

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO OCACIONADO POR MICROORGANISMOS EN
EL PROCESO DESHIDRATACIÓN DE CRUDO EN CAMPOS DE PRODUCCIÓN
DE CASANARE OPERADOS POR PERENCO COLOMBIA LIMITED.**

LUIS EDUARDO PEÑA MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA
2008**

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO OCASIONADO POR MICROORGANISMOS EN
EL PROCESO DESHIDRATACIÓN DE CRUDO EN CAMPOS DE PRODUCCIÓN
DE CASANARE OPERADOS POR PERENCO COLOMBIA LIMITED.**

LUIS EDUARDO PEÑA MARTÍNEZ

TRABAJO DE GRADO

LEONARDO ACEVEDO DUARTE

Ph.D Ingeniero Químico

DIRECTOR

ING. JUAN MANUEL RODRIGUEZ CORRALES

CODIRECTOR

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE FISICOQUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

2008

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento

A PERENCO COLOMBIA LIMITED, al departamento de PRODUCCIÓN encabezado por el ingeniero Antenor Sarmiento Delgado, por permitir el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Juan Manuel Rodríguez Corrales, Al ingeniero Alex Nieto y al ingeniero Iván Gómez, y el Zorro. Por sus aportes y asesoría.

Al Profesor Leonardo Acevedo Duarte, por su dirección del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	3
1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	3
1.1.1 Desarrollo de las bacterias.	3
1.1.2 Condiciones para el crecimiento de las poblaciones de bacterias.	4
1.1.3 Clasificación de las bacterias .	4
1.1.4 Fisiología de las bacterias sulfato reductoras	4
1.1.5 Bacterias sulfato reductoras: potencial metabólico.	5
1.1.6 Consideraciones especiales.	7
1.1.7 Mecanismos de la descomposición biológica.	7
1.1.8 Reacciones propuesta en la despolarización del hierro por SRB.	8
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
1.2.1 Planteamiento del problema y justificación.	8
1.2.2 Alcance.	9
1.2.3 Objetivo.	10
1.2.4 Planteamiento inicial de la metodología .	10
2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	11
2.1.1 Métodos para la detección y control de los problemas microbiológicos en la industria del petróleo1	11
2.1.2 Medios de crecimiento bacterial.	11
2.1.3 Desarrollo microbiológico en los medios de cultivo líquido.	11
3. RESULTADOS	13
3.1 PRESENCIA DE BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS (SRB) Y PRODUCTORAS DE ÁCIDO (BPA) EN LAS LÍNEAS DE TRANSFERENCIA	13

4. ANALISIS DE RESULTADOS	17
4.1 LÍNEA ABEJAS (ABJ) - CHPARRITO (CHP)	18
4.2 LÍNEA CHAPARRITO (CHP) - LOS TOROS (TRS)	19
4.3 SALIDA DE AGUA DEL GUN BARREL EN LA ESTACIÓN LOS TOROS (TRS)	20
5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	21
6. CONCLUSIONES	23
7. RECOMENDACIONES	24
BIBLIOGRAFIA	25

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Principales compuestos utilizados como fuente de energía	6
Tabla 2. Prueba cualitativa de las bacterias sulfato reductoras y productoras de ácido en las líneas del sector norte.	13

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Influencia del bioensuciamiento con la corrosión y la formación de depósitos.	3
Figura 2. Inoculación de las bacterias sulfato reductoras.	11
Figura 3. Inoculación de las bacterias productoras de ácido.	12
Figura 4. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS Nov.-Feb.	13
Figura 5. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS Nov.-Dic. 07.	14
Figura 6. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS Ene-Feb. 07.	14
Figura 7. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS Nov.-Feb.	15
Figura 8. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS Nov-Dic 07	15
Figura 9. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS Ene-Feb. 08	16
Figura 10. Efecto del control de bacterias en el proceso de deshidratación.	16

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Estado mecánico de las líneas de transferencia y Parámetros característicos para la estimación del tiempo de recorrido del batch en la línea de transferencia.	39
ANEXO B. Punto de muestreo: Llegada ABJ-CHP; Bacteria Inoculada: PRODUCTORA DE ÁCIDO (BPA).	40
ANEXO C. Punto de muestreo: Llegada ABJ-CHP; Bacteria Inoculada: SULFATO REDUCTORA (SRB).	42
ANEXO D. Punto de muestreo: Llegada CHP-TRS; Bacteria Inoculada: PRODUCTORA DE ÁCIDO (BPA).	44
ANEXO E. Punto de muestreo: Llegada CHP-TRS; Bacteria Inoculada: SULFATO REDUCTORA (SRB).	46
ANEXO F. Punto de muestreo: Salida del GUN BARREL: Bacteria Inoculada: PRODUCTORA DE ÁCIDO (BPA).	48
ANEXO G. Punto de muestreo: Salida del GUN BARREL: Bacteria Inoculada: SULFATO REDUCTORA (SRB).	50
ANEXO H. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea ABJ-CHP. NOV 2007 a FEB 2008	53
ANEXO I. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido	

en la línea ABJ-CHP. Ene-Feb 2008	54
ANEXO J. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea ABJ-CHP. Nov-Dic 2007	55
ANEXO K. comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS. Nov. 2007 a Feb. 2008	56
ANEXO L. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS. Ene-Feb. 2008	57
ANEXO M. comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS. Nov-Dic 2007	58
ANEXO N. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en el GUN BARREL estación LOS TOROS. Ene-Feb. 2008	59
ANEXO Ñ. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la salida de agua del GUN BARREL estación LOS TOROS. Nov-Dic 2008	60
ANEXO O. Efecto del control de bacterias en el proceso de deshidratación del crudo.	61

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACIÓN DEL IMPACTO OCASIONADO POR MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE CRUDO EN CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE CASANARE OPERADOS POR PERENCO COLOMBIA LIMITED.*

Autor: PEÑA MARTINEZ L. E.†

Resumen

En los procesos de deshidratación de hidrocarburos presentes en las facilidades de producción en campos petroleros, existen diferentes fenómenos que retrasan ó evitan la finalización del proceso para llegar a valores de concentraciones de aceite y sedimentos a valores aceptables comercialmente.

Para nuestro caso, existen agentes que actúan como “bloqueadores” del proceso de deshidratación de hidrocarburos en los tanques de lavado ó “GUN BARRELS”, impidiendo su correcto funcionamiento. Normalmente el tratamiento remedial se basa en la aplicación de correctivos como lo son agentes demulsificantes, dispersante de sulfuros, dispersante de Parafinas, Ácidos Inhibidos y demás productos que ayuden a eliminar la interface que se presenta en los equipos de proceso.

En este trabajo se pretende demostrar como un buen control microbiológico implementado en estas estaciones permite mantener la interface agua-hidrocarburo completamente libre de materiales que se generan como subproductos de corrosión en el sistema y que actúan directamente sobre las líneas de conducción y los equipos de proceso, produciendo así una mayor eficiencia del sistema sin requerir de productos extras.

Adicional a lo anterior se pretenden revalidar los métodos tradicionales de aplicación de tales productos a fin de estandarizar la mejor manera adaptada a las condiciones de campo.

* Tesis de grado

† Facultad de Físicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Ph.D. Leonardo Acevedo Duarte.

ABSTRACT

TITLE: MEASURING THE IMPACT CAUSED BY MICROORGANISMS IN OIL DEHYDRATION PROCESSES OF OILFIELDS PLACED IN CASANARE MANAGED BY COLOMBIA LIMITED*

Author: PEÑA MARTINEZ L. E.†

Abstract

Dehydration processes take place in oilfield facilities frequently. It is really common to find some awkward phenomena, which can hinder and avoiding the process performance to obtain at values of concentrations of oil and sediment commercially acceptable.

In our research project we have studied some micro-agents, which break the dehydration hence; the process performance is negatively influenced. These dehydration processes are carried out in washing tanks or Gun Barrels as they are called in technician jargon. Remedial treatment is normally based on the application of chemical compounds such as breaking oil agents, sulfide and alkenes dispersants, acid inhibitors and other products used in order to eliminate the interfaces present in process equipment.

This research is aimed in order to show how the use of a suited microbiological control allows keeping the water-oil interface free of the presence of other materials, which are generated as a result of sub-corrosion process and as a result they act directly in the pipeline and industrial devices. By using this method is possible to increase the system efficiency and other physical-chemical ways are not required.

In addition, we have revalidated the application of traditional methods (Chemical compounds) in order to find the best combination suited in the oilfield conditions.

* Undergraduate thesis

† Faculty of Physicochemical, School of chemical engineering, Ph.D. Leonardo Acevedo Duarte.

INTRODUCCIÓN

Luego de ser realizado el proceso de extracción del crudo de petróleo por cualquiera de los diversos métodos (flujo natural, extracción con sistemas artificiales), este fluido debe ser desgasificado y deshidratado con el fin de conseguir especificaciones para su posterior venta (contenido de agua igual o inferior al 0.5% en volumen).

Este proceso denominado según sus siglas en inglés OFT (Oil Field Treatment), esta conformado por sistemas de separación, como lo son separadores de 2 fases (gas, fluido) ó de 3 fases (gas, crudo y agua), tratadores térmicos (separación crudo agua) si es el caso, Gun Barrel (separación crudo agua). En ellos se realiza la deshidratación del crudo, con ayuda de productos químicos que catalizan el fenómeno físico (separación por diferencia de densidades).

Este proceso involucra:

- tratamiento del crudo emulsionado en agua
- crudo con presencia de gas,
- crudo con presencia de parafinas,
- formación de fondos de tanques por contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas etc.

En algunos casos se presentan problemas en el proceso de deshidratación las cuales traen consecuencias tanto operacionales como económicas.

A su vez se realiza el control a los sistemas de agua (agua asociada retiradas en las diferentes etapas del tratamiento), como son el control de corrosión, incrustación y deposición siendo necesario evaluar contenidos de sales, gases disueltos y bacterias.

Algunos de los problemas del proceso de deshidratación se fundamentan en la presencia de microorganismos como bacterias sulfato reductoras (SRB), y bacterias productoras de ácido (BPA) al igual que la existencia de sulfuro de hidrógeno y/o ácido sulfhídrico provenientes de cabeza de pozo.

Nuestro objetivo está centrado en el efecto de la concentración de bacterias en estos procesos, como una manera de incrementar la eficiencia de la deshidratación.

