



Universidad Internacional SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

**DEFENSA PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO - ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO COMERCIAL



OBJETIVOS

- **OBJETIVO GENERAL:** Determinar si el coctel enzimático utilizado contribuye a la degradación de hidrocarburos presentes en el suelo.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 1) Determinar rangos de concentración de coctel enzimático a utilizar para la biorremediación, a partir de un seguimiento inicial de microorganismos al 1% (peso) y 25% (peso) de coctel enzimático.

- 2) Construir 4 biorreactores con, el 5% de suelo contaminado y diferentes concentraciones de enzima para determinar las condiciones ambientales del proceso de biorremediación con el coctel comercial.

Que es Biorremediación?

- ✓“La biorremediación es el proceso natural en el cual las bacterias convierten metabólicamente las sustancias orgánicas en agua y dióxido de carbono”.
- ✓“El uso de organismos vivos para reducir o eliminar riesgos ambientales como resultado de la acumulación de desechos peligrosos”.
- ✓ “La biodegradación es la descomposición de un componente orgánico en otro similar no contaminante o menos tóxico produciendo dióxido de carbono, agua, y compuestos menos tóxicos asimilables por el ambiente”.

Parámetros a controlar en el proceso de biorremediación

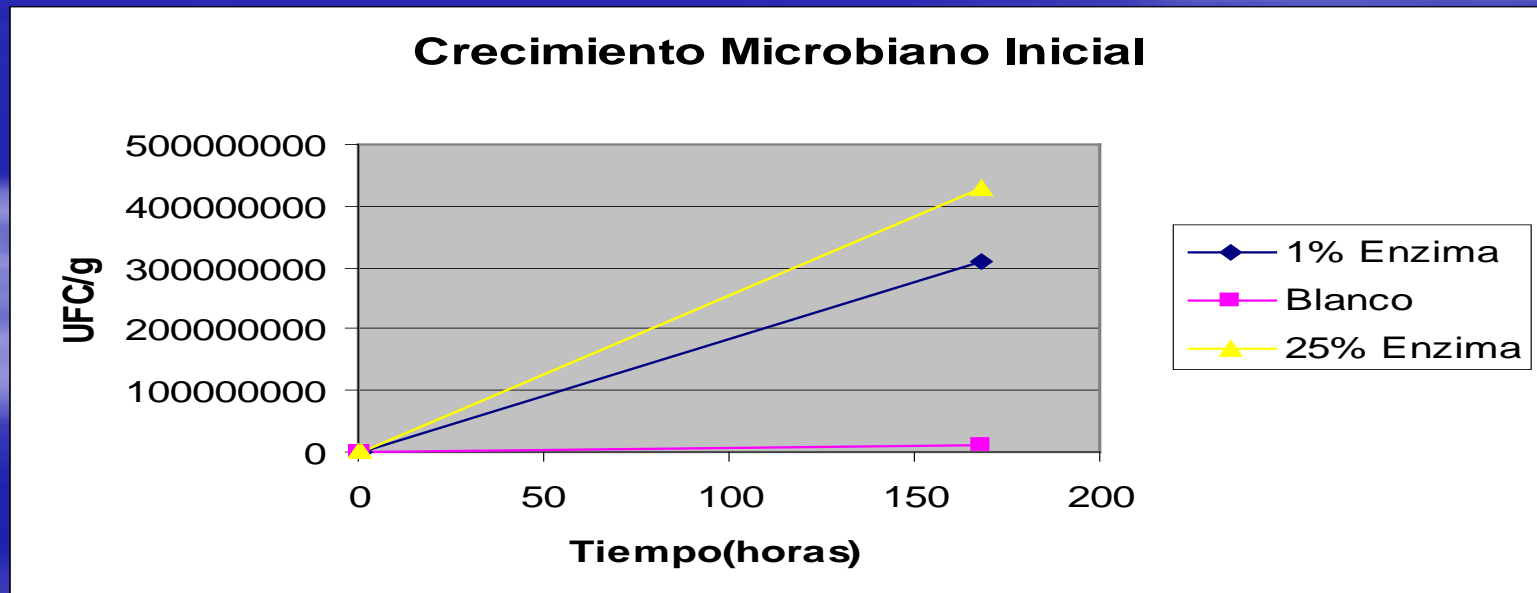
- **Microorganismos.**
- **TPHs (Hidrocarburos totales de petróleo).**
- **Metales pesados.**
- **Nutrientes (N, P, K).**
- **pH**
- **Temperatura**
- **Humedad**

