

Tratamiento integral y disposición final de residuos de Operaciones de Producción en Yacimientos de Mendoza Norte

**Eduardo Curci
Gustavo Palma
Carlos Urfalino
Pedro Scattolo
(REPSOL-YPF)**

Introducción

Normalmente todas las operaciones de producción en la extracción de petróleo tienen como resultado no deseado la generación de una variedad y cantidad de residuos que ocasionan serios inconvenientes.

El no tratamiento y/o una disposición inadecuada de estos residuos en ciertos casos puede provocar severos perjuicios económicos y ambientales.

En este trabajo se presentan las medidas que se han tomado para minimizar los eventuales problemas medioambientales originados por los residuos generados. Se detalla, asimismo la adecuada disposición final de éstos en dos yacimientos operados por REPSOL-YPF.

Entre las medidas adoptadas se pueden mencionar la utilización de equipos de separación bifásica (sólido-líquido), separación trifásica (sólido-petróleo-agua), tratamiento con químicos de aguas de purga en tanques de producción, la utilización de técnicas biológicas como landfarming y empetrolado de caminos.

En las separaciones bifásica y trifásica se han eliminado gran parte de los residuos sólidos que normalmente deberían ser separados en la planta de tratamiento de agua del Yacimiento La Ventana.

En los tratamientos de agua de purga en tanques de producción se atacó químicamente a aguas que durante mucho tiempo han permanecido sin circular, de modo que su calidad era muy inferior a la del agua de producción normal.

También se analizan los resultados obtenidos en los tratamientos de landfarming del Yacimiento Barrancas, donde ya se han realizado más de dos ciclos completos y se han tratado cientos de toneladas de material empetrolado.

Antes de seleccionar el camino que seguirán los residuos se realiza una cuantificación de hidrocarburos y de metales pesados y en función de los resultados de esos contaminantes se decide su disposición final.

Son evaluados los beneficios económicos obtenidos al aumentar la eficiencia de los procesos de producción debido a la minimización de residuos.

Debido al éxito de las medidas implementadas próximamente se ampliará el tratamiento y la disposición final de residuos empleando la metodología presentada en este trabajo a otros Yacimientos en Mendoza Norte.

Todas las medidas anteriormente mencionadas colaboran con el objetivo de obtener la certificación de la norma ISO 14001 durante el año 2001.

Desarrollo

Para la disposición final de los residuos producidos en las operaciones de producción de hidrocarburos se deben tener en cuenta una serie de pasos que aseguren que estos residuos no se convertirán en un futuro en una agresión al medio ambiente.

Primeramente es conveniente separarlos de acuerdo a la fase.

Así se trata por un lado la fase líquida y por otro se trabaja con los residuos en estado sólido.

Cuanto más eficiente sea esta separación de fases menos complicaciones se tendrá en la disposición final.

Los residuos líquidos deberán ser tratados para que cumplan los parámetros de calidad requeridos para que puedan ser reinyectados y utilizados en los procesos de recuperación secundaria.

Se han dejado de lado la acumulación de las aguas de purga en piletas de infiltración y evaporación debido a que ésta no era una solución medioambiental aceptable.

La disposición final de residuos sólidos se efectúa utilizando distintas técnicas.

Se dispone de zonas donde se realizan tratamientos biológicos empleando la técnica de landfarming. En los yacimientos explotados por Repsol en Mendoza Norte la degradación biológica del material empetrolado se lleva a cabo utilizando las bacterias autóctonas.

Para que este proceso sea eficiente se incrementa la población bacteriana controlando y regulando los parámetros físico-químicos que pueden tener influencia en este crecimiento.

Los principales parámetros físico-químicos a controlar son : humedad , pH y cantidad de oxígeno del terreno.

Para un buen desarrollo de la población microbiana debe haber disponibilidad de nutrientes , especialmente nitrógeno y fósforo.

Por tal motivo se sigue el contenido de estos dos elementos , y cuando las concentraciones disminuyen a valores que comprometen la población microbiológica se añaden externamente realizando fertilizaciones con urea y fosfato diamónico.

