicio de combustible

Grado de descontaminación

Variable de respuesta

Variables de control



FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Inadecuada disposición de sedimentos

Contaminados con hidrocarburos

Genera problemas graves de contaminación ambiental y la salud

Suelo, Agua, Aire, Flora, Fauna, Hombre

Sustancias de difícil degradación

Residuos peligrosos



OBJETIVO GENERAL

Evaluar la degradación de hidrocarburos totales (TPH), contenidos en sedimentos de las trampas de grasa, a través de la técnica de bioaumentación, en una estación de servicio del municipio de San Francisco Putumayo.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la cantidad de sedimentos generados en la estación de servicio de combustible cada 15 días, en húmedo y seco.



- Determinar el contenido inicial de hidrocarburos totales de petróleo (TPH), en los sedimentos de las trampas de grasa.

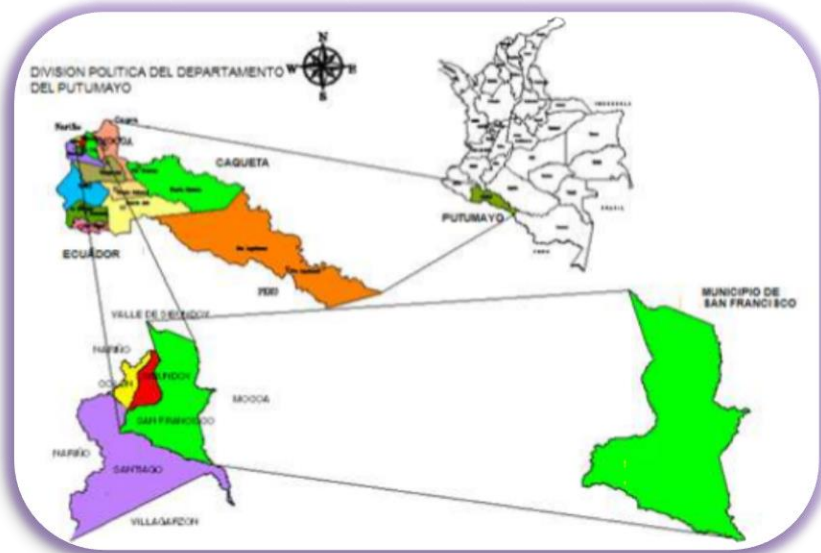
OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los porcentajes de degradación de hidrocarburos totales (TPH), y el comportamiento de variables de control en las unidades experimentales de biorremediación.



DISEÑO METODOLÓGICO

LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



- ❖ Municipio de San Francisco Putumayo.
- ❖ E.D.S. de combustible San Francisco N 01° 10' 20.8" W 76° 52' 34,3"
- ❖ Casa de habitación (B/ Pablo VI). N 01° 10' 20.2" W 76° 52' 32.9".

Altura: 2100 msnm

Temperatura: 16,2 °C

Precipitación anual: 1578 mm

Humedad relativa: 83%



Manejo de los tratamientos



Sedimento contaminado: 100% (25 Kg) de sedimentos contaminados provenientes de la estación de servicio



60% (15 Kg) sedimentos contaminados con hidrocarburos de la estación de servicio, 40% (10 Kg) de abono orgánico sólido tipo humus de lombriz +(2L Pantotenato + 4L de agua).



60% (15 Kg) sedimentos contaminados con hidrocarburos de la estación de servicio, 40% (10 Kg) de abono orgánico sólido tipo Bocashi + (2L Pantotenato + 4L de agua).

VARIABLES DE RESPUESTA

Hidrocarburos totales (TPH),
según análisis de laboratorio.
inicial y final

VARIABLES DE CONTROL



Temperatura (°C)

Humedad (%)

**Densidad aparente
(g/cm³)**

**Densidad real
(g/cm³)**

**Porosidad
(%)**

Color

**pH
(Unidades)**



SEGUIMIENTO DE VARIABLES Y MÉTODO UTILIZADO


VARIABLE	MÉTODO	FRECUENCIA
Temperatura (°C)	Termómetro	Tres veces por semana por triplicado en cada unidad experimental
Humedad	Método gravimétrico	Una vez por semana
TPH (hidrocarburos totales)	Extracción por soxhlet-metodo gravimétrico	Al inicio y final del tratamiento
pH (Unidades)	Potenciométrico	Al inicio y final del tratamiento
Densidad aparente (g /cm ³)	Con probeta graduada	Una vez por semana
Densidad real (g /cm ³)	Picnómetro	Una vez por semana
Porosidad (%)	1 - (Densidad aparente/Densidad real) x 100	Una vez por semana
Color	Tabla Munsell	Una vez cada quince días