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO REALIZADO

- Determinar el tipo de suelo a utilizar en el proceso.
 - *Suelo procedente del oriente (Actividades Hidrocarburíferas).*
- Realizar un seguimiento microbiológico, que nos de una orientación respecto a la concentración a probar, utilizando dos rangos de concentración 1% (peso), y al 25% (peso).
 - *Consideraciones económicas básicamente.*

- De los resultados anteriores, analizamos la tendencia de crecimiento y probamos con tres valores: 0,25%; 0,5%; 1%; en peso de la enzima.

Seguimiento Microbiológico Inicial				
Unidades	Suelo	Suelo + crudo	Suelo + crudo+enzima (168 h)	Dosis Aplicada
ufc/g	63×10^4	13×10^5	31×10^7	1%(p)
ufc/g	63×10^4	13×10^5	43×10^7	25%(p)
ufc/g	63×10^4	13×10^5	12×10^6	Blanco



- Caracterizar inicialmente al suelo en los siguientes aspectos:
 - Nutrientes (N, P, K)
 - Textura, pH, Humedad.
 - Metales Pesados
 - Microorganismos

REPORTE FISICO - QUIMICO		
Fecha: 18/02/04		
NITROGENO	ppm	54
FOSFORO	ppm	7
AZUFRE	ppm	14
POTASIO	meq/100ml	0,26
CALCIO	meq/100ml	5,3
MAGNECIO	meq/100ml	0,89
ZINC	ppm	13,5
COBRE	ppm	13,5
HIERRO	ppm	794
MANGANESO	ppm	5,6
BARIO	ppm	0,6
pH	-----	6
CLASE TEXTURAL	-----	Franco
TIPO (arenoso)	%	47
TIPO (limo)	%	42
TIPO (arcilla)	%	11

- Una vez caracterizado el suelo, se procedió a la colocación de hidrocarburo en 4 reactores al 5% en peso en cada uno, valor determinado como el doble del límite máximo permisible para contaminación de suelos.