1. GENERALIDADES

1.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.1 Desarrollo de las bacterias. La presencia de bacterias en las líneas de producción, vasijas de proceso y tanques de fiscalización. Son un verdadero problema, más cuando las encontramos en concentraciones superiores a 100 (Col/ml). Ellas prosperan cuando encuentran un área suficientemente grande para adherirse y en aguas relativamente quietas, condiciones que se encuentran en los sistemas de producción de hidrocarburos, en sitios como filtros, fondos, costados de piscinas y tanques especialmente en los que contienen agua libre.¹

La formación y adhesión de esta biopelícula es una fuente que se considera como un error cuando se realizan muestreos de agua para la identificación y conteos de bacterias en sistemas contaminados, ya que las bacterias se hallan protegidas por la biopelícula y la muestra de agua tomada incluirá solamente las bacterias que se encuentran desprendidas y libres en el agua. Esta biopelícula también protege las bacterias contra el efecto exterminador de los productos químicos (biocida) que se utilizan en el control de bacterias.¹

Figura 1. Influencia del bioensuciamiento con la corrosión y la formación de depósitos.



Las poblaciones bacterianas pueden ofrecer el medio más adecuado para el desarrollo de SCALE, debido a que crean un medio de atracción física, intercambio iónico y formación de sulfuro de hierro como subproducto metabólico.

1.1.2 Condiciones para el crecimiento de las poblaciones de bacterias. Las bacterias de los campos petroleros nunca se encuentran en el crudo, solamente en el agua. Para el desarrollo de las poblaciones de bacterias influyen las siguientes condiciones¹

- Existencia de Biopelícula protectora (sistema contaminado)
- Ausencia de programa de control (tratamiento químico)
- El nivel de oxígeno
- Presencia de nutrientes
- Temperatura y Presión del sistema
- Ph y nivel de sólidos

1.1.3 Clasificación de las bacterias. Con base a la demanda o necesidad del consumo de oxígeno para el desarrollo de las poblaciones de bacterias, hay una clasificación:

- BACTERIA AEROBICAS: Necesitan oxígeno para desarrollarse
- BACTERIA ANAEROBICAS: No necesitan del oxígeno para desarrollarse
- BACTERIAS FACULTATIVAS: Se desarrollo en ambientes con o sin oxígeno

1.1.4 Fisiología de las bacterias sulfato reductoras

Aspectos generales

La reducción por desasimilación del SULFATO es un proceso que se lleva a cabo por un selecto y heterogéneo grupo de bacterias, las cuales en su mayoría se descubrieron hace 24 años.²

En el proceso denominado “respiración” de sulfato las bacterias involucradas utilizan sulfato como aceptador de electrones como una consecuencia de la oxidación del sustrato energético y produce sulfuro.²

Los sulfatos reductores parecen jugar un papel clave en la metilación del mercurio de sedimentos anóxicos y en corrosión anaeróbica de metales por despolarización catódica como un resultado del consumo de hidrogeno.

1.1.5 Bacterias sulfato reductoras: potencial metabólico. Hacia la década de los 70 se conocía solamente tres géneros de bacterias sulfato reductoras: DESULFOVIBRIO, DESULFOMONAS, y DESULFOTOMACULUM (bacteria formadora de esporas), todas GRAM NEGATIVAS pero con la característica especial de su pared celular, idéntica estructura de las GRAM POSITIVAS. Estas bacterias, denominadas como “clásicas bacterias sulfato reductoras” oxidan sustratos tales como lactato, etanol o ácido dicarboxílico de manera incompleta hasta formar acetato.²

Fuera de los tres géneros mencionados, el grupo de bacterias sulfato reductoras comprende los géneros: DESULFOBACTER, DESULFOBACTERIUM, DESULFOBULBOS, DESULFOCOCCUS, DESULFONEMA, DESULFOSARCINA y THERMODESULFOBACTERIUM. En total hay cerca de 33 especies conocidas y todas pertenecen a las EUBACTERIA. En la tabla 1 se mencionan los compuestos reportados como sustratos energéticos utilizados por las bacterias.²

Las bacterias sulfato reductoras no tienen la capacidad para degradar polisacáridos, proteínas o lípidos y generalmente dependen de las actividades de otras bacterias fermentativas para suplir las fuentes de energía. Casi ningún tipo

bacteriano estudiado utiliza azúcares simples para su desarrollo; la mayoría de las fuentes energéticas son productos de fermentación monómeros de polímeros celulares u otros componentes celulares. Un sustrato es el hidrogeno, especialmente para las especies clásicas de DESULFOVIBRIO. Esta bacteria crece bien con hidrógeno como fuente de energía y acetato y CO₂ como fuentes de carbón.²

Su gran afinidad por el hidrógeno es un importante factor porque permite explicar por qué la competencia de la reducción del sulfato con procesos hidrogeno tróficos metanógenos en un medio ambiente con suficientemente cantidad de sulfato.

**Tabla 1. Principales compuestos utilizados como fuente de energía
COMPUESTOS UTILIZADOS COMO FUENTE DE ENERGIA POR LAS
BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS**

INORGANICOS	Hidrógeno, Monóxido de Carbono.
ÁCIDOS MONOCARBOXILICOS	Formato, Acetato, Ácidos grasos, Lactato.
ÁCIDOS DICARBOXILICOS	Succianato, Fumarato, Oxalato, Malonato.
ALCOHOLES	Metanol, Etanol, Propanol, Butanol, Glicerol.
AMINOÁCIDOS	Glicina, Serina, Cisteina, Treonina, Asparfato
OTROS	Fructosa, Benzoato, Quinolina, Fenol, Colina

La mayoría de las bacterias sulfato reductoras pueden usar uno o mas elementos inorgánicos como aceptores de electrones, virtualmente pueden todas las especies, utilizar sulfitos y la mayoría reducen fiosulfato, la reducción del azufre fundamental es rara y esta restringida a los cocos desulfoviridina negativos, desulfovibrio.²

Para su desarrollo y funciones características las bacterias sulfato reductoras requieren condiciones anaeróbicas y a menudo un potencial de óxido-reducción

bajo y no crecen con oxígeno como aceptor de electrones, sin embargo algunas cepas tienen la habilidad de oxidar algunos sustratos aeróbicamente.²

1.1.6 Consideraciones especiales. Las bacterias sulfato reductoras (BSR) constituyen un grupo especializado de microorganismos que están presentes en ambientes acuáticos carentes de oxígeno.

Los nutrientes necesarios para su desarrollo son ácidos orgánicos simples e hidrógeno molecular procedentes de la descomposición natural de la materia orgánica. Los nutrientes se oxidan en presencia de sulfato y se reducen a sulfuro como H_2S . La reacción puede ocurrir bajo condiciones moderadas de temperatura (0 a $75^{\circ}C$). Forman parte de los sedimentos de pozos, lagos y medios acuáticos y son completamente inocuas en aguas no contaminadas.

En los sistemas de inyección de agua de los pozos petroleros, causan problemas muy graves:

- 1) Corrosión del hierro en ausencia de aire (corrosión anaeróbica).
- 2) Precipitación de sulfuros de hierro amorfo con la consecuente formación de tapones y disminución de la inyectividad del agua.
- 3) Contaminación del gas con H_2S .
- 4) Contaminación del aceite almacenado con H_2S .

Además de estos efectos el H_2S es muy tóxico, fácilmente se escapa de las aguas contaminadas y se puede acumular cuando las condiciones son de ventilación pobre. Se reconoce por su característico olor fétido pero a concentraciones altas produce anestesia del olfato. Las SRB tiene la capacidad de despolarizar las superficies férricas por el consumo del hidrógeno originado en el cátodo.

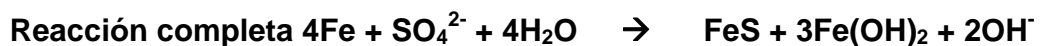
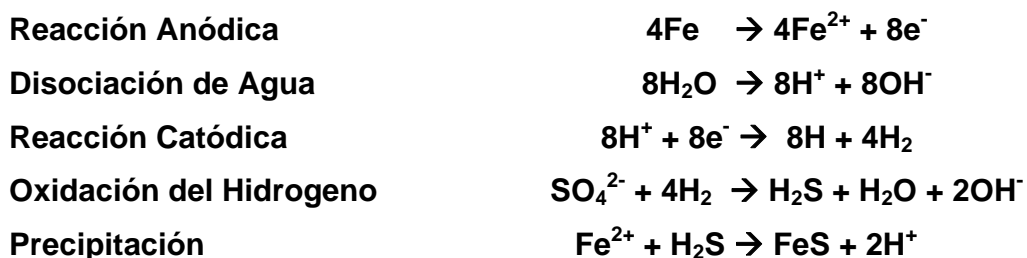
1.1.7 Mecanismos de la descomposición biológica. La descomposición del material biológico en nuestra biosfera comprende la respiración, que consiste en

un transporte de electrones de los nutrientes orgánicos (Sustratos orgánicos, donadores de electrones) hasta la oxidación del oxígeno que es un aceptador de tales electrones.²

El resultado final del proceso metabólico es una mineralización (re oxidación) de la compleja biomasa a CO₂, H₂O y otros minerales. Por otra parte la descomposición biológica mediante la acción de las bacterias fermentativas conduce a la formación de CO₂ y productos reducidos tales como ácidos grasos, H₂ y alcoholes.^{2, 3}

1.1.8 Reacciones propuesta en la despolarización del hierro por SRB.

En 1934 VON WOLZOGEN KÜHR y VANDER VLUGT propusieron para la corrosión del hierro la primera teoría explicativa basada en la despolarización catódica. Las reacciones que ocurren son:²



1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.2.1 Planteamiento del problema y justificación. La presencia de sulfuros en el fluido de producción como consecuencia de los aportes de los pozos productores y/o por bacterias sulfato-reductoras presente en líneas y tanques de proceso, genera incremento en los tiempos de deshidratación y en algunas ocasiones evita la segregación del agua, causando un incremento en los niveles de contenido de agua en aceite y superando el limite de 0.5% en volumen que rige como norma de entrega en la industria del petróleo.

Teniendo en cuenta el impacto que tiene la presencia de Sulfuros de Hierro en el fluido de producción ya sea por aportes del pozo y/o por bacterias sulfato reductoras se realizó un muestreo en las estaciones y subestaciones con antecedentes de presencia de sulfuro de hidrogeno y/o acido sulfhídrico.

Estas estaciones y subestaciones que corresponden al sector norte y que están conformadas por: la subestación ABEJAS y las estaciones CHAPARRITO, LOS TOROS y GAVAN, como también el sector de las GLORIAS que están conformadas por dos estaciones que son LA GLORIA-GLORIA y la GLORIA NORTE. Se les realizaron pruebas de niveles de H₂S e inoculaciones de bacterias de tipo anaeróbicas, aeróbicas y facultativas las cuales dieron positivos mostrando altos niveles de concentración H₂S más de (1000ppm de H₂S) y más de 10000 (colonias/ml). De bacterias respectivamente.

Los niveles de H₂S y de colonias de bacterias medidos en el muestreo en las estaciones y subestaciones nos crean un panorama de la presencia de incrustaciones y corrosión en las líneas de transporte y en los equipos del proceso de deshidratación del crudo.