Otra opción de disposición es el empetrolado de caminos internos de los distintos yacimientos.

En este caso se prepara la mezcla en zonas especialmente habilitadas al efecto , donde los fondos de tanques , restos de antiguas represas y de derrames se mezclan íntimamente con áridos de la zona.

El empetrolado de los caminos se realiza empleando máquinas viales.

Una vez realizada la separación de fases , como paso previo a la disposición final se deben monitorear los parámetros que tienen relevancia ambiental como ser : contenido de hidrocarburos , salinidad y metales pesados. En función del contenido de hidrocarburos se decide el destino final de los residuos.

En caso de los sólidos se debe decidir entre tratamientos biológicos o empetrolados de caminos.

Una opción que hasta el momento no se implementó por su elevado costo es entregar los residuos sólidos a empresas que los utilizan como combustibles alternativos.

Como tercera etapa se debe realizar un control periódico de los parámetros ambientales significativos.

Las determinaciones y su periodicidad están incluidas en los distintos procedimientos que se han creado con motivo de la certificación de la Norma ISO 14001.

A continuación se detallan los distintos procesos empleados en los yacimientos de Mendoza Norte.

Concentración de residuos de procesos utilizando equipos centrífugos

En el Yacimiento de La Ventana, los efluentes provenientes del proceso de tratamiento de agua de inyección y planta de crudo son enviados al siguiente tratamiento de efluentes :

Un **primer efluente** compuesto por rebalses de tanque es enviado a una pileta API que recupera el crudo (3000 m3 de capacidad). Éste es enviado a un tanque (Tk306/302) para su posterior bombeo junto al crudo de entrega.

Un **segundo efluente** formado por el rebalse de equipos de flotación que es reconcentrado por otro equipo de flotación (IAF). El agua retorna al circuito de la planta de tratamiento de agua, y lo flotado es procesado por un equipo centrífugo vertical trifásico.

De este equipo se generan tres corrientes de fluido , la de agua que retorna al circuito de la planta de tratamiento de agua , el petróleo que es enviado al tanque Tk306/302 con especificación de entrega, y un residuo sólido que puede ser tratado según los distintos tipos de disposición final en función de su composición

Un **tercer efluente** , es el obtenido del lavado de filtros , que en el caso de nuestras áreas es el que mayor carga de sólidos presenta a lo largo del proceso, además de agentes tensioactivos.

Este efluente es enviado a un tanque que por flotación se obtienen dos fases bien definidas. Una de las fases representa el fluido que se recupera por reproceso en conjunto con el **segundo efluente**, la otra fase rica en sólidos e hidrocarburos es tratada por un equipo de separación bifásica.

El fluido obtenido de la separación centrífuga bifásica es enviado al circuito del **segundo efluente**, mientras que el residuo sólido resultante es enviado de acuerdo a su composición a su disposición final.

También hay que considerar los efluentes generados por los equipos de Workover y centrales de vapor que son incorporados al **tercer efluente**.

En la figura 1 se esquematiza el diagrama de flujos de la planta de procesos.

Efluentes Barrancas-Ugarteche

La mayor parte de los residuos generados en los Yacimientos de Barrancas y Ugarteche se concentran en las dos piletas API ubicadas en la Planta de deshidratación de crudos en Barrancas.

Allí existe una cámara donde descargan los camiones atmosféricos que trasladan la mayor parte de efluentes que deben ser reprocesados.

Junto a los líquidos son transportados sólidos que entorpecen y dificultan el proceso de deshidratación del crudo que luego será bombeado a la refinería.

Para mejorar el proceso se diseñó una pileta de 10 metros de largo , 4 de ancho y una profundidad máxima de 1 metro , en la cual se descargarán los camiones y por desnivel los efluentes líquidos irán a una pileta API.

Luego el agua es derivada a la planta de tratamiento para que pueda ser inyectada.

La parte líquida que contiene hidrocarburos se reincorpora al proceso de deshidratación.

Los sólidos quedarán en la pileta donde semanalmente son recolectados por máquinas viales y luego de su caracterización serán derivados para la disposición final.