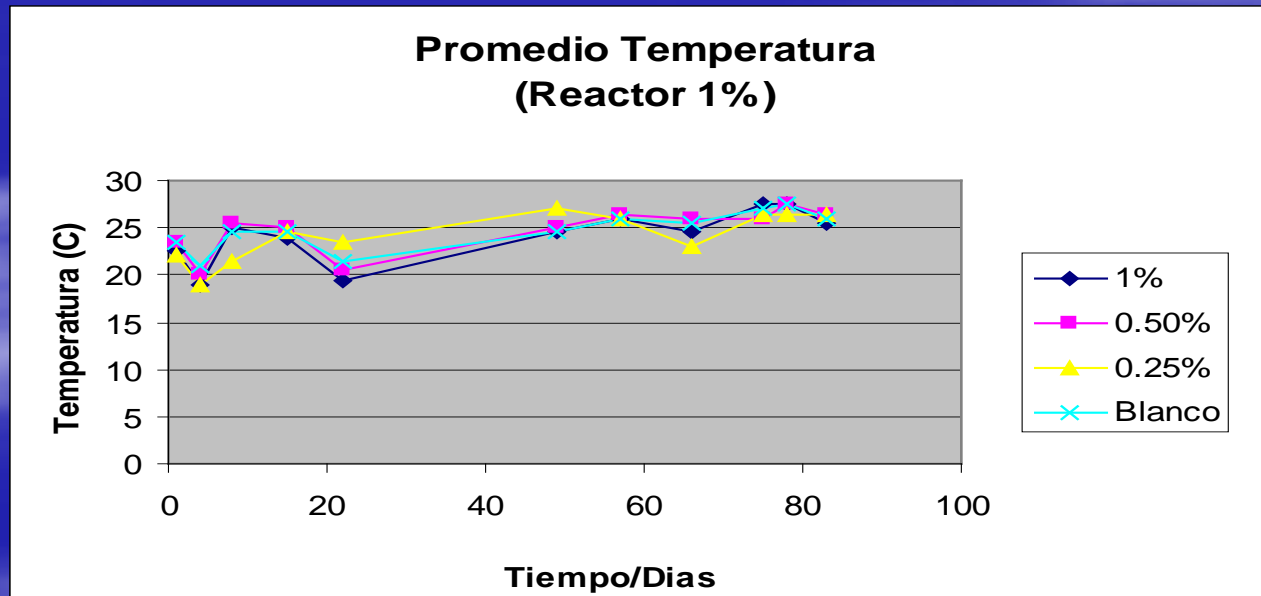


Parámetro	Expresado en	Unidad ¹⁾	Uso Agrícola ²⁾	Uso industrial ³⁾	Ecosistemas Sensibles ⁴⁾
Hidrocarburos totales	TPH	mg/Kg	<2500	<4000	<1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos(HAPs)	C	mg/Kg	<2	<5	<1
Cadmio	Cd	mg/Kg	<2	<10	<1
Niquel	Ni	mg/Kg	<50	<100	<40
Plomo	Pb	mg/Kg	<100	<500	<80

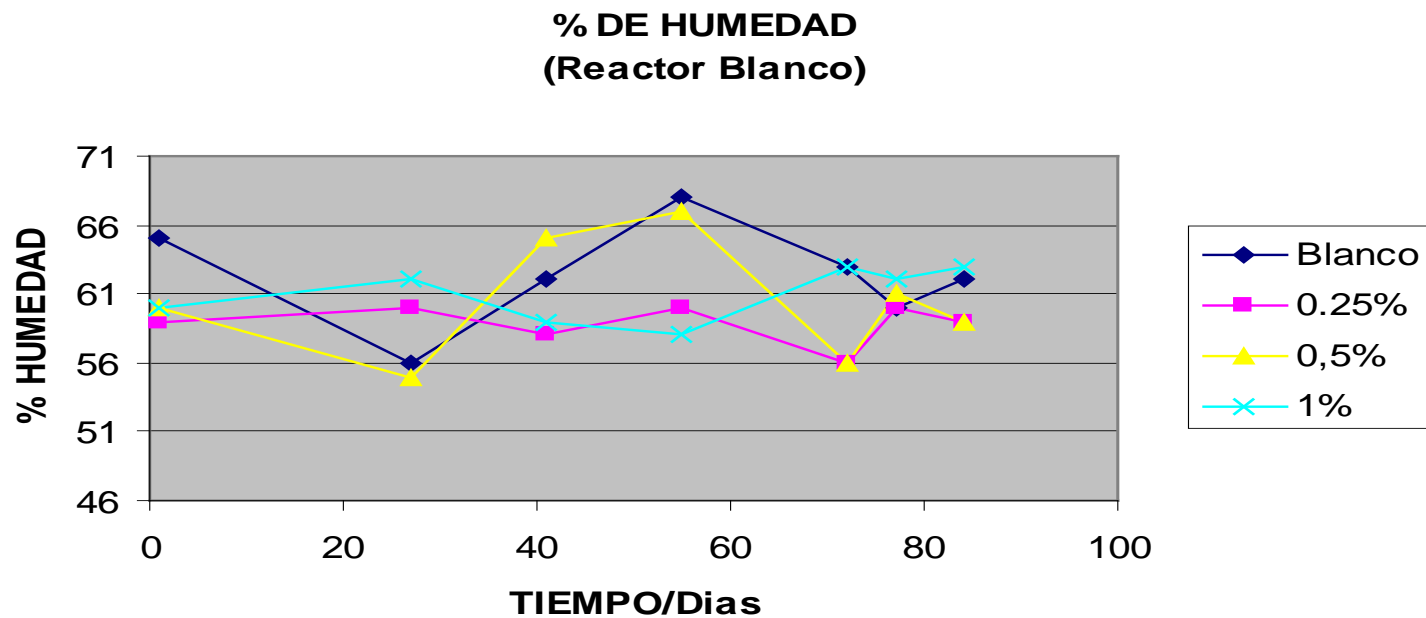
- Se colocó una dosis del cóctel enzimático en cada reactor, al 0.25%, 0.50%, 1%, en peso, manteniendo un reactor testigo o blanco (sin enzima). Estos valores de concentración, considerados como resultado del seguimiento microbiológico inicial.
- En un lapso aproximado de 4 meses se procedió los análisis de los parámetros anteriormente mencionados.
- Posteriormente se discutieron y analizaron los resultados obtenidos.