Debido al Sulfuro de Hidrogeno producto del metabolismo de las bacterias sulfato reductoras que en presencia de iones ferrosos origina precipitados de sulfuro de hierro que estos a su vez se mezclan con otros precipitados que los aportan tanto las bacterias productoras de acido como las bacterias heterotróficas y sedimentos que contiene el fluido ocasionando formaciones de borras y sólidos que traen consecuencias como el taponamiento de los filtros y las líneas de transporte del crudo y la formación.

1.2.2 Alcance. Con este proyecto se busca mejorar y optimizar el proceso de deshidratación de crudo a partir de un programa sistemático de control, tal como el suministro de productos inhibidores de corrosión, biocidas y químicos entre otros. De esta

manera aseguramos valores controlados de concentración de bacterias en las diferentes líneas de flujo y tanques de fiscalización.

1.2.3 Objetivo. Evaluar el efecto y el impacto que pueden ocasionar las bacterias, Sulfato reductoras (SRB) y Productoras de Acido (BPA), en el proceso de deshidratación del crudo de petróleo.

1.2.4 Planteamiento inicial de la metodología. Recopilar la información de los campos operados por **PERENCO COLOMBIA LIMITED**, en los cuales se han presentado problemas de deshidratación del crudo por presencia de sulfuros y sólidos en general (sales y óxidos).

Identificar la formación, comportamiento e impacto ocasionado por los diferentes tipos de bacterias. Las cuales son responsables de formaciones de sulfuro de hidrogeno, acido sulfhídrico y corrosión de las líneas de transporte, utilizando como sistema de detección inoculaciones y lecturas de concentración de sulfuros en una muestra de gas de la línea.

Establecer como actúa una bacteria en los diferentes medios, mediante pruebas de laboratorio (KILL TEST) y campo (seguimiento a las aplicaciones de Batch en los diferentes campos).

Realizar la caracterización de los diferentes biocidas disponibles en las estaciones para establecer eficiencias en cada caso. Por medio toma de muestras en las diferentes estaciones (con sus respectivos pozos) y control de registro en la línea de fluido.

Tomando como base los resultados, establecer las frecuencias entre aplicación de batch, tipo de producto (ingrediente activo), combinación posible y concentración necesaria para mantener parámetros por debajo de 100 colonias por mL. (Col/mL). Preparar y presentar los resultados obtenidos, enumerando todas las recomendaciones.

2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

2.1.1 Métodos para la detección y control de los problemas microbiológicos en la industria del petróleo^{1, 2, 3}

Monitoreo con biocupones

Medios de crecimiento bacterial

ATP (Adenosin Trisfosfato)

En este proyecto se emplearon como método de detección directa lecturas de medios de crecimiento bacterial y como método indirecto lecturas de concentración de H_2S_G

2.1.2 Medios de crecimiento bacterial. Permiten identificar y contabilizar el contenido de bacterias, consisten en pequeñas botellas en las cuales se inocula la muestra y que a su vez contienen un indicador que es una sustancia liquida que vira de color con la presencia de las bacterias. Están clasificadas por color dependiendo del tipo de bacteria a determinar.

2.1.3 Desarrollo microbiológico en los medios de cultivo líquido.

Figura 2. Inoculación de las bacterias sulfato reductoras.

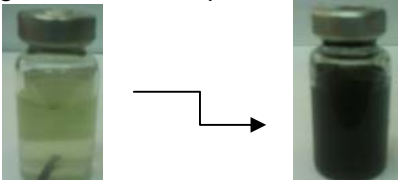

COLOR DEL MEDIO LÍQUIDO	BACTERIA IDENTIFICADA
Claro, contiene una puntilla de hierro	Sulfato Reductoras, (DESULFOVIBRIO)
Forma de Desarrollo: El medio líquido contiene hierro, este hierro reacciona químicamente con el sulfuro producido por las bacterias durante su desarrollo. En esta reacción se origina Sulfuro de Hierro de color negro. De acuerdo con lo anterior el medio queda con una coloración negra indicando la presencia de este tipo de bacterias.	
	

Figura 3. Inoculación de las bacterias productoras de ácido.

COLOR DEL MEDIO LÍQUIDO	BACTERIA IDENTIFICADA
Rojo claro; Caldo de glucosa	Bacterias Productoras de Ácido (aeróbicas)
<p>Forma de Desarrollo: Estos medios contienen un Rojo Fenol, de tal manera que cuando las bacterias producen ácidos orgánicos estos a su vez reaccionan con el Fenol, haciendo virar su color a un amarillo o color turbio.</p> <div data-bbox="619 685 1123 887" data-label="Image"></div>	

3. RESULTADOS

3.1 PRESENCIA DE BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS (SRB) Y PRODUCTORAS DE ÁCIDO (BPA) EN LAS LÍNEAS DE TRANSFERENCIA

PRUEBA CAULITATIVA

LÍNEA	Reductora	Productora de Ácido
ABJ-CHP	Positivo	Positivo
ABJ-CHP	Positivo	Positivo
CHP-TRS	Positivo	Positivo
TRS-GVN	Positivo	Positivo

Tabla 2. Prueba cualitativa de las bacterias sulfato reductoras y productoras de ácido en las líneas del sector norte.

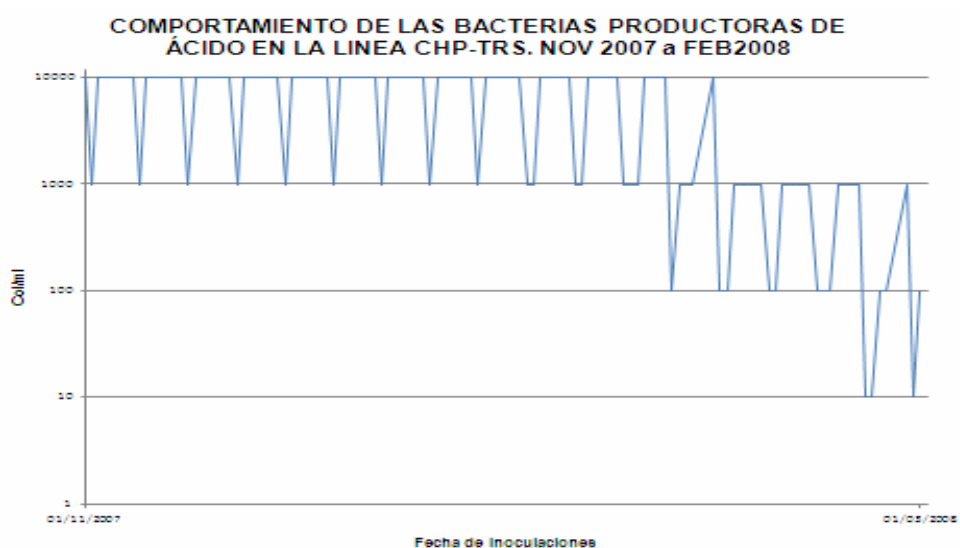


Figura 4. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS Nov.-Feb.

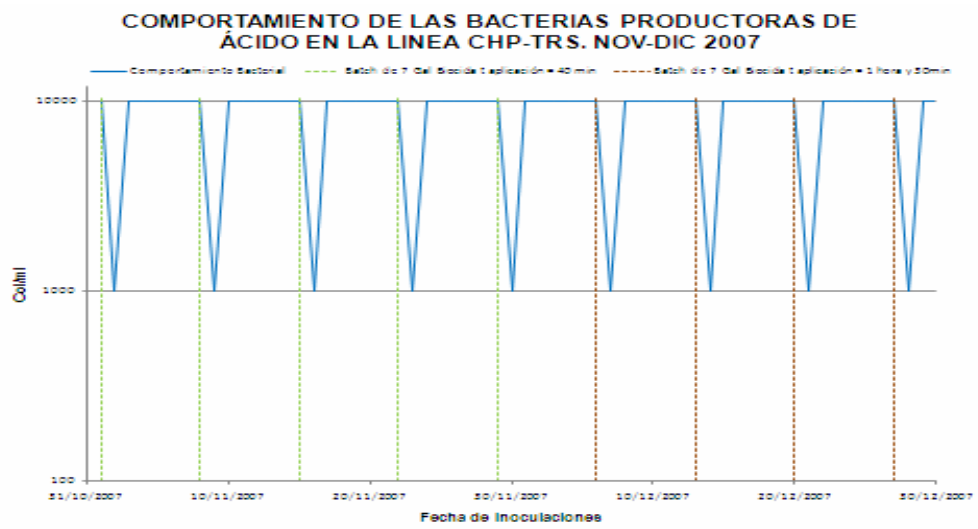


Figura 5. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS Nov.-Dic. 07.

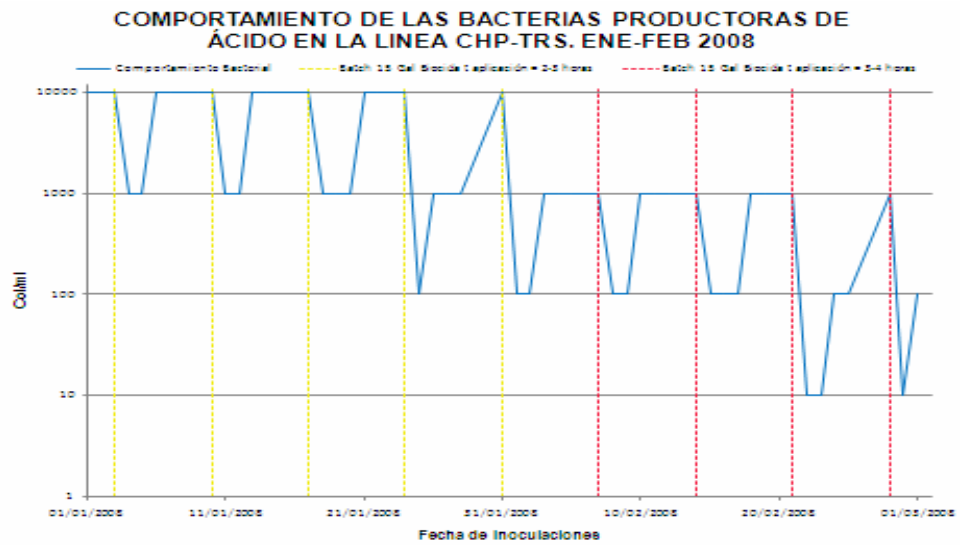


Figura 6. Comportamiento de las bacterias productoras de ácido en la línea CHP-TRS Ene-Feb. 07.