El proceso en Ugarteche es completamente cerrado , de modo que los residuos sólidos se acumulan en una pileta API para luego ser derivados a la planta de deshidratación de crudos del Yacimiento Barrancas , donde se disponen siguiendo los pasos anteriormente mencionados.

En este proceso los líquidos son reinyectados en el sistema de recuperación secundaria.

Si el contenido de sulfuro es muy elevado se agrega hipoclorito de sodio.

Clasificación de efluentes

Para poder disponer los residuos de acuerdo a la legislación vigente se efectúan los siguientes controles sobre los parámetros que tienen relevancia desde el punto de vista ambiental :

Primeramente se evalúa el contenido de hidrocarburos , salinidad y también se cuantifica el contenido de metales pesados (cadmio , cobre , cinc , plomo , cromo , mercurio , arsénico , níquel , plata y bario) en los lixiviados siguiendo la metodología EPA.

En función de los resultados obtenidos y de acuerdo a la disposición que se quiera llevar a cabo se decide si hay que realizar un mezclado con áridos no contaminados para que todos los parámetros estén dentro de los límites establecidos por la legislación vigente.

En el caso de los residuos líquidos se analiza el contenido de sulfuros , y en caso de ser necesario se realiza un tratamiento con hipoclorito de sodio , tal que la concentración de ese contaminante esté en un rango que sea compatible con los tratamientos convencionales realizados en las plantas de inyección secundaria.

Ensayos con hipoclorito de sodio

Otros residuos que pueden provocar inconvenientes desde el punto de vista ambiental son aguas de producción que por diversos motivos no han sido inyectadas en la Recuperación Secundaria y quedan almacenadas en tanques de producción.

Este tipo de almacenamiento favorece el empeoramiento de la calidad del agua ya que esas condiciones favorecen el aumento de bacterias sulfato-reductoras que generan una apreciable cantidad de sulfuros.

Concretamente tenía valores de sulfuros tan elevados (superiores a 100 p.p.m.) que al ser más de 10 veces superior a lo normal no podían ser tratadas convencionalmente con los productos químicos usados habitualmente en el tratamiento del agua de inyección para Recuperación Secundaria en la Planta del Yacimiento Barrancas.

Este tipo de agua no puede ser procesada por la planta de tratamiento , de modo que se debe hacer un pretratamiento que disminuya en un orden la cantidad de sulfuros , para que se eliminen las restricciones que impiden su tratamiento y posterior inyección.

Se utilizó como agente oxidante de los sulfuros a una solución al 10 % de hipoclorito de sodio.

La precaución que se debió tomar fue siempre trabajar con un defecto de hipoclorito para evitar los efectos corrosivos de este agente oxidante.

Cabe destacar que bajo estas condiciones el hipoclorito de sodio no actúa como agente bactericida.

Se realizó un exhaustivo seguimiento de la concentración de sulfuro remanente en distintos puntos del sistema.

Se midió la evolución de la concentración en los distintos tanques de almacenaje , en la pileta API que es el paso previo a que el agua entre a la planta de tratamiento de agua de inyección para recuperación secundaria y luego se midió la concentración de sulfuro a la entrada de los WEMCOS , equipos instalados en la mencionada planta.

En los primeros doce meses de esta operación se trataron 63.500 metros cúbicos de aguas que tenían concentraciones de sulfuro de alrededor de 100 p.p.m. bajándose ese valor en un orden.

El objetivo era tener a la entrada de los WEMCOS valores de sulfuro inferiores a 10 p.p.m.

En los gráficos 1y 2 se muestran la concentración de sulfuro a la salida de los tanques que almacenaban agua y la entrada a la planta de tratamiento para inyectar agua.

El costo de este tratamiento fue de 0,15 \$/m³ de agua de purga tratada.

Landfarming

En el Yacimiento Barrancas , perteneciente a la Unidad Económica Mendoza Norte se inicia el tratamiento de biorremediación utilizando la técnica de landfarming en el año 1997 utilizando dos parcelas , una de 60 metros de largo por 26 metros de ancho donde se realiza el tratamiento y otra de 20 metros por 26 metros que se utiliza como acopio de material.

