

Velocidad de degradación de hidrocarburos en el suelo

Patricio Ysidro Gómez Ortega

pygomez@gmail.com

Introducción

Uno de los problemas medioambientales más importantes de nuestros tiempos es el vertido de hidrocarburos, en ecosistemas terrestres, en Ecuador toda la explotación y refinación del petróleo han generado un incremento en la contaminación de los suelos, por esta razón es necesario la búsqueda de técnicas como la biorremediación la cual presenta una solución ambiental segura, efectiva y económica para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos (Bartha, 2001)

El objetivo de la biorremediación es acelerar la degradación total o parcial del contaminante disminuyendo su toxicidad, movilidad e impacto ambiental (Ávila, 1999)

La biodegradación de hidrocarburos está condicionada a diferentes variables, por este motivo es necesario controlarlos para que la actividad de los microorganismos sea eficiente, los factores que más intervienen dentro del proceso de degradación son pH, Humedad, aceptores de electrones y nutrientes, (Ávila, 1999) cuando existen derrames de hidrocarburos en el suelo se observa una elevada concentración de carbono, y carencia de nitrógeno y fósforo, necesarios para el metabolismo microbiano, por este motivo se opta por la bioestimulación que es suministrar factores limitantes como nutrientes y aceptores de electrones que estimulan el metabolismo y el crecimiento de microorganismos los cuales aceleran las tasas de degradación del contaminante si las condiciones ambientales son favorables (Bartha 2001)

Estudios realizados reportan que la bioestimulación es la técnica más utilizada ya que da mayores resultados en un lapso de tiempo considerable (8 a 6 meses), controlando las variables, pH, %H y nutrientes, existen rangos de control de estas variables pero no se las ha comprobado técnicamente, es por ello que se busca determinar cuáles variables son más determinantes en el proceso de biorremediación, para tener un sustento científico, para acelerar la velocidad de degradación del contaminante en el suelo.

Con el presente proyecto se pretende simular el tiempo óptimo de degradación del hidrocarburo en el suelo, mediante modelos matemáticos, para ello se tomará en cuenta todas las variables que intervienen en este problema como son humedad, pH, TPH's, %Nitrógeno, cantidad de fósforo y potasio, además de otros oligoelementos necesarios para la degradación de hidrocarburos por microorganismos; actualmente en nuestro país no se tiene estandarizado las variables que hay que controlar para aumentar la velocidad de degradación, todo el trabajo relacionado a este campo es muy empírico, y más bien depende de la atenuación natural, por esto nace la necesidad de tener un trabajo relacionado a este tema que nos permita definir de una mejor manera el proceso de remediación de suelos contaminados con hidrocarburos, disminuyendo el tiempo y aumentando el volumen de suelo recuperado.

Objetivos

Determinar las variables que influyen en la velocidad de degradación del hidrocarburo en el suelo contaminado, en la técnica de bioestimulación

Determinar el tiempo óptimo para lograr la remediación del suelo hasta los límites permisibles en la legislación nacional

Determinar los parámetros que es necesario controlar para aumentar la velocidad de degradación del hidrocarburo del suelo

En la actualidad nuestro país como el resto de países productores de petróleo se enfrentan a los derrames generados en este proceso, las secuelas que quedan en los derrames son varias pero la principal y más difícil de eliminar es la contaminación que queda en el suelo, mediante este proyecto se pretende determinar las variables más relevantes dentro del proceso de descontaminación de suelos, esto ayudara a tener un control más estricto del proceso y aumentar la eficiencia, de este forma tendremos más áreas descontaminadas en menor tiempo, esto ayudara a preservar el medio ambiente para las generaciones venideras.

Defina el propósito general del proyecto y su contribución al desarrollo sostenible de su país, o de las regiones y comunidades, y el aporte a la preservación del medio ambiente.