RESULTADOS OBTENIDOS

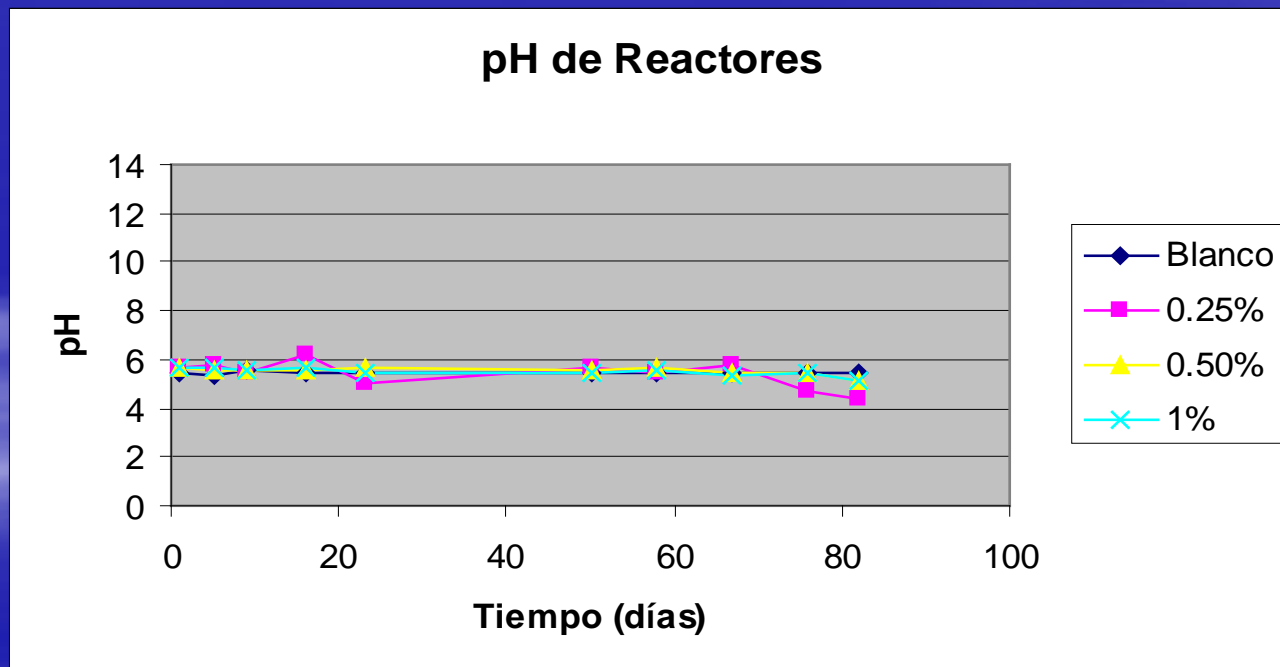
- ❖ **Temperatura:** El comportamiento de la temperatura, reporto una tendencia de incremento, debido a la colocación de una cubierta plástica sobre los reactores para disminuir el enfriamiento de estos, y por la época del año en la que se realizó (Verano).