Los residuos que se trataron fueron barro , lodos y sedimentos empetrolados provenientes de limpiezas de tanques y suelos contaminados por derrames.

El proceso fue controlado realizando el seguimiento de los parámetros críticos que afectan la eficiencia y velocidad de la degradación bacteriana de los hidrocarburos.

Se controló el riego (que se realizaba mediante un sistema de aspersión) , la cantidad de fósforo y nitrógeno disponibles en el sistema (agregándose fertilizante cuando los niveles de estos elementos disminuían a valores inadecuados para el normal desarrollo bacteriano) y periódicamente se realizó la remoción del suelo empleando un arado , tarea que permitió oxigenar al sistema.

El seguimiento de la degradación se realizó midiendo la cantidad de hidrocarburo remanente en el sistema.

También se realizaron mediciones de la población bacteriana.

El primer ciclo se consiguió un porcentaje de degradación de 75,5 % , en tanto en el segundo ciclo el porcentaje alcanzado fue de 72,5 % .

En el gráfico 3 se muestra el porcentaje de degradación de hidrocarburos en los primeros dos ciclos del landfarming del yacimiento Barrancas.

Posteriormente se cuadruplicó el área de tratamiento y a la primera parcela se le construyó un sistema de drenaje , el que permite eliminar el agua de las precipitaciones pluviales favoreciéndose las condiciones aerobias que facilitan el crecimiento y desarrollo microbiano.

Para conocer la concentración de los metales presentes en el sistema se realizó un proceso de lixiviación según la técnica EPA 1310 (Extraction Procedure-EPA-Toxicity Test Method and Structural Integrity Test).

Sobre el lixiviado se realizaron mediciones de cadmio , cromo , cobre , plomo , níquel , cinc utilizando la técnica de espectroscopía de Absorción Atómica , mercurio con A.A. vapor frío y arsénico con espectroscopía visible.

Los valores obtenidos en la medición de metales pesados fueron inferiores a los límites máximos fijados por leyes nacionales y provinciales.

Una vez concluido cada ciclo de degradación se dispone el material en áreas donde se plantan especies nativas.

Comparación de costos de las distintas alternativas

En la concentración de residuos de procesos utilizando equipos centrífugos el costo se divide en dos ítems.

Un costo inicial , que es la inversión de los equipos , montaje de equipos , distribución de líneas e ingeniería que es de aproximadamente 750.000 dólares.

Por otro lado el costo operativo es de 0,13 dólares por metro cúbico de efluente de proceso (líquido más sólido) tratado.

Mensualmente se recuperan 100 metros cúbicos de petróleo por cada 64.000 metros cúbicos de fluido tratado , que son incorporados al petróleo de entrega.

En los tratamientos utilizando la técnica de landfarming se debe considerar el gasto inicial , que es la preparación y acondicionamiento de las parcelas donde se realizará las degradaciones biológicas de hidrocarburos.

El costo inicial es de alrededor de 10.000 a 20.000 dólares , dependiendo de si es necesario colocar una membrana que impermeabilice la superficie de tratamiento.

El costo operativo es de 8 a 12 dólares por metro cúbico de material.

El empetrolado de caminos tiene un costo de 6 a 9 dólares por metro cúbico de material.

El tratamiento de líquidos con hipoclorito de sodio para mejorar la calidad del agua de inyección fue de 0,15 dólares /m³ de agua tratada.

Se evaluó la opción de enviar los residuos a una planta de terceros que los utilizaría como combustible alternativo.

Hasta el momento esta posibilidad no se ha implementado debido a los altísimos costos operativos que demanda , que serían de alrededor de 45 a 90 dólares /tonelada de material entregado , dependiendo de la composición de éste.

Adicionalmente a los beneficios ambientales que se obtienen por realizar un manejo adecuado de residuos de producción existen beneficios económicos al concentrar los residuos utilizando equipos centrífugos debido a que se evita la construcción de piletas revestidas , se ahorra en equipos especiales para limpiar piletas API y al evitar el reproceso de todos los fluidos se disminuyen los gastos de limpieza de tanques.