Desarrollo

Los seres humanos han venido en un ciclo imparables y al parecer sin retorno de crear productos que buscan satisfacer necesidades que fueron apareciendo a medida que el mismo hombre fue organizando su sociedad. Entre los años 30 y 40's del siglo XX, el aumento de la actividad industrial del sector químico, tanto para la producción de fertilizantes como de derivados del petróleo, dio surgimiento al problema de los residuos peligrosos. Desde la aparición de los primeros incidentes relacionados con este tipo de residuos, se ha tomado conciencia del grave peligro

que representa este tipo de residuos para la salud de las personas y el medio ambiente; despertando una concientización de la comunidad en general sobre los riesgos y peligros que este tipo de residuos revisten; y ha generado el establecimiento a nivel internacional de estrictos sistemas de regulación y control buscando prevenir los impactos ambientales adversos generados por este tipo de residuos: como el convenio de Basilea, el convenio de Estocolmo, entre otros (MAVDT, 2005).

Biodegradación

La biodegradación es un proceso natural, resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos. En principio, todo compuesto sintetizado biológicamente puede ser descompuesto biológicamente. Sin embargo, muchos compuestos biológicos (lignina, celulosa, etc.) son difícilmente degradados por los microorganismos debido a sus características químicas.

La biodegradación permite la eliminación de compuestos nocivos impidiendo su concentración, y además es indispensable para el reciclaje de los elementos en la biosfera, permitiendo la restitución de elementos esenciales en la formación y crecimiento de los organismos (carbohidratos, lípidos, proteínas).

La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica). La primera es más completa y libera energía, dióxido de carbono y agua, es la de mayor rendimiento energético. Los procesos anaeróbicos son oxidaciones incompletas y liberan menor energía.

La biodegradación de hidrocarburos de petróleo en suelos contaminados suele ocurrir de manera natural por poblaciones microbianas que pueden sobrevivir a la toxicidad presente en el ambiente siendo capaces de utilizar el hidrocarburo para vivir, este es uno de los principales mecanismos por el cual el petróleo y sus derivados han sido eliminados del ambiente con éxito.

Parámetros que Influyen en el proceso de biodegradación. Los factores que afectan a los microorganismos son los que requieren mayor control a lo largo del proceso biológico. Entre estos factores están: la aireación, el contenido de humedad, la temperatura, pH, los factores nutricionales y la relación C/N.

La relación C/N/P típica oscila entre 100/10/1 y 100/1/0.5. Cookson, propone un método para el cálculo de estas relaciones en el caso de una biorremediación de un hidrocarburo como contaminante, el autor sugiere los siguientes pasos:

1. Escribir la reacción redox para una estructura química media, más que para la reacción de cada uno de los compuestos presentes en el contaminante.
2. Determinar el aceptor de electrones más apropiado y el modo metabólico para la destrucción del contaminante (Hidrocarburo).
3. Seleccionar una fuente apropiada de nitrógeno.
4. Seleccionar un factor de energía apropiado para la conversión del hidrocarburo a masa celular.
5. Escribir las medias reacciones apropiadas para la oxidación- reducción y la ecuación para el crecimiento celular las fracciones de producción f_e y f_s .
6. escribir la reacción global, sumando las medias reacciones y la ecuación de crecimiento celular.
7. Calcular los pesos moleculares para establecer las relaciones de masa.
8. Determinar las relaciones de masa.
9. La técnica a desarrollar para la biorrecuperación está constituido por la plataforma donde está contenida la fuente de contaminación.

El volumen a tratar permite calcular la concentración efectiva del contaminante en el suelo, que se expresa en mg/Kg al multiplicar la emisión del hidrocarburo al suelo en moles/día por el peso molecular de la sustancia contaminante. Esta concentración se compara con el límite permitido

para ecosistemas sensible (1000 ppm)), y a través de la relación entre ambas, se regula la tasa de renovación de suelo.