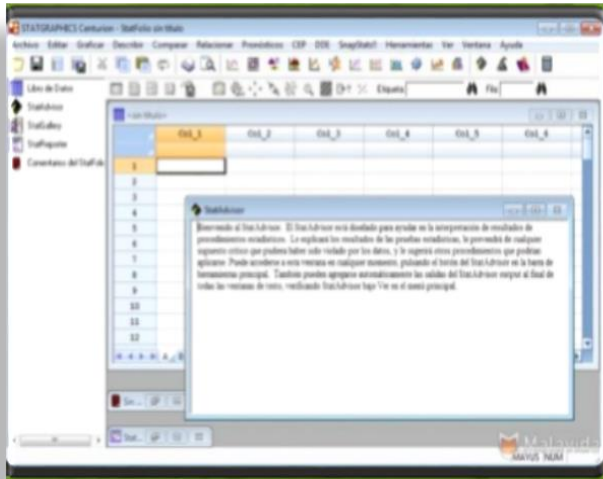
Diseño Estadístico

Diseño irrestrictamente al azar (DIA), con tres tratamientos y tres repeticiones, para un total de 9 unidades experimentales.

	REPETICIÓN 1 R1	REPETICIÓN 2 R2	REPETICIÓN 3 R3
TRATAMIENTO 1 T1	1. T1R1	2. T3R1	3. T2R1
TRATAMIENTO 2 T2	4. T2R2	5. T1R2	6. T3R2
TRATAMIENTO 3 T3	7. T3R3	8. T2R3	9. T1R3

	INVESTIGADORES: ADRIANA GUERRA ACOSTA JUDY JOHANA AREVALO LOPEZ YEISON ANDRES ORTIZ GOMEZ LUIS CARLOS RODRIGUEZ M.	TRABAJO DE GRADO, MODALIDAD SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN	UNIDAD EXPERIMENTAL 1. T1R1
	T1: 100% Sedimento contaminado T2: 60% sedimentos contaminados con hidrocarburos, 40% humus de lombriz + Pantotenato T3: 60% sedimentos contaminados con hidrocarburos, 40% de abono Bocashi + Pantotenato.		

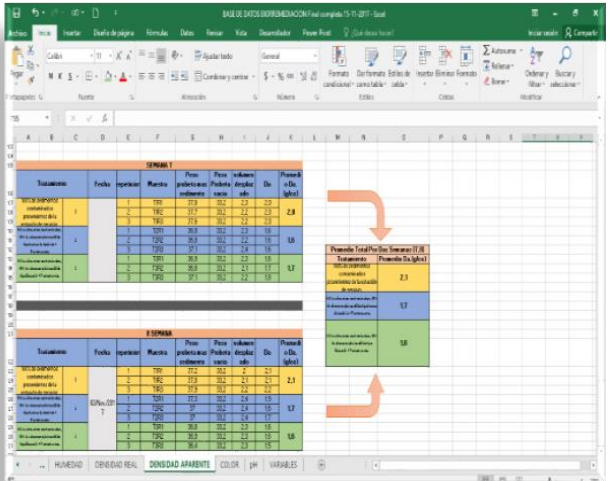
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN



**Análisis de
varianza
(Andeva)**



**Análisis con
promedios**



SEMANA I							
Tratamiento	Focos	Incidencia	Puntos	Pérdida	Incidencia	Puntos	Pérdida
1	1	100	100	2.2	2.2	2.2	2.2
	2	142	142	2.2	2.2	2.2	2.8
	3	180	175	2.2	2.2	2.2	2.2
2	1	120	105	2.2	2.2	2.2	1.8
	2	170	165	2.2	2.2	2.2	2.2
	3	170	165	2.2	2.2	2.2	1.7
3	1	100	100	2.2	2.2	2.2	2.2
	2	142	142	2.2	2.2	2.2	2.2
	3	180	175	2.2	2.2	2.2	2.2
SEMANA II							
1	1	100	100	2.1	2.1	2.1	2.1
	2	142	142	2.1	2.1	2.1	2.1
	3	180	175	2.1	2.1	2.1	2.1
2	1	120	105	2.1	2.1	2.1	1.7
	2	170	165	2.1	2.1	2.1	2.1
	3	170	165	2.1	2.1	2.1	1.8
3	1	100	100	2.1	2.1	2.1	2.1
	2	142	142	2.1	2.1	2.1	2.1
	3	180	175	2.1	2.1	2.1	2.1
Promedio Total (Puntos Semana I)		Promedio Total (Puntos Semana II)					
						2.1	
						1.7	
						1.8	

Pruebas de significancia de Tukey donde ($P < 0.05$).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

DIAGNÓSTICO SOBRE LA PRODUCCIÓN SEMANAL DE SEDIMENTOS EN LA ESTACIÓN DE SERVICIO SAN FRANCISCO

Peso de los sedimentos en húmedo y en seco.