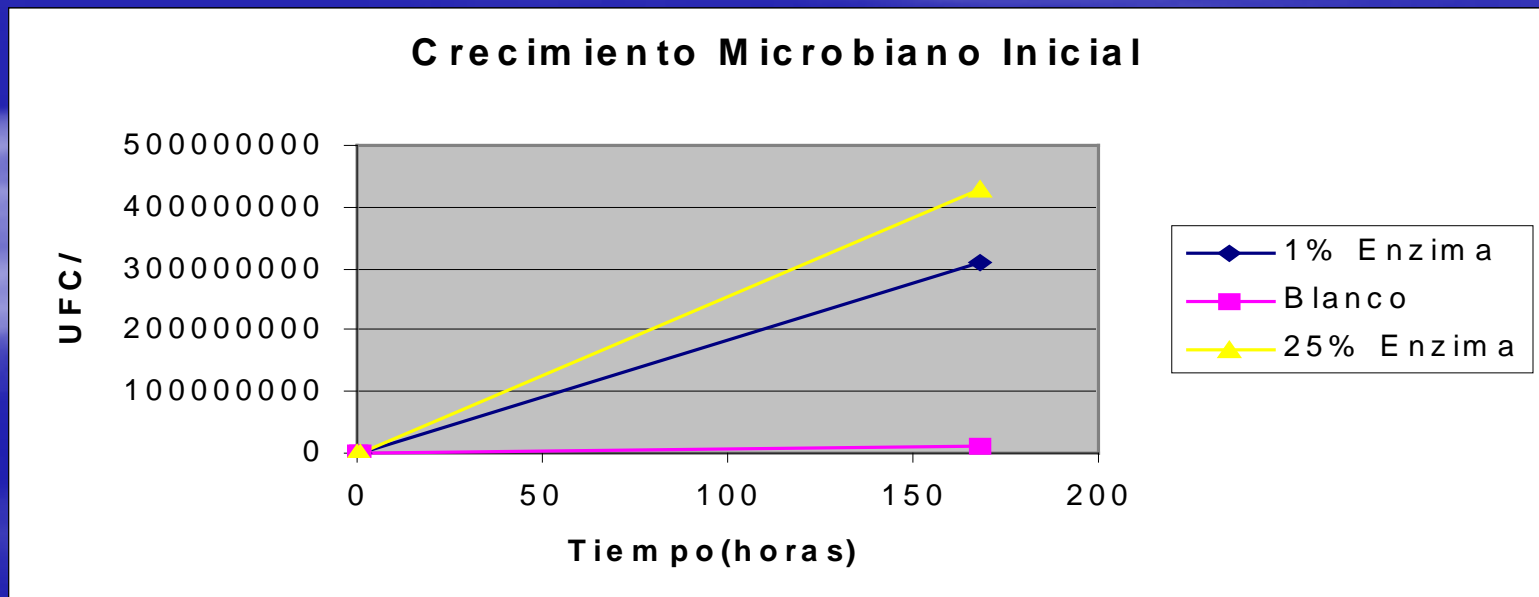
❖ **Humedad:** Mantener estable el porcentaje de humedad en todos los reactores es muy difícil, sin embargo se observa, que existe una variabilidad de un $\pm 25\%$.