10. Como punto de encuentro final, el nivel de hidrocarburo acumulado representa la cantidad en el suelo derramado. En el mismo se recibe una cantidad denominada Incorporación, que se mide en mg/día, que está determinada por la variable Concentración, la Tasa de contaminación, que es el volumen diario de crudo derramado por un derrame típico, y los Derrames efectivos, que permite simular un derrame típico con un cierto intervalo de tiempo, los TPH presentes en el suelo disminuyen por la descontaminación, la que responde a una cinética de primer orden, en resumen, la cantidad acumulada es proporcional a la cantidad presente en función de la tasa de remoción, adicional se calcula la concentración media de hidrocarburo, dividiendo el hidrocarburo presente por el volumen de suelo a descontaminar.

DESARROLLO MODELO DE SIMULACION DINAMICA DE SISTEMAS

Model – Settings:

INITIAL TIME = 0 FINAL TIME = 120 (4 meses x 30 días) Units for time= días

ECUACIONES

1. Coeficiente de transferencia de masa = 2,5

Unidades: mg/día

Mide la velocidad de transferencia desde la fase líquida (Crudo) a la fase gas (CO2 y Vapor de agua)

2. Tasa de remoción= 0.025

Unidades: ppm

Contiene toda la complejidad del proceso orgánico para la eliminación del hidrocarburo.

A mayor tasa mayor eliminación

3. Comienzo= 0

Unidades: días

4. Concentración= Aireación*Peso molecular del contaminante*(1-
EXP(-Adición de nutrientes*Time))/(Adición de nutrientes*

Volumen de plataforma de tratamiento)

Unidades: mg/Kg

Concentración del material tóxico en el suelo a tratar

5. Concentración media=TPH presentes en el suelo*Volumen de suelo

Unidades: ppm

Concentración media de hidrocarburos en el suelo

6. Humedad promedio del suelo=30

Unidades: Dmnl

Contenido de agua en la estructura del suelo

7. Duración promedio del tratamiento= 120

Unidades: días

Duración promedio de un tratamiento para descontaminar suelo petrolizado

8. Descontaminación=Tasa de remoción*TPH presentes en el suelo

Unidades: mg/día

Simula una cinética de eliminación del contaminante de primer orden, directamente proporcional a la concentración de hidrocarburos presentes en la matriz suelo

9. Aireación=Coeficiente de transferencia de masa*Humedad*pH/(Transferencia de oxígeno*Temperatura promedio del lote de suelo)

Unidades: Dmnl

Oxígeno necesario para mantener viva la flora microbiana nativa del suelo

10. Derrames promedio=PULSE TRAIN(Comienzo, Duración del tratamiento ,15,120)

Unidades: Dmnl

Representa un histórico promedio de derrames sucedidos durante los últimos cinco años, durante ha existido derrames considerables en la amazonia ecuatoriana, en cuyo caso la respuesta de PULSE TRAIN es 1, y no existe más derrames de los estipulados, dado que PULSE TRAIN es cero.

11. Contaminación=Derrames promedio*Tasa de contaminación*Concentración

Unidades: mg/día

12. Frecuencia=IF THEN ELSE(relación>=1.1,1,IF THEN ELSE(relación<=0.9,-0.5,0))

Unidades: 1/día/día

Permite variar la frecuencia, de acuerdo al valor de la relación

13. Límite permitido= 1000

Unidades: mg/Kg

Es el nivel permitido de hidrocarburo en el suelo para depositarlo al ambiente, asegurando que el ambiente es un ecosistema sensible

14. Volumen de suelo=1000

Unidades: m³

Volumen promedio de un lote contaminado de suelo típico

15. Peso molecular del contaminante=82000

Unidades: mg/mol

Peso molecular promedio de hidrocarburos derramados en el suelo en mg

16. Temperatura= 303

Unidades: K

Temperatura promedio del lote de suelo contaminado

17. Relación=Concentración/Límite permitido

Units: Dmnl

Relación entre la concentración de TPH en el suelo y la concentración del suelo remediado permitido