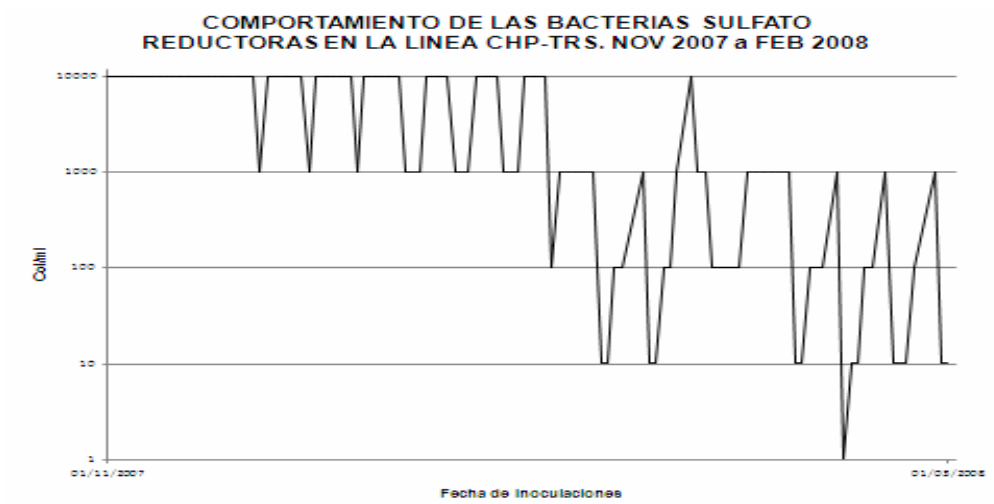


Figura 7. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS Nov.-Feb.

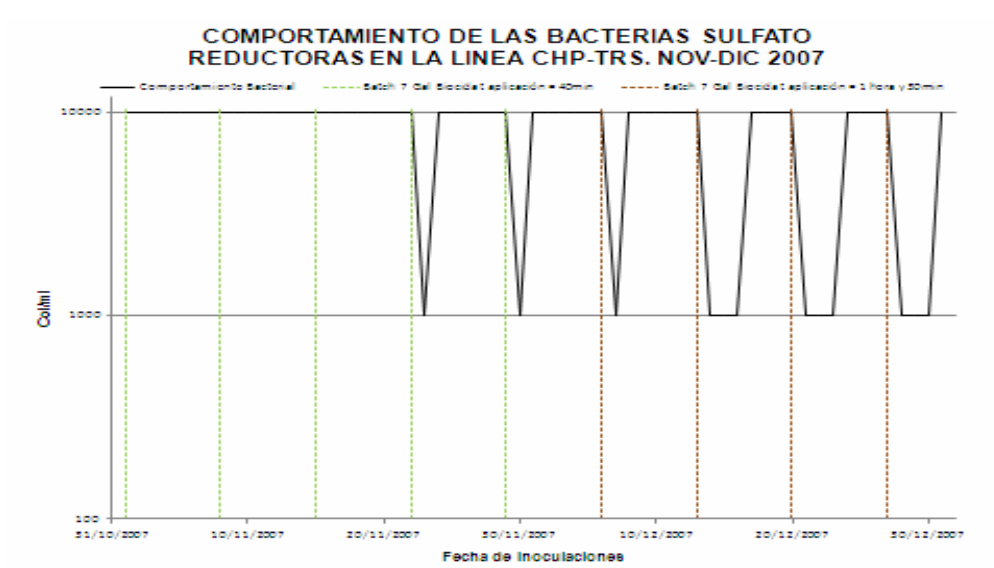


Figura 8. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS Nov-Dic 07

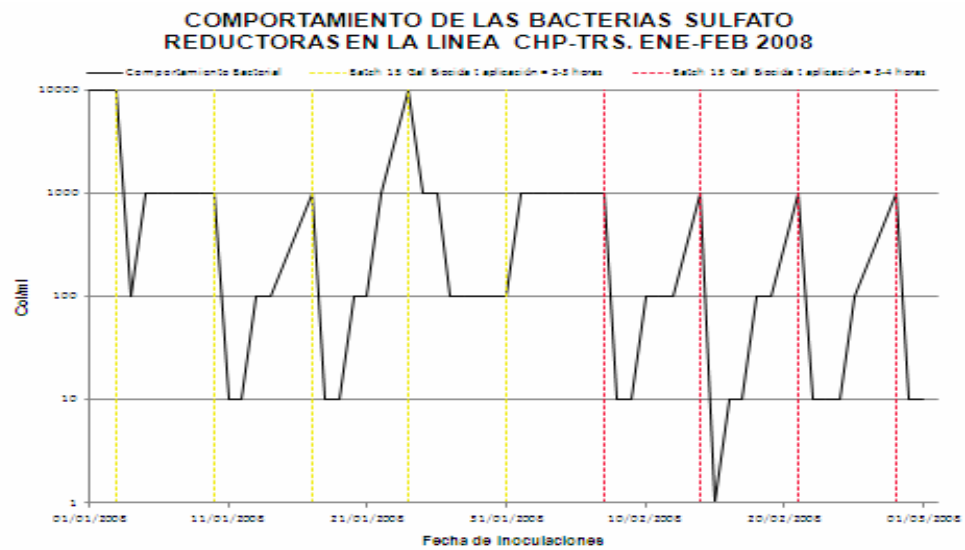


Figura 9. Comportamiento de las bacterias sulfato reductoras en la línea CHP-TRS Ene-Feb. 08

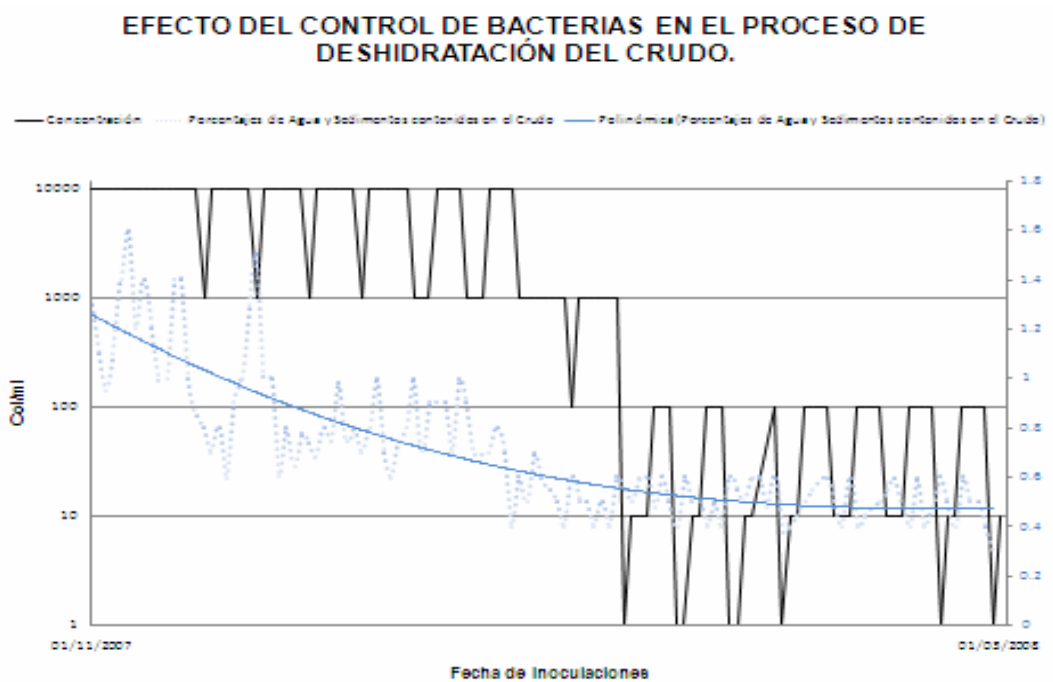


Figura 10. Efecto del control de bacterias en el proceso de deshidratación.

- Los resultados graficados y tabulaciones de todos los puntos se encuentran en la sección de anexos.

4. ANALISIS DE RESULTADOS

El origen del estudio esta basado en problemas originados en el proceso de deshidratación en las estaciones que reciben producción de otras estaciones que están expuestas al ataque bacteriano. Luego de realizar un análisis de todas las posibles causas que afectaran este proceso, la presencia de subproductos de corrosión y de H₂S, permiten afirmar que la causa principal esta en la proliferación de bacterias en las líneas de conducción.

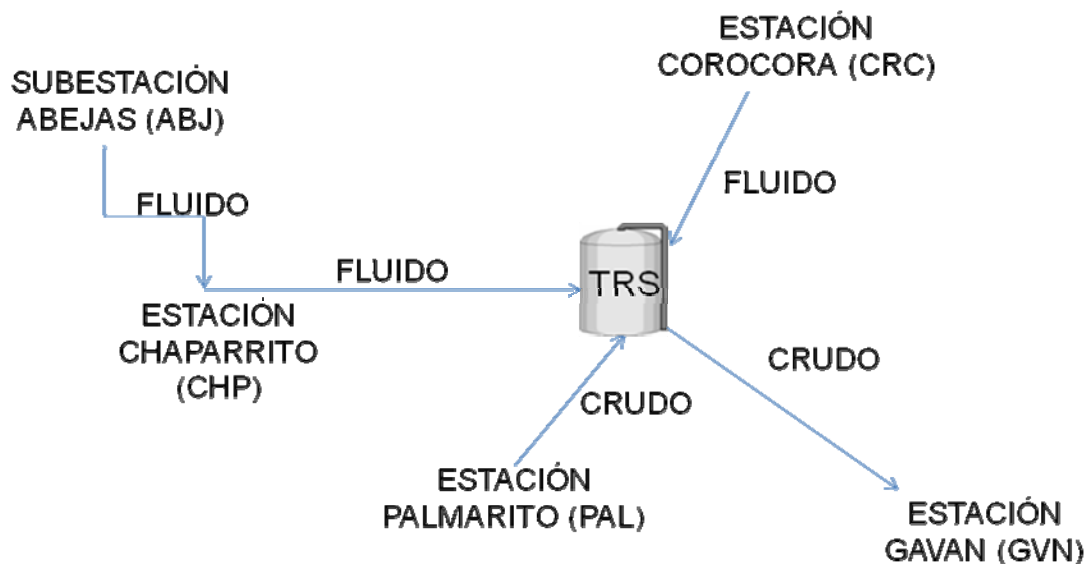


Figura 11. Esquema de la ubicación de estaciones y subestaciones.

Tomando como base los resultados obtenidos durante los meses de Noviembre y Diciembre de 2007, se inicia a partir de Enero de 2008 con un programa de control de bacterias que corresponde a la aplicación de batch de biocida productos químicos elaborados con base en (DIALDEHIDO GLUTARICO ALQUIL y ARIL CUARTENARIO DE AMONIO como también de DIALDEHIDO GLUTARICO), controlando las dosis y los tiempos de aplicación.

Estos productos se aplican de manera alternada, es decir una semana el primero, a la siguiente semana el segundo y así sucesivamente. Los tiempos utilizados para la aplicación del batch de 7 galones de producto fueron de 40 minutos en promedio para el mes de noviembre y de 1 hora 30 minutos en promedio para el mes de diciembre 2007.

La concentración de bacterias en este periodo entre la sub-estación ABEJAS (ABJ), la estación CHAPARRITO (CHP), la estación LOS TOROS (TRS) y la salida de agua del GUN BARREL de Los Toros presenta altas concentraciones de bacterias más de 10.000 (Col/ml) tanto de sulfato reductoras (SRB) y productores de ácido (BPA) en los meses de noviembre y diciembre. También se presentan altas concentraciones de Sulfuro de Hidrogeno (H_2S)_G con una concentración de 2000 ppm medidos en diferentes partes del proceso.