SEMANA	PESO DE LOS SEDIMENTOS EN HUMEDO (39% humedad) (Kg)	PESO DE LOS SEDIMENTOS EN SECO (0% humedad) (Kg)
1	8,5	5,185
2	9	5,49
3	10,5	6,4
4	11,3	6,9
5	8,4	5,12
6	8,1	4,9
7	10,5	6,4
TOTAL	66,3	40,443
PROMEDIO	9,5	5,795



CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS SEDIMENTOS

Valores iniciales para las variables de control y de respuesta.

Rangos óptimos para procesos de biorremediación

Variable o parámetro	Unidad de medida o de concentración	Valor
Temperatura	°C	20,5
Humedad	Porcentaje %	39%
Densidad aparente	g/cm ³	2,6
Densidad real	g/cm ³	2,7
Porosidad	%	5,0
pH	Unidades	6,74
Hidrocarburos totales	Porcentaje % p/p	0,39

Parámetro	Rango	Referencia
Temperatura	18 °C - 30 °C	Gomez, S; et al, 2008.
pH	6 - 8 Unidades	Rios, R; 2005.
Humedad	20% - 75%.	Gomez, S; et al, 2008.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE RESPUESTA Y DE CONTROL

Análisis de varianza (ANOVA) para las variables de control y respuesta

Valor P		
Variable	Inicial	Final
Temperatura	0,0465*	0,0033*
Humedad	0,0456*	0,0001*
Densidad aparente	0,0769	0,0012*
Densidad real	0,8503	0,729
Porosidad	0,3775	0,0065*
Hidrocarburos totales		0.0004*
pH		0,0002*

$P < 0,05$ existe diferencia estadística significativa

1. HIDROCARBUROS TOTALES (TPH)

Anova para concentración de hidrocarburos totales por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	406904,	37,22	0,0004
Intra grupos	32793,3		
Total (Corr.)	439698,		

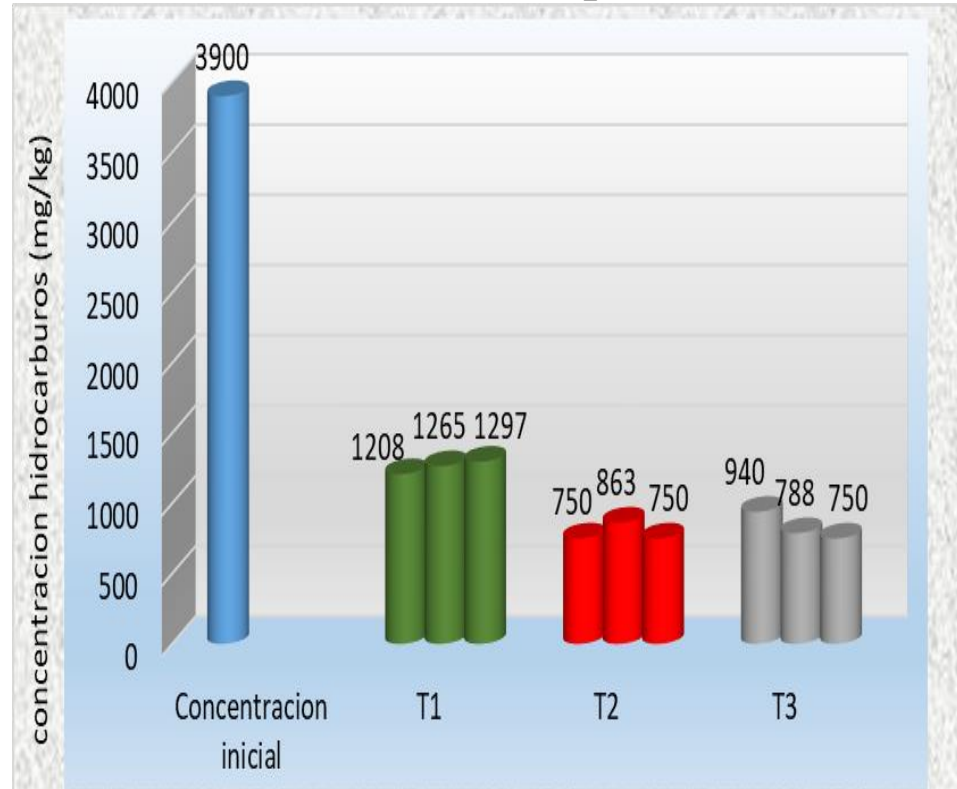
$P < 0,05$ existe diferencia estadística significativa

Pruebas de Tukey para concentración de hidrocarburos totales por tratamiento

Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T2	3	787,667	A
T3	3	826,0	A
T1	3	1256,67	B

Parte fundamental de este proceso involucro la adición de materia orgánica, la que sirve como alojamiento y alimento de las bacterias (Meléndez & Soto, 2003),

Concentración de hidrocarburos totales en cada unidad experimental después de acabado el proceso.