El ahorro es de aproximadamente 170.000 dólares al año.

Contribuciones técnicas

Las técnicas elegidas para tratar y disponer los residuos generados durante las operaciones de producción ha permitido una disminución significativa de los problemas medioambientales de los yacimientos involucrados.

Al utilizar esta metodología se ha contribuido con un aumento en la eficiencia en los procesos de producción.

Las dos razones enunciadas previamente ha originado una disminución de los costos directos e indirectos en procesos de producción de planta y campo.

Conclusiones

En los yacimientos de Mendoza Norte operados por Repsol se siguen procedimientos que permiten la disposición final de los residuos generados en las operaciones de producción.

Los procedimientos empleados incluyen separaciones con equipos centrífugos que los concentran ; técnicas biológicas (landfarming) y técnicas convencionales (empetrolados de caminos).

Cuando los líquidos presentan concentraciones de sulfuros incompatibles con los valores requeridos para ser inyectados se realizan pretratamientos con hipoclorito de sodio.

Los residuos son controlados en sus parámetros que tienen significación desde el punto de vista ambiental (contenido de hidrocarburos , salinidad y metales pesados).

Con una correcta distribución en el manejo de los residuos se logran beneficios económicos y medioambientales que favorecen las operaciones de producción en los yacimientos.

Se han elaborado procedimientos para cumplir con los requerimientos exigidos por la Norma ISO 14001 y se realizan monitoreos periódicos que permiten asegurar que se está trabajando dentro de los parámetros exigidos por las leyes vigentes.

Bibliografía

Errampalli D., Trevors J.T., Lee H., Leung K., Cassidy M., Knoke K., Marwood T., Shaw K., Blears M. and Chung E.1997. Biorremediation: A Perspective. Journ.of Soil Contamination, 6(3):207-218.

Hueseman, M. Guidelines for Land-Treating Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soils. Journal of Soil Contamination. 3(3): (1994)

R Barry King , G. M. Long , J. Sheldon , Practical Environmental Bioremediation-1992

M.M.Martinson , P. Malter T. Mc. Millin , Le Roy Fyock & Mark Wade –Composting Bioremediation for Exploration and Production Wastes-SPE 26395-1993.

T.W. Scott , G.W. Barker , R.C. Cook-Bioremediation of Hhydrocarbon Contaminated Soils at Crude Oil Production Sites in West Texas and New Mexico-SPE 25995-1993

M.D. Ratliff , C.L. Clodfelter , Cost Effective Management of Petroleum Hydrocarbon Remediation Projects-SPE 46860-1998.

D.Daddario , Transforming Environmentally Impacted Sites into Optimum Returns-SPE 52753-1999.

D. Carty , W.Priebe , S.Sweetish , W.Crawley , K.Brown , An Organized Approach Toward Remediation of Salt-Affected Soils at E&P Sites-SPE 37421-1997.