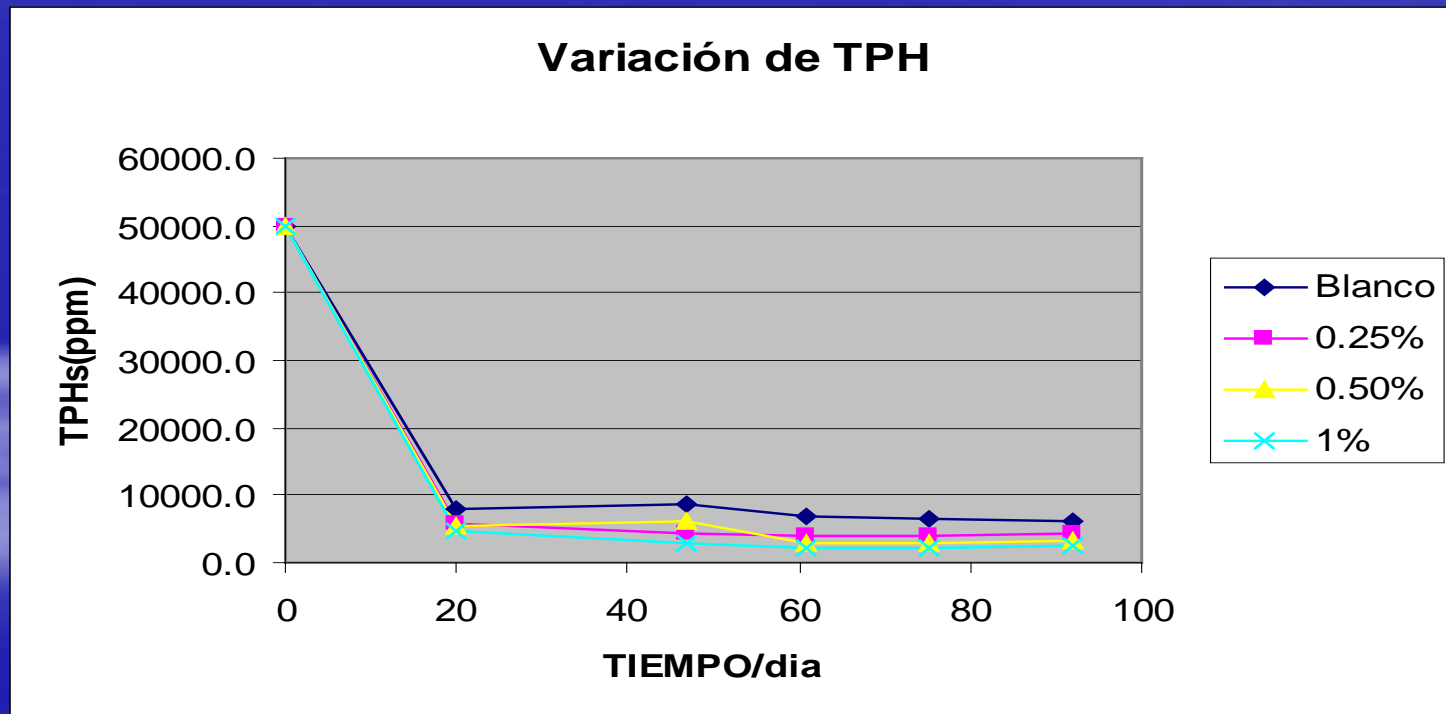
❖ **pH** : El pH se encuentra estable durante el proceso de biorremediación, hay que anotar que se halla en valores ligeramente ácidos, siendo este el valor originario o inicial al que el suelo se encontraba naturalmente.