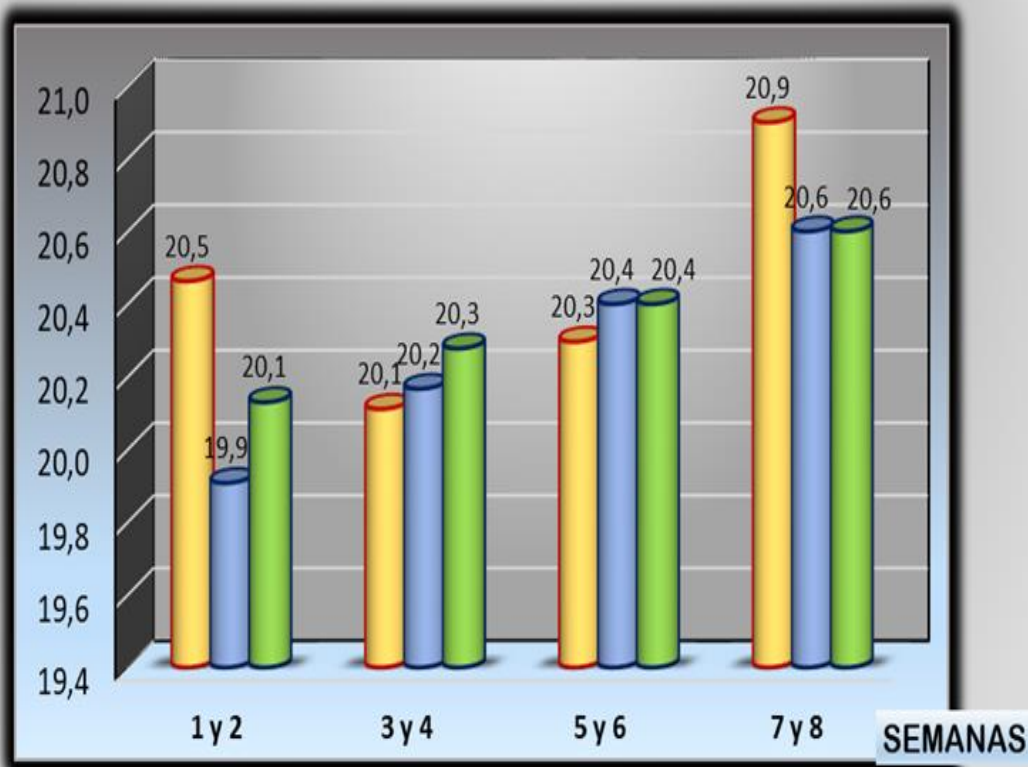
Tratamientos

T1= 100% de sedimentos contaminados con hidrocarburos
 T2= 60% de sedimentos contaminados con hidrocarburos + 40% de abono orgánico solido tipo humus de lombriz + Pantotenato.

T3= 60% de sedimentos contaminados con hidrocarburos + 40% de abono orgánico solido tipo Bocashi + Pantotenato

2. TEMPERATURA

ESCALA DE TEMPERATURA EN °C



- T1 = 100% de sedimentos contaminados provenientes de la estación de servicio.
- T2 = 60% sedimentos contaminados , 40% de abono orgánico sólido tipo humus de lombriz + Pantotenato.
- T3 = 60% sedimentos contaminados , 40% de abono orgánico sólido tipo Bocashi + Pantotenato.

Gómez *et al*, (2008), afirman que la temperatura influye directamente en el incremento de la volatilidad y velocidad de degradación de contaminantes. Volke & Velasco (2005), valores bajos de temperatura aumentarán la viscosidad del hidrocarburo y por consiguiente aumentaría el tiempo de remediación.