4.1 LÍNEA ABEJAS (ABJ) - CHPARRITO (CHP)

El sistema inicialmente no responde a los batch de biocidas, se puede observar como el sistema vuelve a obtener los niveles de la concentración inicial (+10.000 Col/ml) en tan solo un periodo de tiempo de 24 horas. Este comportamiento se repite durante los meses de noviembre y diciembre. Esto concluye que independientemente del aumento de tiempo de dosificación (Batch aplicado en 40 minutos y batch aplicado en 1 hora y 30 minutos). La concentración de bacterias se mantiene estable.

Para los meses de Enero y Febrero de 2008 los resultados obtenidos corresponden a la respuesta del programa de control de bacterias mediante la aplicación de biocida con la aplicación de un primer batch de 30 galones, seguidos de batchs de 15 galones con un tiempo de aplicación de 2 a 3 horas para el mes de enero y de 3 a 4 horas para el mes de febrero aplicado en la sub-estación ABEJAS (ABJ).

La concentración de bacterias Productoras de Ácido (BPA) en los meses de Enero y Febrero en la sub-estación ABEJAS (ABJ) y la estación CHAPARRITO (CHP) muestran un descenso en su concentración partiendo de valores de más de +10.000 (Col/ml) hasta llegar a obtener valores de prácticamente 0 (Col/ml).

Se observa así un crecimiento de bacterias productoras de Ácido de forma lenta lo que nos indica un mejoramiento, producto de la forma de aplicación del batch, referidos a los tiempos de aplicación y a las dosis de producto. Tomando un comportamiento repetitivo en los valores de concentración de proliferación al final del mes de enero y que prosigue durante el mes de febrero que oscila entre valores de concentración de 0-1000 (Col/ml). El crecimiento es controlado, permitiendo un control más eficiente.

Es así como la concentración de bacterias sulfato reductoras (SRB) en el mes de enero y febrero muestran un descenso en la concentración después de la aplicación del biocida. Dando a lugar un nuevo valor máximo de concentración de 1000 (Col/ml) y valores que oscilan entre 0-100 (col/ml).

4.2 LÍNEA CHAPARRITO (CHP) - LOS TOROS (TRS)

El comportamiento en esta línea en los meses de enero y febrero muestran como las bacterias Productoras de Ácido (BPA) se reducen de +10.000 a 100 (Col/ml) durante el mes de enero. A su vez se observa que el comportamiento del mes de febrero presenta valores entre 100 a 10 (Col/ml), lo cual garantiza residual de producto en el sistema entre los días de aplicación de los diferentes tipos de biocida.

Las bacterias Sulfato Reductoras (SRB), se reducen de +10.000 a 100 (Col/ml) con zonas que permanecen constantes (lugares en los cuales pese a la aplicación de batch, la concentración no se ve afectada) lo cual nos indica que existe una

resistencia al ataque con biocida. En consecuencia se puede observar que a medida que se aplican los respectivos choques de biocida independientemente cual sea aplicado. Luego de terminar la secuencia de batch durante los meses de enero y Febrero, los valores de concentración son de 0-1000 (Col/ml) en promedio.

4.3 SALIDA DE AGUA DEL GUN BARREL EN LA ESTACIÓN LOS TOROS (TRS)

El comportamiento de las bacterias Sulfato Reductoras (SRB) y Productoras de Ácido (BPA) en la línea de salida de agua drenada del GUN BARREL en el periodo de tiempo que comprende desde primero de noviembre hasta los primero días de enero presenta mas de +10.000 (Col/ml) lo cual nos indica que el biocida aplicado en la subestación ABEJAS (ABJ) no tiene casi presencia en este equipo de separación de crudo.

En cuanto a los meses de enero y febrero nos muestra reducciones en la concentración de bacterias sulfatos reductoras y productoras de ácido alcanzando intervalos de valores que oscilan entre 0 a 100 (Col/ml).

Es necesario resaltar que la proliferación de bacterias en este nuevo periodo no es tan agresiva por presentar valores constantes en algunos periodos de tiempo lo cual podemos decir que existe la aniquilación y que se realizo de manera exitosa permitiendo así tener valores por debajo de 100 (Col/ml) luego de una semana de aplicación del batch en las estaciones lejanas.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- De los puntos muestreados EN LAS LINEAS DE ABJ-CHP, CHP-TRS, LGL-LGN, la línea CHP-TRS presento EL mayor contenido de concentración de bacterias Sulfato Reductoras (SRB) y Productoras de Ácido (BPA) aproximadamente de 1×10^6 (Col/ml). Análisis Fisicoquímico en este punto de muestra corrobora que las condiciones son óptimas para el crecimiento (pH (7.0-7.5), contenido de sulfatos de 420 ppm y baja presión (70 PSI)).
- El control de la proliferación de las bacterias Sulfato Reductoras (SRB) y Productoras de Ácido (BPA) es función del tipo de Biocida aplicado, del tiempo de aplicación y del volumen empleado en cada choque. Para lograr valores bajo control fue necesario aplicar un batch de 30 galones a la línea inicialmente para luego continuar con 15 galones semanalmente.
- Los altos niveles de concentración de bacterias Sulfato Reductoras y los contenidos de sulfuros en la línea de transporte, son responsables de un aumento en la formación severa de sulfuro de hidrogeno en medio acuoso (H_2S)_L, en la formación de borras y corrosión en los equipos de operación en el proceso de deshidratación del crudo como: separadores, tratadores térmicos, filtros etc. Una vez se controlan los parámetros se reducen todas estas variables, mejorando así el proceso final de deshidratación el cual se ve afectado por la formación de interfaces que dificultan la segregación del agua en el Gun Barrel (se pasan de valores superiores a 2% de contenido de agua y sedimentos a 0,10% de agua y sedimentos).
- Las recuperaciones de crudo y de agua provenientes de la caja API y de las piscinas sedimentadas respectivamente infectan el sistema creando un aumento en la concentración de las bacterias Sulfato Reductoras (SRB) y

Productoras de Ácido debido a que estas recuperaciones no reciben ningún tipo de tratamiento químico cuando se inyectan al sistema. Esto se apreció en dos periodos en los cuales los batch de biocida fueron prácticamente anulados por estas corrientes que no están cuantificadas pero alteran de manera importante los resultados.

- Es imposible erradicar permanentemente las bacterias Sulfato Reductoras (SRB) y Productoras de Ácido (BPA) del sistema con las diferentes aplicaciones de biocidas a lo largo de las pruebas realizadas se lograron mantener en valores de hasta 100 (col/ml) con los productos actualmente utilizados. El crecimiento y el grado de ensuciamiento no permiten lograr menores valores y si es necesario ser muy rigurosos en las frecuencias de aplicación de los batchs.
- La proliferación de las bacterias en las líneas de transferencia y en los tanques de almacenamiento de crudo es una consecuencia de la no existencia de residual de producto químico (Biocida) en ellos.

6. CONCLUSIONES

Los subproductos de corrosión microbiológica generan interfaces en los sistemas de deshidratación evitando obtener concentraciones de BS&W de menos de 1%. Esta condición se acelera en el momento de descensos en la temperatura, ocasionando valores altos de BS&W en tanques de fiscalización

El control de bacterias con el fin de lograr valores por debajo de 100 (Col/ml) requiere de una aplicación mínima de 200 ppm de producto durante 4 horas en la línea más lejana del sistema de deshidratación con el fin de mantener los ductos bajo control.

Al lograr valores aceptables de bacterias, la calidad del crudo se ubica en valores de 0,5% en las líneas de rebose de los equipos, evitando así problemas de fiscalización y de corrosión por presencia de agua en los oleoductos.

Se deben revisar los ingredientes activos de los diferentes biocidas a fin de realizar aplicaciones cruzadas (alternar las familias de biocidas) con esto se incrementa la eficiencia del batch.

7. RECOMENDACIONES

1. Con el fin de garantizar valores de concentración de bacterias SRB y BPA menores a 100 (Col/ml) es necesaria la implementación de una bomba dosificadora exclusiva para la aplicación del biocida, que cumpla con los siguientes requisitos:
 - flujo de aplicación de 4 GPH, con el fin de tener el batch en algo más de 3 horas
 - presión mínima de 150 Psi, para que pueda ser aplicada a la línea.
2. Realizar la aplicación de los biocidas de manera alternada para así evitar pérdidas de eficiencia
3. Conservar las dosis establecidas para controlar la concentración de bacterias en valores iguales a por debajo de 100 (col/ml).
4. Regular todos los puntos de entrada al sistema, tal como cajas de recuperación de hidrocarburo (cajas API), hidrocarburo recuperado de piscinas de proceso, hidrocarburos recuperados de los diferentes cárcamos etc. De allí se pueden estar incorporando los diferentes contaminantes y nutrientes que ayudan al crecimiento de las bacterias.
5. Realizar de manera periódica pruebas de aniquilamiento con diversos biocidas para asegurar las dosis y los productos adecuados para el sistema.
6. Revisar la aplicación de dispersante de Sulfuros de manera que se controle la presencia de Sulfuros de Hierro en la interface de los equipos de deshidratación para los casos en los cuales el biocida sea insuficiente. Esto se puede ayudar con aplicación de ácidos inhibidos que mantienen las sales en solución.

BIBLIOGRAFIA

[1] GRACE DEARBORN: "Tratamiento Químico de SCALE, Corrosión y Poblaciones Microbiológicas" Manual practica para operadores de producción, ORITO Mar 1996.

[2] Daniel H. Pope and E. Alan Morris III: "Some Experiences with Microbiologically Influenced Corrosion of Pipelines", Adapted from a paper originally presented at the NACE South Central Region Conference in Wichita, Kansas, October 1994.

[3] J. Boivin: "Oil Industry Biocides", Presented at the NACE Canadian Region Western Conference, Calgary, Alberta, 1994.

James E. Donham: "Offshore Water Injection System: Problems and Solutions", Presented at the Technology Conference, May 6 to 9, Houston, Texas.

Hector A. Videla and Liz K. Herrera: "Microbiologically influenced corrosion: looking to the future".

R. E. Tatnall, K. M. Stanton, and R. C. Ebersole: "Testing for the Presence of Sulfate-Reducing Bacteria.

R. G. Eagar, J. Leder, J. P. Stanley, A. B. Theis: "The Use of Glutaraldehyde for Microbiological Control in Waterflood Systems".

Roberto Vidal Alvarez, Estrella Aspe and Homero Urrutia: "Colonization of Supports by Methanogenic and Sulfate Reducing Bacteria in Filter-Type Reactors".