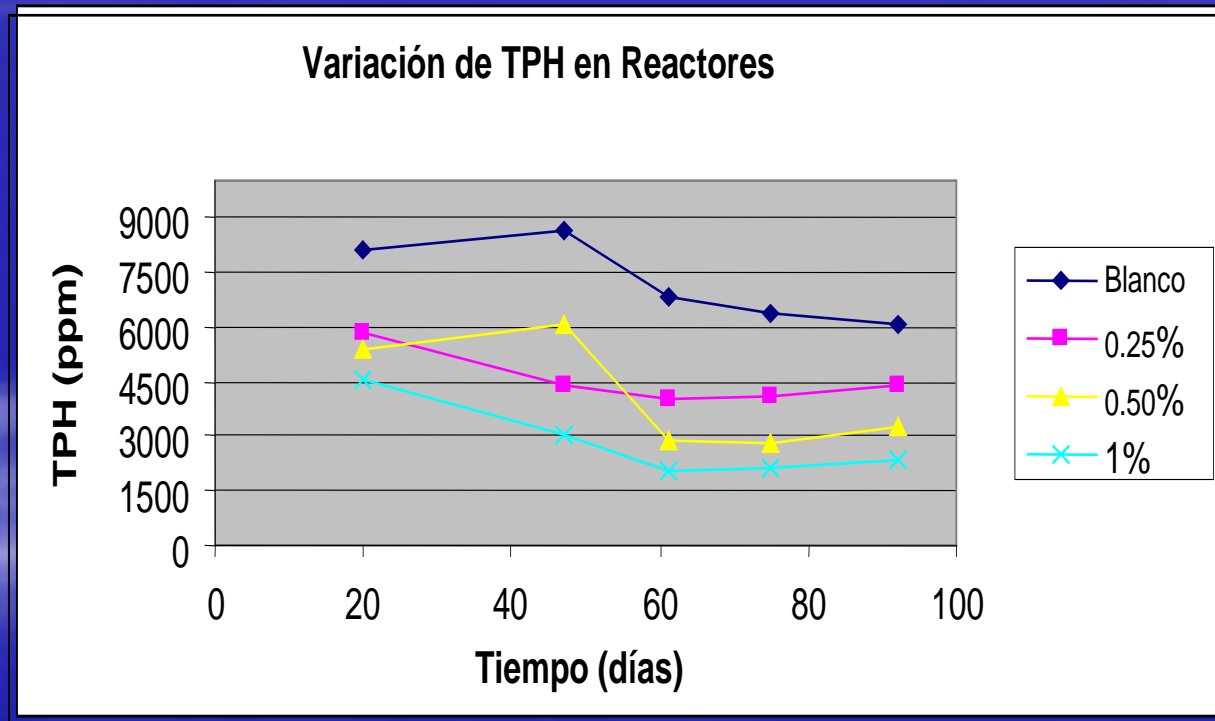
❖ **Microorganismos:** El crecimiento microbiano en el seguimiento inicial, que se realizó en dos concentraciones 1% y 25%, registrando resultados aproximados entre si. De estos valores se estableció, por cuestiones económicas, probar el proceso de biorremediación con rangos próximos al 1%, esto es 0.25%; 0.50%, y 1%. Una de las explicaciones para el incremento acelerado de la población microbiana es el uso del sustrato enzimático, pues el producto posee hormonas bacteriales y humectantes orgánicos.



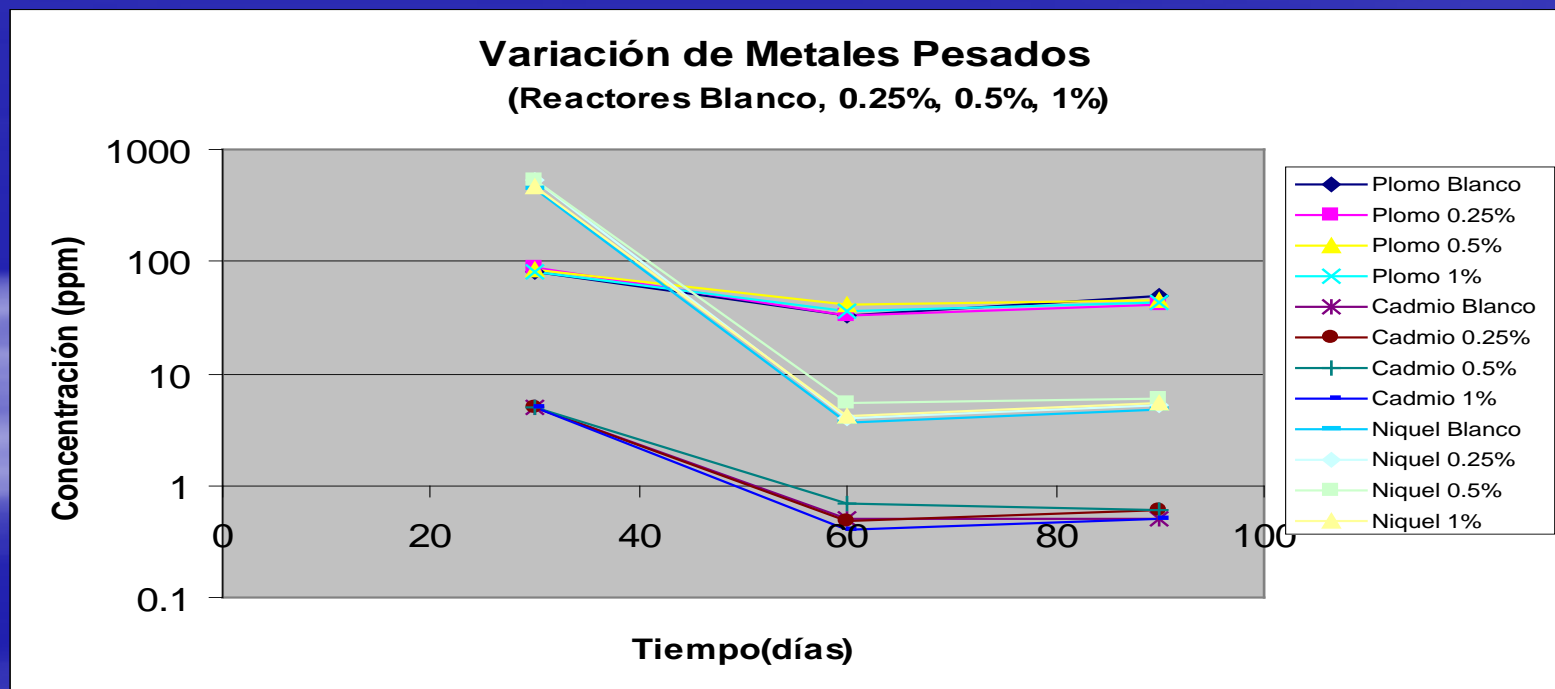
- **TPH:** La disminución de hidrocarburos puede ser producto de varios factores, entre ellos la volatilización de elementos, evaporación de agua presente en el crudo, y el efecto propio de degradación por parte de los microorganismos. La variación de hidrocarburos es brusca en los primeros días.