Ideal 18°C a 30°C

3. DENSIDAD APARENTE

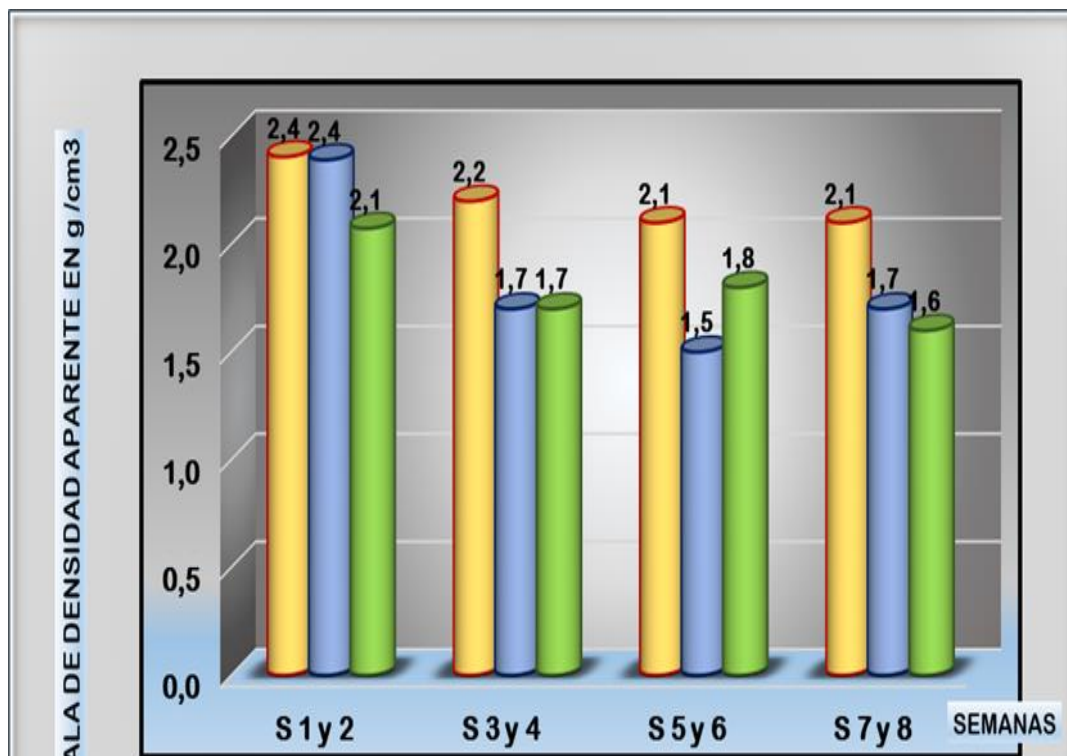
Anova y prueba de Tukey para densidad aparente al finalizar el proceso

Fuente	Suma de Cuadros	Cuadro Medio	Razón - F	Valor - P
Modelo	0,51	0,25	25,44	0,0012
Tratamiento	0,51	0,25	25,44	0,0012
Error	0,06	0,01		
Total	0,57			
Tratamiento	Medios	E.E.		
T1	2,13	0,06	A	
T2	1,73	0,06		B
T3	1,57	0,06		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

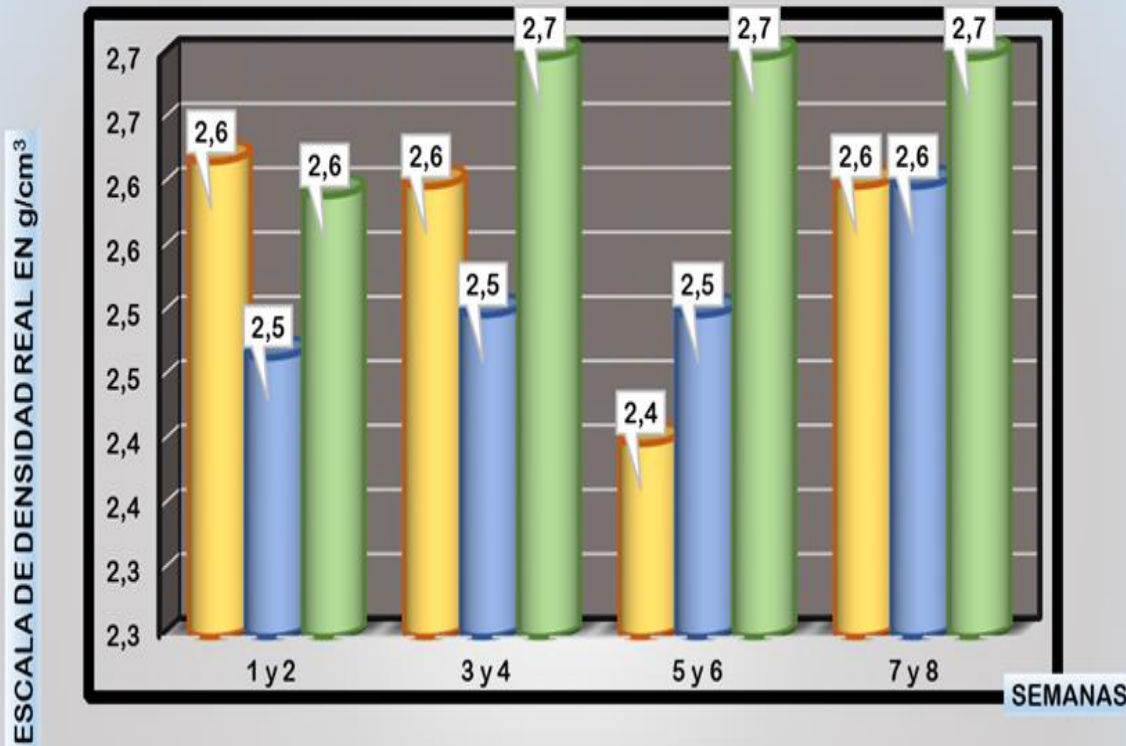
La densidad aparente es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso, el cual a su vez está determinado principalmente por la materia orgánica, a medida que aumenta la materia orgánica y el espacio poroso, disminuye la densidad aparente y viceversa (Salamanca Jimenez & Sadeghian Khalajabadi, 2005).