ANEXO A

Estado mecánico de las líneas de transferencia

OD (in)		σ (in)	Material Acero	PD (PSI)	PA(PSI)	Longitud (Km)	Volumen (BLS)
ABJ-CHP	4 ½	0.203	API 5LX42	2730	150	5.374	316
ABJ-CHP	4 1/3	0.237	API 5LX43	3190	150	5.374	311
CHP-TRS	6 5/8	0.219	API 5LX42	2000	700	14.256	1864
TRS-GVN	8 5/8	0.25	API 5LX42	1750	90	62.113	13885
LGL-LGN	8 5/8	0.25	API 5LX42	1750	180	17.413	3892

OD: Diámetro externo de la tubería

σ : Espesor de pared de la tubería

PD: Presión de diseño de la tubería

PA: Presión actual de la tubería

Parámetros característicos para la estimación del tiempo de recorrido del batch en la línea de transferencia

	\bar{r} (in)	BFPD	θ
ABJ-CHP	2.047	3375	2 -1min
ABJ-CHP	1.930	2993	2 -2min
CHP-TRS	3.094	9360	4 -27min
TRS-GVN	4.063	6860 BOPD	1dia – 21 h

\bar{r} : Radio de contacto de la línea de transferencia

BFPD: Barriles de fluido por día

BOPD: Barriles de aceite por día

θ : Tiempo de recorrido del BATCH en la línea de transferencia

ANEXO B

Punto de muestreo: Llegada ABJ-CHP; Bacteria Inoculada: PRODUCTORA DE ÁCIDO (BPA).

Estación **Chaparrito** mes de Noviembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 40 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/11/2007	Mas de 10000	16/11/2007	1000
02/11/2007	1000	22/11/2007	Mas de 10000
08/11/2007	Mas de 10000	23/11/2007	1000
09/11/2007	1000	29/11/2007	Mas de 10000
15/11/2007	Mas de 10000	30/11/2007	1000

Estación **Chaparrito** mes de Diciembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 1 hora y 30 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
06/12/2007	Mas de 10000	21/12/2007	1000
07/12/2007	1000	27/12/2007	Mas de 10000
13/12/2007	Mas de 10000	28/12/2007	1000
14/12/2007	1000	29/12/2007	Mas de 10000
20/12/2007	Mas de 10000	30/12/2007	1000

Estación **Chaparrito** mes de Enero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 2 a 3 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
03/01/2008	Mas de 10000	18/01/2008	10
04/01/2008	100	19/01/2008	10
05/01/2008	100	20/01/2008	100
06/01/2008	1000	21/01/2008	100
07/01/2008	1000	22/01/2008	100
10/01/2008	Mas de 10000	24/01/2008	1000
11/01/2008	10	25/01/2008	0
12/01/2008	10	26/01/2008	10
13/01/2008	100	27/01/2008	10
14/01/2008	100	28/01/2008	100
15/01/2008	1000	29/01/2008	100
17/01/2008	Mas de 10000	31/01/2008	1000

Estación **Chaparrito** mes de Febrero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 3 a 4 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/02/2008	0	15/02/2008	0
02/02/2008	10	16/02/2008	10
03/02/2008	10	17/02/2008	10
04/02/2008	100	18/02/2008	100
05/02/2008	100	19/02/2008	100
07/02/2008	1000	21/02/2008	1000
08/02/2008	0	22/02/2008	0
09/02/2008	10	23/02/2008	10
10/02/2008	10	24/02/2008	10
11/02/2008	100	25/02/2008	100
12/02/2008	100	28/02/2008	1000
14/02/2008	1000	29/02/2008	0

ANEXO C

Punto de muestreo: Llegada ABJ-CHP; Bacteria Inoculada: SULFATO REDUCTORA (SRB).

Estación **Chaparrito** mes de Noviembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 40 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/11/2007	Mas de 10000	16/11/2007	1000
02/11/2007	1000	17/11/2007	Mas de 10000
03/11/2007	Mas de 10000	22/11/2007	Mas de 10000
08/11/2007	Mas de 10000	23/11/2007	1000
09/11/2007	1000	24/11/2007	Mas de 10000
10/11/2007	Mas de 10000	29/11/2007	Mas de 10000
15/11/2007	Mas de 10000	30/11/2007	1000

Estación **Chaparrito** mes de Diciembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 1 hora y 30 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/12/2007	Mas de 10000	17/12/2007	Mas de 10000
02/12/2007	Mas de 10000	20/12/2007	Mas de 10000
03/12/2007	Mas de 10000	21/12/2007	1000
04/12/2007	Mas de 10000	22/12/2007	Mas de 10000
06/12/2007	Mas de 10000	23/12/2007	Mas de 10000
07/12/2007	1000	24/12/2007	Mas de 10000
08/12/2007	Mas de 10000	26/12/2007	Mas de 10000
10/12/2007	Mas de 10000	27/12/2007	Mas de 10000
13/12/2007	Mas de 10000	28/12/2007	1000
14/12/2007	1000	29/12/2007	Mas de 10000
15/12/2007	Mas de 10000	30/12/2007	Mas de 10000
16/12/2007	Mas de 10000	31/12/2007	Mas de 10000

Estación **Chaparrito** mes de Enero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 2 a 3 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
03/01/2008	Mas de 10000	19/01/2008	10
04/01/2008	10	20/01/2008	10
05/01/2008	10	21/01/2008	100
07/01/2008	10	22/01/2008	100
10/01/2008	100	24/01/2008	1000
11/01/2008	100	25/01/2008	100
15/01/2008	10	26/01/2008	100
16/01/2008	10	29/01/2008	1000
17/01/2008	100	31/01/2008	1000
18/01/2008	0		

Estación **Chaparrito** mes de Febrero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 3 a 4 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/02/2008	0	15/02/2008	0
02/02/2008	10	16/02/2008	10
03/02/2008	10	17/02/2008	10
04/02/2008	100	18/02/2008	100
05/02/2008	100	19/02/2008	100
07/02/2008	100	21/02/2008	100
08/02/2008	0	22/02/2008	0
09/02/2008	10	23/02/2008	10
10/02/2008	10	24/02/2008	100
11/02/2008	100	25/02/2008	100
12/02/2008	100	28/02/2008	100
14/02/2008	100	29/02/2008	0

ANEXO D

Punto de muestreo: Llegada CHP-TRS; Bacteria Inoculada: PRODUCTORA DE ÁCIDO (BPA).

Estación **Los Toros** mes de Noviembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 40 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/11/2007	Mas de 10000	16/11/2007	1000
02/11/2007	1000	17/11/2007	Mas de 10000
03/11/2007	Mas de 10000	18/11/2007	Mas de 10000
04/11/2007	Mas de 10000	19/11/2007	Mas de 10000
05/11/2007	Mas de 10000	22/11/2007	Mas de 10000
08/11/2007	Mas de 10000	23/11/2007	1000
09/11/2007	1000	24/11/2007	Mas de 10000
10/11/2007	Mas de 10000	25/11/2007	Mas de 10000
11/11/2007	Mas de 10000	26/11/2007	Mas de 10000
12/11/2007	Mas de 10000	29/11/2007	Mas de 10000
15/11/2007	Mas de 10000	30/11/2007	1000

Estación **Los Toros** mes de Diciembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 1 hora y 30 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/12/2007	Mas de 10000	17/12/2007	Mas de 10000
02/12/2007	Mas de 10000	18/12/2007	Mas de 10000
03/12/2007	Mas de 10000	20/12/2007	Mas de 10000
04/12/2007	Mas de 10000	21/12/2007	1000
06/12/2007	Mas de 10000	22/12/2007	Mas de 10000
07/12/2007	1000	23/12/2007	Mas de 10000
08/12/2007	Mas de 10000	24/12/2007	Mas de 10000
09/12/2007	Mas de 10000	25/12/2007	Mas de 10000
10/12/2007	Mas de 10000	27/12/2007	Mas de 10000
11/12/2007	Mas de 10000	28/12/2007	1000
13/12/2007	Mas de 10000	29/12/2007	Mas de 10000
14/12/2007	1000	30/12/2007	Mas de 10000
15/12/2007	Mas de 10000	31/12/2007	Mas de 10000
16/12/2007	Mas de 10000		

Estación **Los Toros** mes de Enero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 2 a 3 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/01/2008	Mas de 10000	14/01/2008	Mas de 10000
02/01/2008	Mas de 10000	17/01/2008	Mas de 10000
03/01/2008	Mas de 10000	18/01/2008	1000
04/01/2008	1000	19/01/2008	1000
05/01/2008	1000	20/01/2008	1000
06/01/2008	Mas de 10000	21/01/2008	Mas de 10000
07/01/2008	Mas de 10000	22/01/2008	Mas de 10000
09/01/2008	Mas de 10000	24/01/2008	Mas de 10000
10/01/2008	Mas de 10000	25/01/2008	100
11/01/2008	1000	26/01/2008	1000
12/01/2008	1000	27/01/2008	1000
13/01/2008	Mas de 10000	28/01/2008	1000

Estación **Los Toros** mes de Febrero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 3 a 4 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/02/2008	100	14/02/2008	1000
02/02/2008	100	15/02/2008	100
03/02/2008	1000	17/02/2008	100
04/02/2008	1000	18/02/2008	1000
05/02/2008	1000	19/02/2008	1000
07/02/2008	1000	21/02/2008	1000
08/02/2008	100	22/02/2008	10
09/02/2008	100	23/02/2008	10
10/02/2008	1000	24/02/2008	100
11/02/2008	1000	25/02/2008	100
12/02/2008	1000	28/02/2008	1000

ANEXO E

Punto de muestreo: Llegada CHP-TRS; Bacteria Inoculada: SULFATO REDUCTORA (SRB).