Como se puede observar la sección estable del gráfico indica que se obtiene mayor degradación con el reactor al 1%, seguido por 0.50%; 0.25%, y el blanco es el que menor degradación presenta.



❖ **Metales Pesados:** Según se observa en el gráfico, existe una disminución considerable de metales pesados comparando su estado inicial y final, luego del proceso de remediación. La concentración de elementos Plomo, Níquel, y Cadmio disminuyen, tanto en el reactor blanco como en los demás reactores, lo que indica que el efecto de la enzima es relativamente mínimo en este aspecto.



CONCLUSIONES

1. El proceso de biorremediación utilizado para degradar hidrocarburos, en esta investigación, presenta una mejoría en aspectos de degradación de hidrocarburos y disminución de metales pesados, comparando los reactores adicionados con enzima y el reactor blanco o patrón.
2. Los rangos de concentración de coctel enzimático utilizados para la biorremediación, a partir del seguimiento inicial, fueron 0.25%; 0.5%; y 1% en peso.
3. El efecto que tiene la variación de la temperatura se ve reflejado en el incremento o decremento poblacional de microorganismos.

4. La humedad es un factor crítico en el crecimiento de los organismos, pues es el aspecto que mas limita el crecimiento microbiano.
5. El crecimiento microbiano se ve claramente incrementado con la adición de las enzimas.
6. Los nutrientes son un factor importante en el proceso de biorremediación de suelos, a pesar de la escasa especificidad que se puede obtener respecto a los diferentes tipos de complejos o compuestos que son sintetizados por los microorganismos.

- La presencia de metales pesados en el suelo no se ve disminuida en gran magnitud con la aplicación del cóctel enzimático, sin embargo existe una pequeña mejora en cuanto al elemento plomo.
- Los hidrocarburos pesados de petróleo son más difíciles de sintetizar. Con el uso del coctel enzimático se promueve la degradación de estos.
- Hay que recalcar que este es un primer paso en la determinación de la eficacia del producto, pues la falta de información limita mucho la realización de una prueba más exacta que nos de valores reales y no aproximados de trabajo de la enzima. Con estos resultados iniciales queda abierta la oportunidad de realizar investigaciones posteriores para determinar las concentraciones óptimas a colocar en suelos contaminados con crudo y biorremediarlos en el menor tiempo posible, permitiendo una disminución en la variabilidad de los resultados, que conlleven a la consecución de resultados cercanos a la realidad de la catálisis enzimática.

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

**BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO LIMO -
ARENOSO CONTAMINADO DE CRUDO
UTILIZANDO UN COCTEL ENZIMÁTICO
COMERCIAL**