Promedio de densidad aparente por cada dos semanas en cada tratamiento.



- 100% de sedimentos contaminados provenientes de la estación de servicio.
- 60% sedimentos contaminados , 40% de abono orgánico sólido tipo humus de lombriz + Pantotenato.
- 60% sedimentos contaminados , 40% de abono orgánico sólido tipo Bocashi + Pantotenato.

4. DENSIDAD REAL



- T1: 100% de sedimentos contaminados provenientes de la estación de servicio.
- T2: 60% sedimentos contaminados , 40% de abono orgánico sólido tipo humus de lombriz + Pantotenato.
- T3: 60% sedimentos contaminados , 40% de abono orgánico sólido tipo Bocashi + Pantotenato.

Según Unigarro *et al.* (2009), esta propiedad se refiere al peso del suelo donde solo se considera las partículas sólidas del mismo, esta densidad siempre es mayor que la aparente y junto a la densidad real determinan la porosidad.

5. POROSIDAD (%)

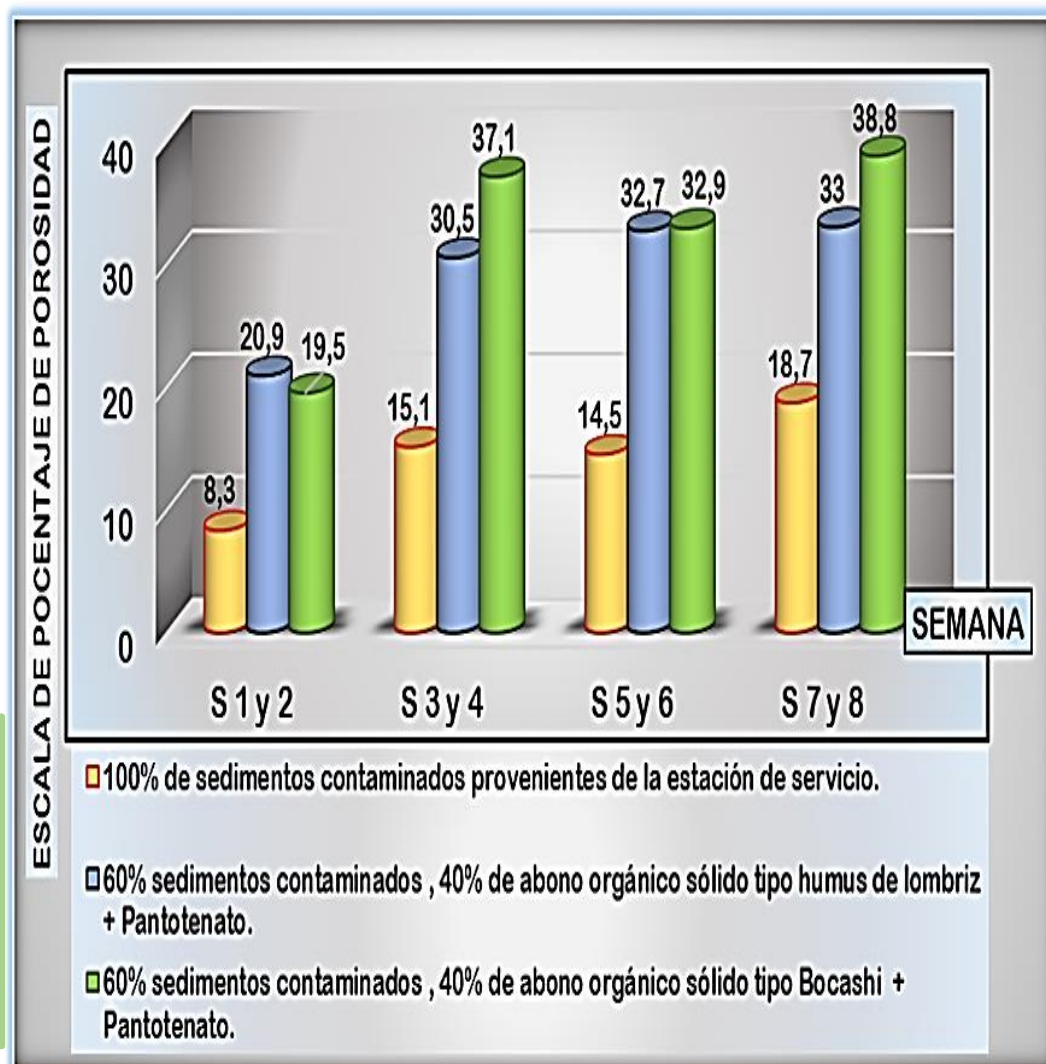
Anova y prueba de Tukey para porcentaje de porosidad al finalizar el proceso.