FIGURA 1

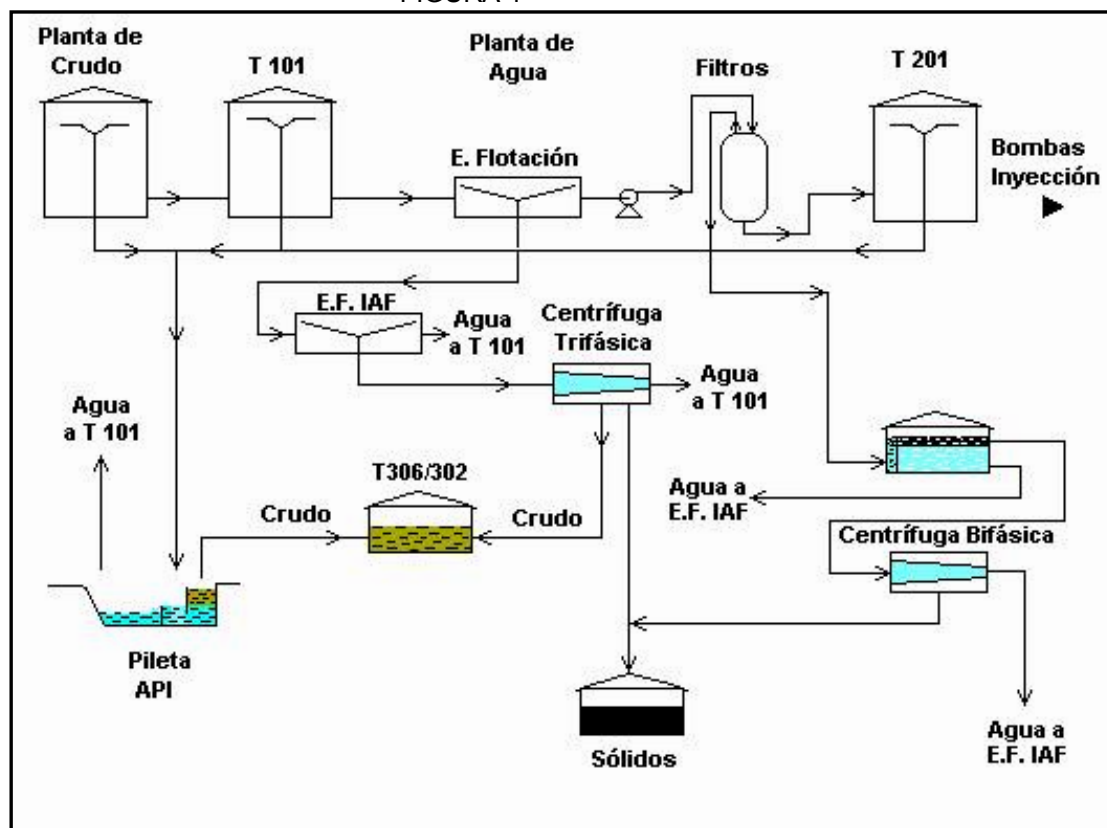


GRAFICO 1

Sulfuros Totales - Entrada Planta Brecha Brecha Verde

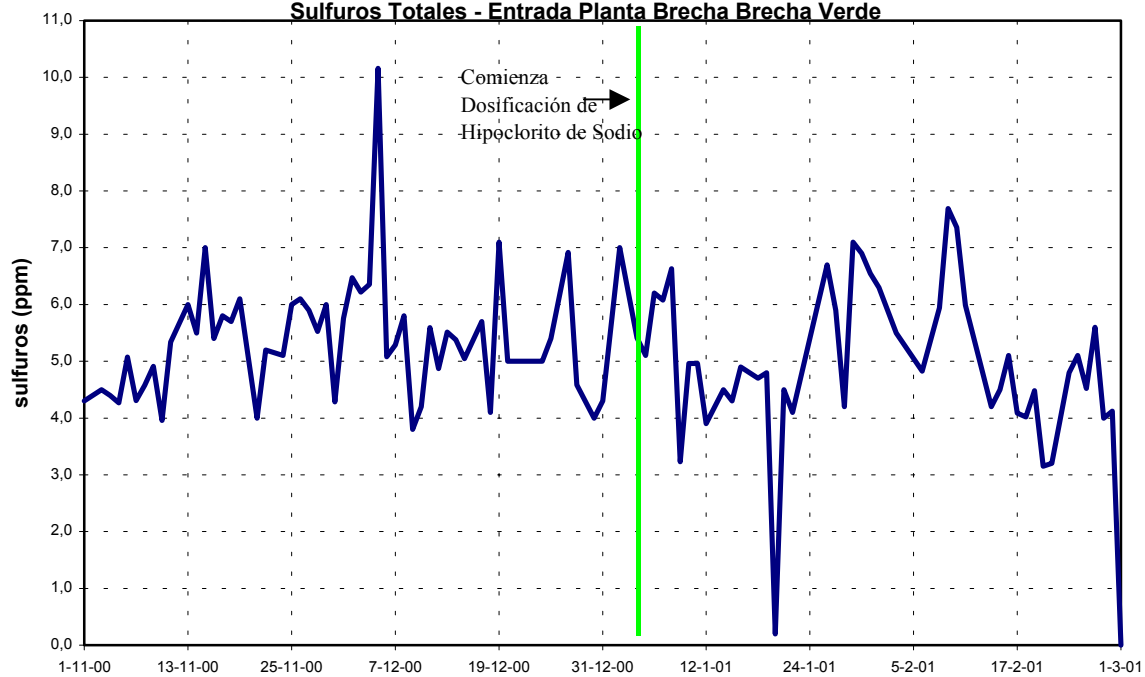