18. Transferencia de oxígeno= 5

Unidades: litro/Kg

Cantidad de oxígeno disponible en el lote para permitir la degradación mediante organismos nativos

19. Tasa de contaminación= 250

Unidades: mg/min

Es la contaminación típica de un derrame en la amazonia ecuatoriana

20. Relación C/N= 1000

Unidades: Dmnl

La relación carbono nitrógeno típica de un suelo sometido a remediación

21. Adición de nutrientes= Frecuencia

Valor inicial: Relación C/N

Unidades: mg/Kg

Número de veces que se agrega nutrientes en el suelo sometido a descontaminación hasta cumplir con el límite establecido para la normativa ambiental.

22. Temperatura = 303

Unidades: K

Temperatura absoluta del suelo sometido a proceso de remediación

23. TPH presentes en el suelo = +Contaminación - Descontaminación

Valor inicial: 10000

Unidades: mg/Kg

Es la cantidad de hidrocarburo inicial en el suelo al iniciar el tratamiento de descontaminación

24. Volumen de la plataforma de tratamiento = 4500

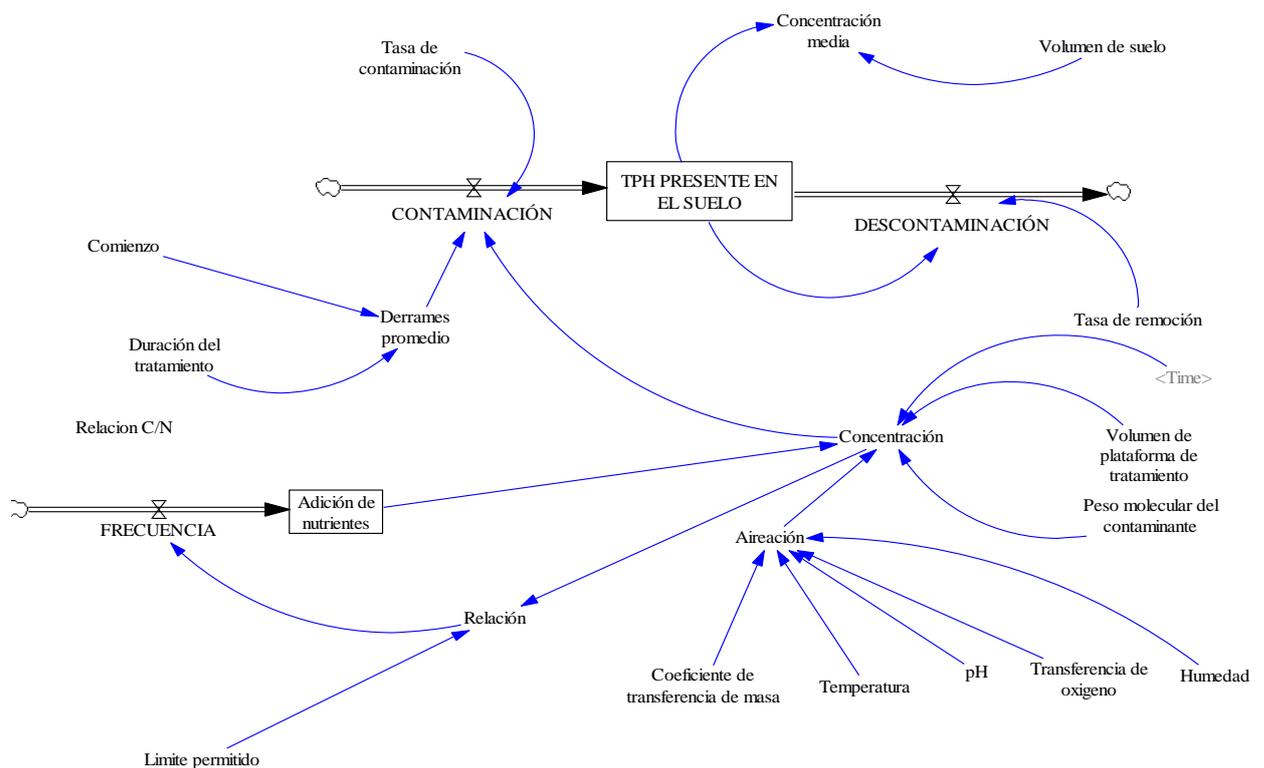
Unidades: m²

Volumen de la plataforma de tratamiento biológico para disponer el suelo contaminado e iniciar el tratamiento para su descomposición.