Estación **Los Toros** mes de Noviembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 40 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/11/2007	Mas de 10000	17/11/2007	Mas de 10000
04/11/2007	Mas de 10000	18/11/2007	Mas de 10000
05/11/2007	Mas de 10000	19/11/2007	Mas de 10000
08/11/2007	Mas de 10000	22/11/2007	Mas de 10000
09/11/2007	Mas de 10000	23/11/2007	1000
10/11/2007	Mas de 10000	24/11/2007	Mas de 10000
11/11/2007	Mas de 10000	25/11/2007	Mas de 10000
12/11/2007	Mas de 10000	26/11/2007	Mas de 10000
15/11/2007	Mas de 10000	29/11/2007	Mas de 10000
16/11/2007	Mas de 10000	30/11/2007	1000

Estación **Los Toros** mes de Diciembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 1 hora y 30 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/12/2007	Mas de 10000	17/12/2007	Mas de 10000
02/12/2007	Mas de 10000	18/12/2007	Mas de 10000
03/12/2007	Mas de 10000	20/12/2007	Mas de 10000
04/12/2007	Mas de 10000	21/12/2007	1000
06/12/2007	Mas de 10000	22/12/2007	1000
07/12/2007	1000	23/12/2007	1000
08/12/2007	Mas de 10000	24/12/2007	Mas de 10000
09/12/2007	Mas de 10000	25/12/2007	Mas de 10000
10/12/2007	Mas de 10000	27/12/2007	Mas de 10000
11/12/2007	Mas de 10000	28/12/2007	1000
13/12/2007	Mas de 10000	29/12/2007	1000
14/12/2007	1000	30/12/2007	1000
15/12/2007	1000	31/12/2007	Mas de 10000
16/12/2007	1000		

Estación **Los Toros** mes de Enero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 2 a 3 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/01/2008	Mas de 10000	14/01/2008	100
02/01/2008	Mas de 10000	17/01/2008	1000
03/01/2008	Mas de 10000	18/01/2008	10
04/01/2008	100	19/01/2008	10
05/01/2008	1000	20/01/2008	100
06/01/2008	1000	21/01/2008	100
07/01/2008	1000	22/01/2008	1000
09/01/2008	1000	24/01/2008	Mas de 10000
10/01/2008	1000	25/01/2008	1000
11/01/2008	10	26/01/2008	1000
12/01/2008	10	27/01/2008	100
13/01/2008	100	28/01/2008	100

Estación **Los Toros** mes de Febrero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 3 a 4 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/02/2008	1000	14/02/2008	1000
02/02/2008	1000	15/02/2008	0
03/02/2008	1000	17/02/2008	10
04/02/2008	1000	18/02/2008	100
05/02/2008	1000	19/02/2008	100
07/02/2008	1000	21/02/2008	1000
08/02/2008	10	22/02/2008	10
09/02/2008	10	23/02/2008	10
10/02/2008	100	24/02/2008	10
11/02/2008	100	25/02/2008	100
12/02/2008	100	28/02/2008	1000

ANEXO F

Punto de muestreo: Salida del GUN BARREL: Bacteria Inoculada: PRODUCTORA DE ÁCIDO (BPA).

Estación **Los Toros** mes de Enero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 2 a 3 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/01/2008	Mas de 10000	15/01/2008	Mas de 10000
02/01/2008	Mas de 10000	16/01/2008	Mas de 10000
03/01/2008	Mas de 10000	17/01/2008	Mas de 10000
04/01/2008	1000	18/01/2008	1000
05/01/2008	Mas de 10000	19/01/2008	1000
06/01/2008	Mas de 10000	20/01/2008	1000
07/01/2008	Mas de 10000	21/01/2008	1000
09/01/2008	Mas de 10000	22/01/2008	Mas de 10000
10/01/2008	Mas de 10000	23/01/2008	Mas de 10000
11/01/2008	1000	24/01/2008	Mas de 10000
12/01/2008	1000	25/01/2008	1000
13/01/2008	Mas de 10000	26/01/2008	1000
14/01/2008	Mas de 10000	28/01/2008	1000

Estación **Los Toros** mes de Febrero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 3 a 4 horas.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/02/2008	100	16/02/2008	100
02/02/2008	100	17/02/2008	1000
03/02/2008	1000	18/02/2008	1000
04/02/2008	1000	19/02/2008	Mas de 10000
05/02/2008	1000	21/02/2008	Mas de 10000
07/02/2008	1000	22/02/2008	1000
08/02/2008	100	23/02/2008	1000
09/02/2008	100	24/02/2008	1000
10/02/2008	100	25/02/2008	Mas de 10000
11/02/2008	1000	26/02/2008	Mas de 10000
12/02/2008	1000	27/02/2008	Mas de 10000
14/02/2008	1000	28/02/2008	Mas de 10000
15/02/2008	100	29/02/2008	1000

ANEXO G

Punto de muestreo: Salida del GUN BARREL: Bacteria Inoculada: SULFATO REDUCTORA (SRB).

Estación **Los Toros** mes de Noviembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 40 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/11/2007	Mas de 10000	17/11/2007	Mas de 10000
04/11/2007	Mas de 10000	18/11/2007	Mas de 10000
05/11/2007	Mas de 10000	19/11/2007	Mas de 10000
08/11/2007	Mas de 10000	22/11/2007	Mas de 10000
09/11/2007	Mas de 10000	23/11/2007	1000
10/11/2007	Mas de 10000	24/11/2007	Mas de 10000
11/11/2007	Mas de 10000	25/11/2007	Mas de 10000
12/11/2007	Mas de 10000	26/11/2007	Mas de 10000
15/11/2007	Mas de 10000	29/11/2007	Mas de 10000
16/11/2007	1000	30/11/2007	1000

Estación **Los Toros** mes de Diciembre del 2007 con una aplicación de biocida de 7 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 1 hora y 30 minutos.

FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/12/2007	Mas de 10000	17/12/2007	Mas de 10000
02/12/2007	Mas de 10000	18/12/2007	Mas de 10000
03/12/2007	Mas de 10000	20/12/2007	Mas de 10000
04/12/2007	Mas de 10000	21/12/2007	1000
06/12/2007	Mas de 10000	22/12/2007	1000
07/12/2007	1000	23/12/2007	1000
08/12/2007	Mas de 10000	24/12/2007	Mas de 10000
09/12/2007	Mas de 10000	25/12/2007	Mas de 10000
10/12/2007	Mas de 10000	27/12/2007	Mas de 10000
11/12/2007	Mas de 10000	28/12/2007	1000
13/12/2007	Mas de 10000	29/12/2007	1000
14/12/2007	1000	30/12/2007	1000
15/12/2007	1000	31/12/2007	Mas de 10000
16/12/2007	1000		

Estación **Los Toros** mes de Enero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 2 a 3 horas.

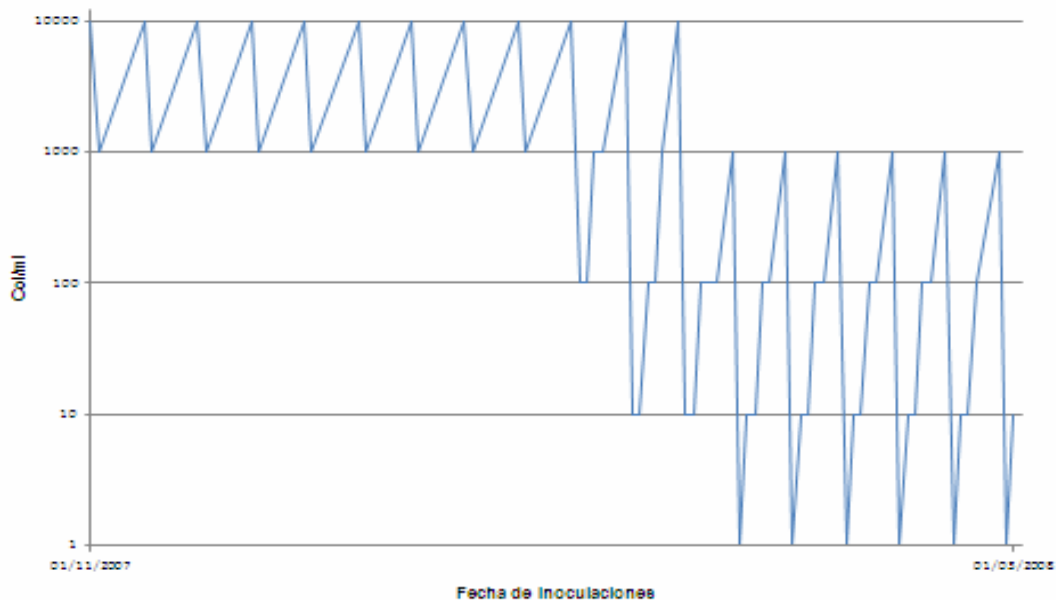
FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/01/2008	1000	15/01/2008	100
02/01/2008	1000	16/01/2008	100
03/01/2008	1000	17/01/2008	100
04/01/2008	100	18/01/2008	0
05/01/2008	1000	19/01/2008	0
06/01/2008	1000	20/01/2008	10
07/01/2008	1000	21/01/2008	10
09/01/2008	1000	22/01/2008	100
10/01/2008	1000	23/01/2008	100
11/01/2008	0	24/01/2008	100
12/01/2008	10	25/01/2008	0
13/01/2008	10	26/01/2008	0
14/01/2008	10	28/01/2008	10

Estación **Los Toros** mes de Febrero del 2008 con una aplicación de biocida de 15 Galones aplicado en la sub-estación ABEJAS. Tiempo de aplicación 3 a 4 horas.

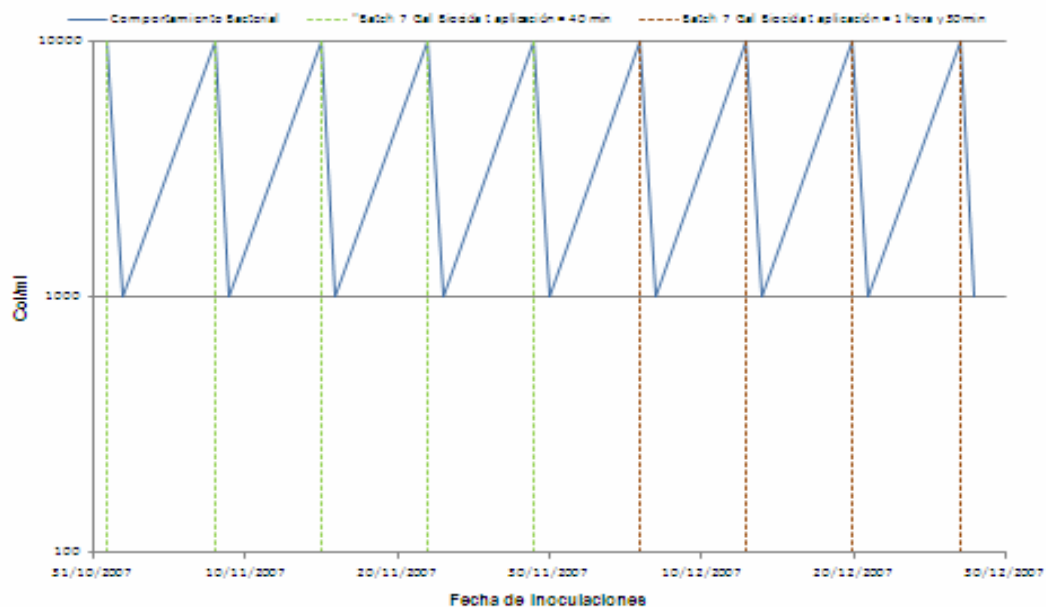
FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)	FECHA DE INOCULACIÓN	CONCENTRACIÓN (Col/ml)
01/02/2008	0	16/02/2008	10
02/02/2008	10	17/02/2008	10
03/02/2008	10	18/02/2008	100
04/02/2008	100	19/02/2008	100
05/02/2008	100	21/02/2008	100
07/02/2008	100	22/02/2008	0
08/02/2008	10	23/02/2008	10
09/02/2008		24/02/2008	10
10/02/2008	10	25/02/2008	100
11/02/2008	100	26/02/2008	100
12/02/2008	100	27/02/2008	100
14/02/2008	100	28/02/2008	100
15/02/2008	10	29/02/2008	0