Promedio de porcentaje de porosidad cada dos semanas por cada tratamiento.

Fuente	Suma de Cuadros	GL	Cuadr o Medio	Razó n - F	Valor - P
Modelo	942,08	2	471,04	13,04	0,0065
Tratamien to	942,08	2	471,04	13,04	0,0065
Error	216,78	6	36,13		
Total	1158,86	8			
Tratamien to	Medios	casos	E.E.		
T3	42,73	3	3,47	A	
T2	33,67	3	3,47	A	
T1	17,97	3	3,47		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

La porosidad está estrechamente relacionada con la densidad real y la aparente, de tal forma que, si existen cambios en ellas, existe un cambio en el porcentaje de porosidad (Perez, Iturbe , & Flores, 2006)



6. pH (Unidades)

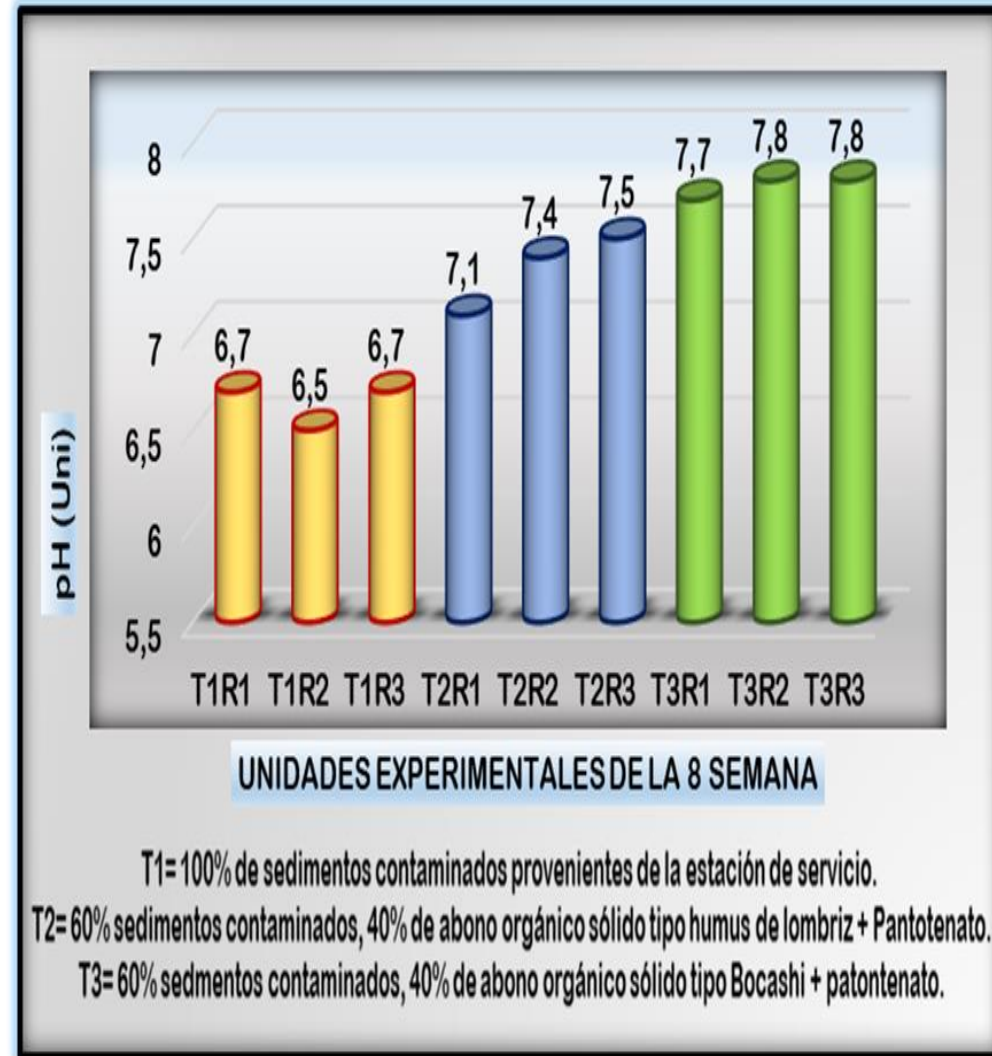
Anova y prueba de Tukey para pH al finalizar el proceso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón -F	Valor-P
Entre grupos	1,96222	2	0,98111	49,06	0,0002
Intra grupos	0,12	6	0,02		
Total (Corr.)	2,08222	8			
Tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
T1	3	6,63333	A		
T2	3	7,33333	B		
T3	3	7,76667	C		