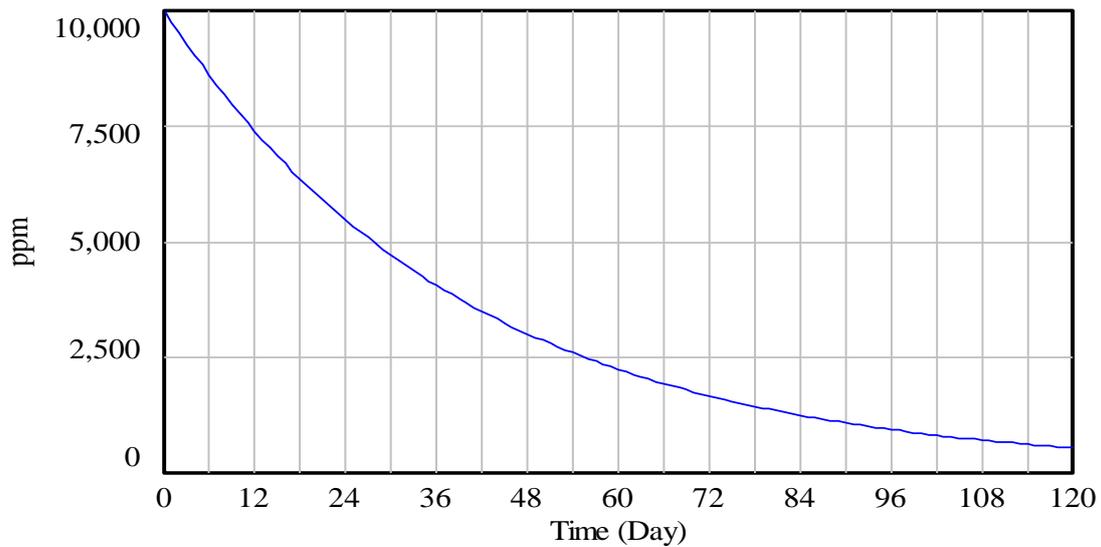
25. pH = 7

Unidades: Dmnl

pH del suelo en tratamiento debe estar en el rango neutro entre 6 y 7,5

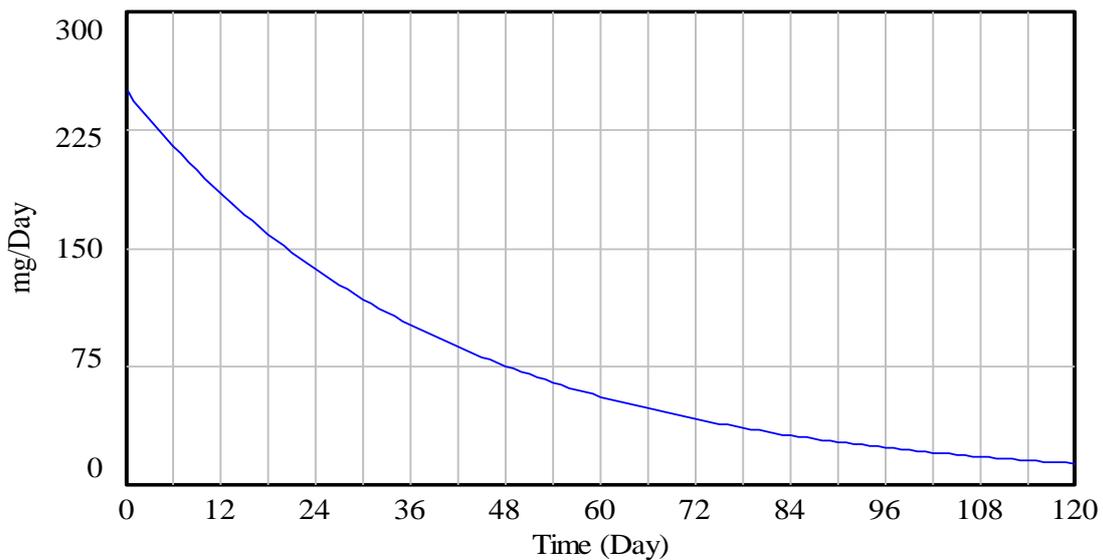


TPH PRESENTE EN EL SUELO



TPH PRESENTE EN EL SUELO : Current 

DESCONTAMINACIÓN



DESCONTAMINACIÓN : Current 

CONCLUSIONES

1. En el programa se puede simular una curva típica de la descontaminación de suelo hasta obtener el valor límite permitido, además se puede determinar la tasa de remoción de TPH diaria, esto nos permite saber con exactitud el comportamiento de la flora microbiana nativa
2. En la curva simulada de la contaminación se puede apreciar que al inicio del proceso existe una tasa grande de incorporación de contaminantes en el suelo pero con el paso de los días esta curva tiende a estabilizarse, esto es debido a que el proceso de transformación de los contaminantes empieza a desarrollarse

3. Con el ítem de la adición de nutrientes se puede apreciar que existe una relación inversa ya que a mayor tiempo de tratamiento el consumo de nutrientes va disminuyendo hasta llegar a cero, esto se cumple en el desarrollo real ya que conforme disminuye la concentración de hidrocarburos en el suelo ya no es necesario adicionarle nutrientes.
4. En este software de simulación de sistemas dinámicos se puede conocer cómo se desarrollan todos los factores ya se internos o externos de un determinado proceso y modificarlos para obtener los resultados esperados en menor tiempo y optimizando la mayor cantidad de recursos materiales como humanos.