GRAFICO 2
Contenido de Sulfuros Tanque 115, 119 y Salida piletta API

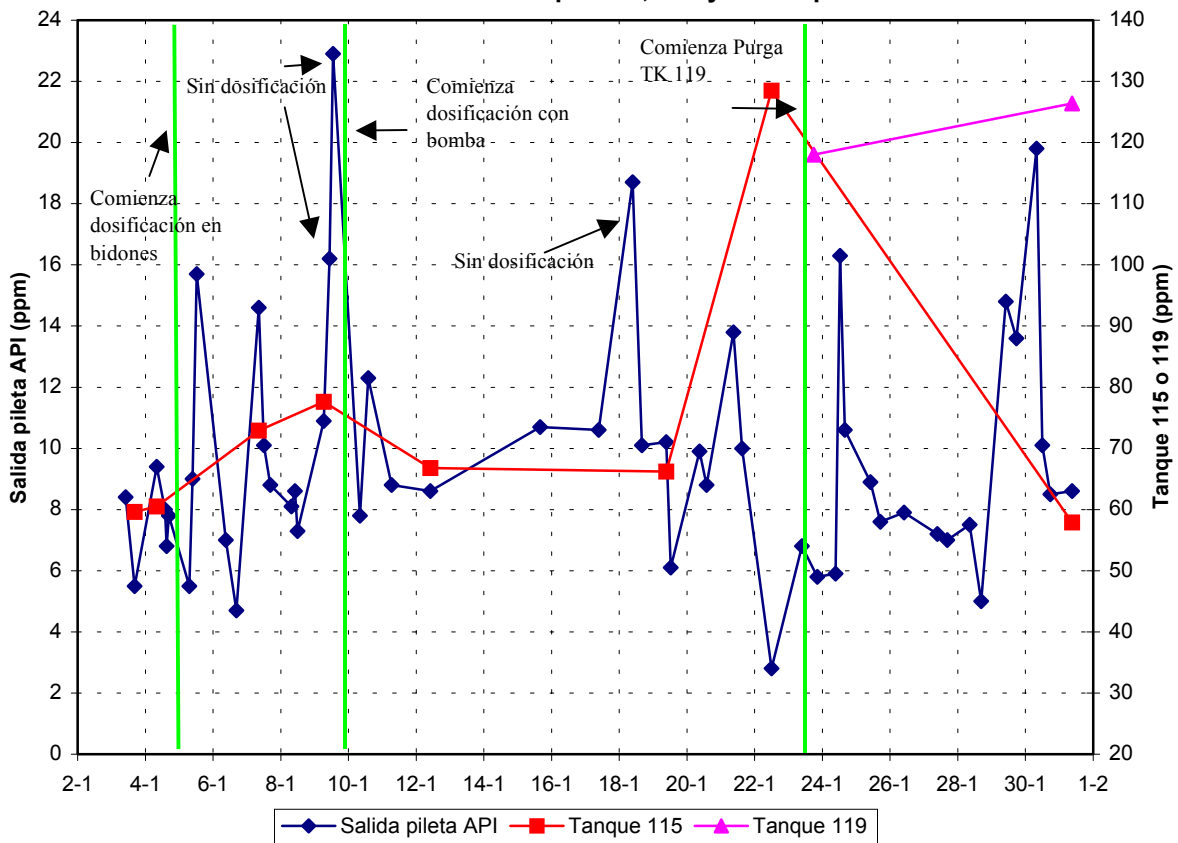


GRAFICO 3
DEGRADACION HIDROCARBUROS LANDFARMING