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($P < 0,05$)

Según Maier, Pepper, & Gerba, (2008) afirman que el pH influye en la actividad microbiana. Las bacterias se desarrollan mejor en pH neutro y los hongos filamentosos en pH ácidos; así, la degradación de hidrocarburos es mejor en condiciones de pH neutro Rango 6 - 8 Ideal neutro 7.4 a 7.8 (Leahy y Colwell, 1990)

Comportamiento de pH en las unidades experimentales



CONCLUSIONES

- El depósito de los sedimentos corresponde a un espacio al aire libre, donde hay contaminación del suelo y de aguas superficiales y subterráneas, con los resultados de esta investigación se planteó una alternativa de solución ambientalmente sostenible para la descontaminación de los sedimentos que la estación de servicio produce, donde se pudo evidenciar que el uso de abonos orgánicos contribuye al éxito de la biorremediación.
- La variable de respuesta tuvo una concentración inicial de 3900 mg/kg, una vez finalizado el proceso, se considera que el tratamiento dos fue el que mejor resultado obtuvo con un promedio de concentración final 787,6 mg/kg.

CONCLUSIONES

- Para las variables de hidrocarburos totales, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), densidad aparente (g/cm^3), porosidad (%), existió diferencias estadísticamente significativa ($p < 0,05$), donde T2 y T3 se diferenciaron de T1, lo que acepta la hipótesis alternativa.
- Como resultado de la investigación se demostró que la hipótesis alternativa planteada se acepta al presentar diferencias significativas, por lo cual se concluye que los tratamientos si tuvieron respuesta diferenciada en comparación al testigo y que el uso de abonos orgánicos es una estrategia ambientalmente viable para el tratamiento de sedimentos contaminados con hidrocarburos.

REFERENCIAS

- Gómez, S., Gutiérrez , D., Hernández, A., Hernández, C., Losada, M., & Mantilla, P. (9 de Enero - Junio de 2008). *Factores bióticos y abióticos que condicionan la biorremediación por Pseudomas en suelos contaminados por hidrocarburos*. Obtenido de NOVA - Publicación Científica EN CIENCIAS BIOMÉDICAS: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA9_ART8_PSEUDO.pdf
- Ñustez Cuartas, D. (Mayo de 2012). *Biorremediación para la degradación de hidrocarburos totales presentes en los sedimentos de una estación de servicio de combustible*. Obtenido de <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/2779/6281683N975.pdf;jsessionid=9BA80AA246B440B4DC978407696E8E88?sequence=1>
- Maier, R., Pepper, I., & Gerba, C. (7 de Julio de 2008). *Microbiología ambiental*. Obtenido de https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9780123705198/Sample_Chapters/01~Front_Matter.pdf
- Meléndez, G., & Soto, G. (3 - 4 de Marzo de 2003). *Taller de Abonos Orgánicos*. Obtenido de <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Taller%20Abonos%20Org%C3%A1nicos.pdf>
- Perez, G., Iturbe , R., & Flores, R. M. (2006). Cambio en las propiedades físicas de un suelo contaminado con hidrocarburos debido a la aplicación de una tecnología de remediación

REFERENCIAS

- ICONTEC 3656. (23 de Noviembre de 1994). *Norma Técnica Colombiana 3656*. Obtenido de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC3656.pdf>
- Salamanca Jimenez, A., & Sadeghian Khalajabadi, S. (2005). *La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana*. Obtenido de [http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056\(04\)381-397.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/163/1/arc056(04)381-397.pdf)
- Torres, K., & Zuluaga, T. (2009). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Obtenido de Trabajo de grado para optar el título de Ingeniería Química: http://www.bdigital.unal.edu.co/815/1/32242005_2009.pdf
- Unigarro, A., Insuasty, R., & Chaves, G. (2009). *Manual de laboratorio de suelos generales*. Obtenido de Universidad de Nariño.
- Volke, T., & Velasco, J. A. (2005). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. Obtenido de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/372.pdf>



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)