Bibliografía en que se sustenta.

1. Dinámica de sistemas, Ejercicios, Juan Martín García, Tercera edición, 2012, Barcelona – España. <http://dinamica-de-sistemas.com>
2. Atlas, R, Bartha, 2001, Ecología microbiana y ambiental, Quinta Edición, California, The Benjamin Publishing Company Inc. Pp 559 – 610
3. Ávila M. 1999, la biorremediación procesos y aplicaciones, Instituto de Investigaciones Tecnológicas, EPN, Ecuador, pp 1 – 33
4. Steve, Canalé, Métodos numéricos para ingenieros, 1999 séptima edición, Mcgraw;Hill, pp 33 – 126
5. Manilla, E. Poggi-Varaldo, H. Chávez, B. Esparza, F. Barrera, J. Evaluación Del Funcionamiento De Un Tambor Rotatorio Aplicado A La Biorremediación De Un Suelo Contaminado Con Hidrocarburos. INTERCIENCIA, Vol. 29 N° 9 Sep.2004 P. 515-520
6. Costa E, Ovejero G, Martínez L. Algunos Modelos para La Determinación de Coeficientes de Transferencia de Materia. Ingeniería Química. Enero 1980
7. Alef. K. Nannipieri P. Methods in applied Soil Microbiology y Biochemistry. Academic Press. 1995.



<http://dinamica-de-sistemas.com/>

Distribuidor Oficial Vensim:

<http://atc-innova.com/>

Libros

Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



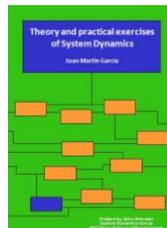
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)