ANEXO H

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN LA LINEA ABJ-CHP. NOV 2007 a FEB 2008

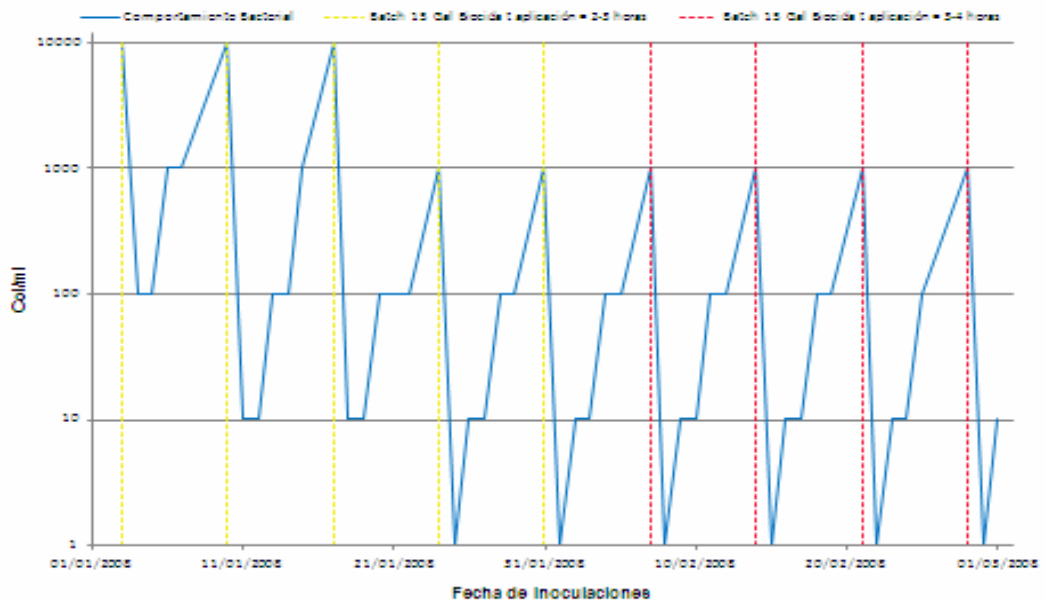


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN LA LINEA ABJ-CHP. NOV-DIC 2007

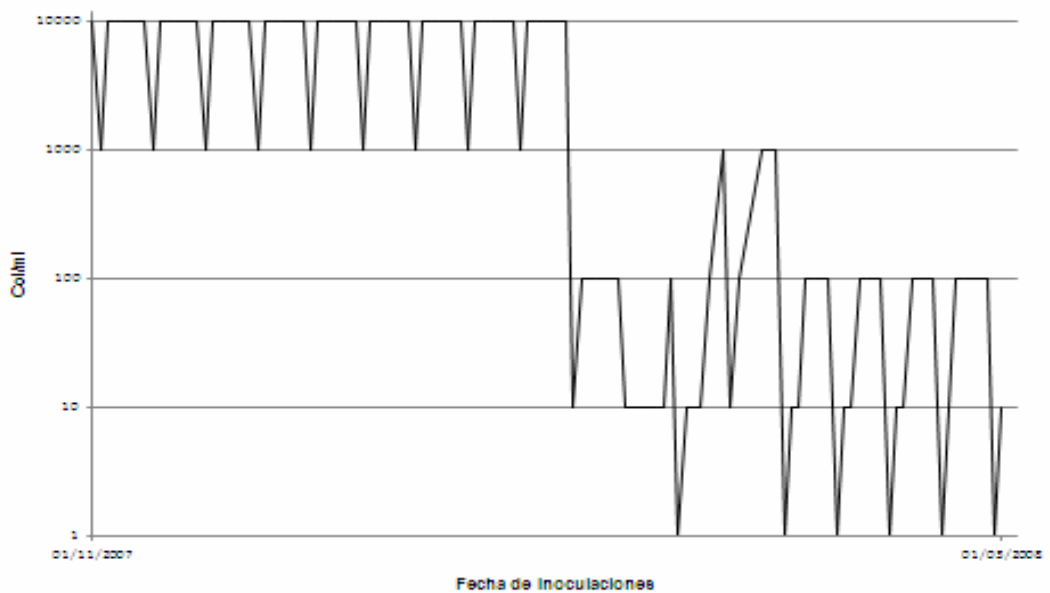


ANEXO I

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN LA LINEA ABJ-CHP. ENE-FEB 2008

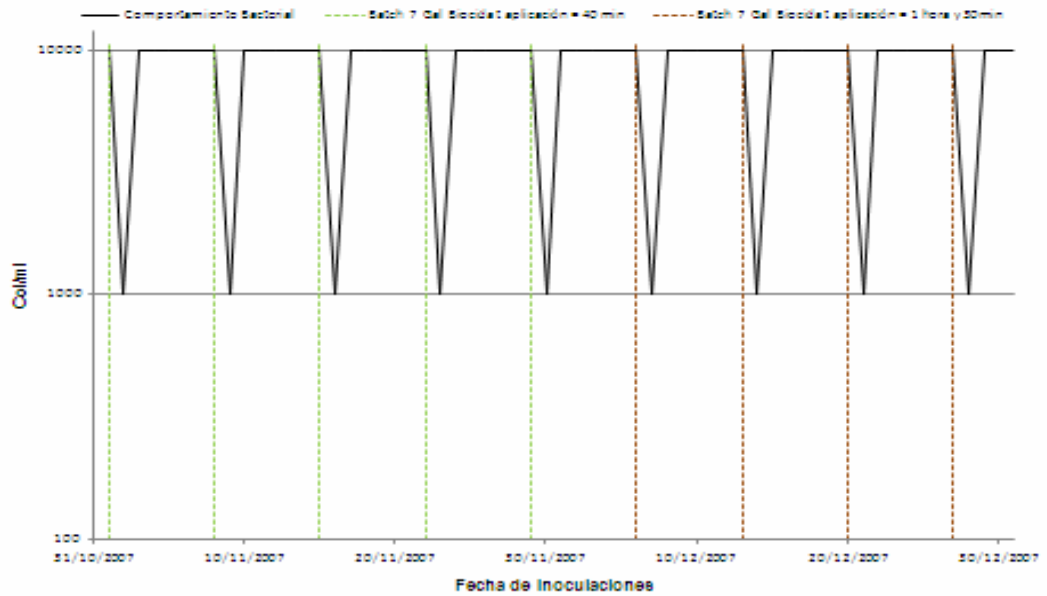


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA LINEA ABJ-CHP. NOV 2007 a FEB 2008

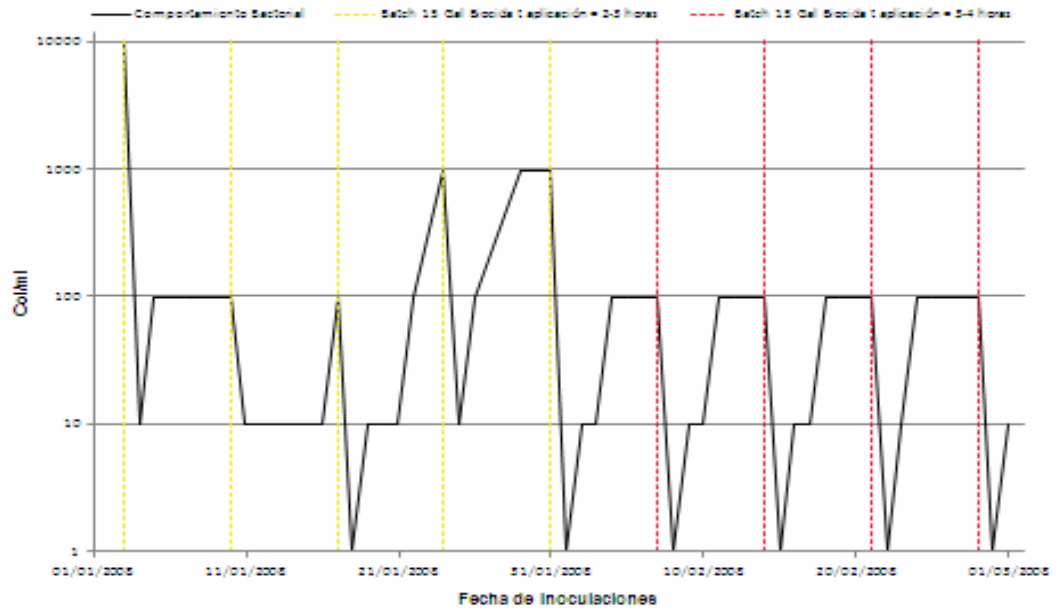


ANEXO J

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA LINEA ABJ-CHP. NOV-DIC 2007

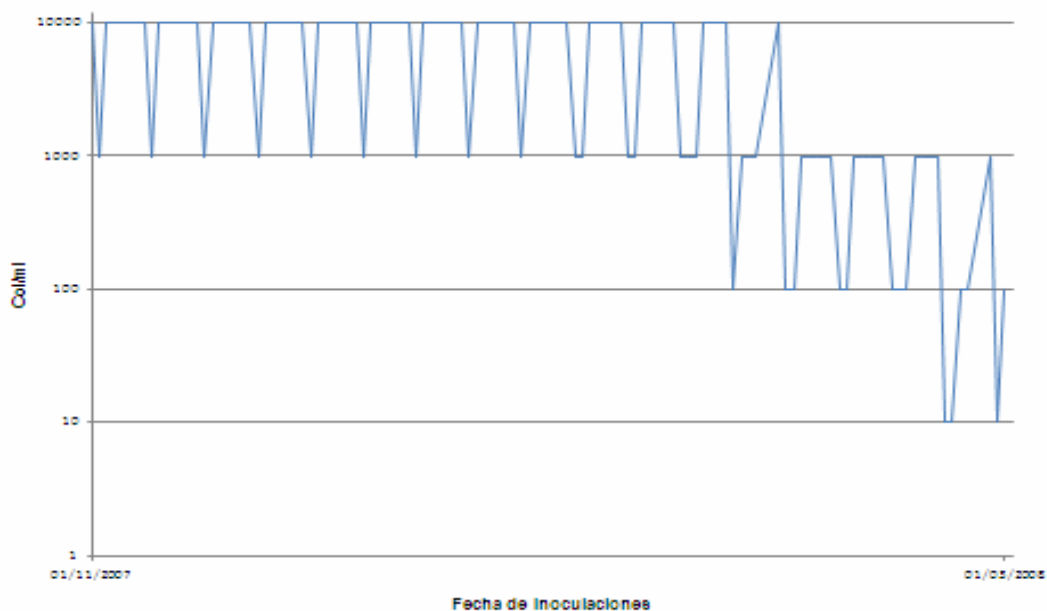


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA LINEA ABJ-CHP. ENE-FEB 2008

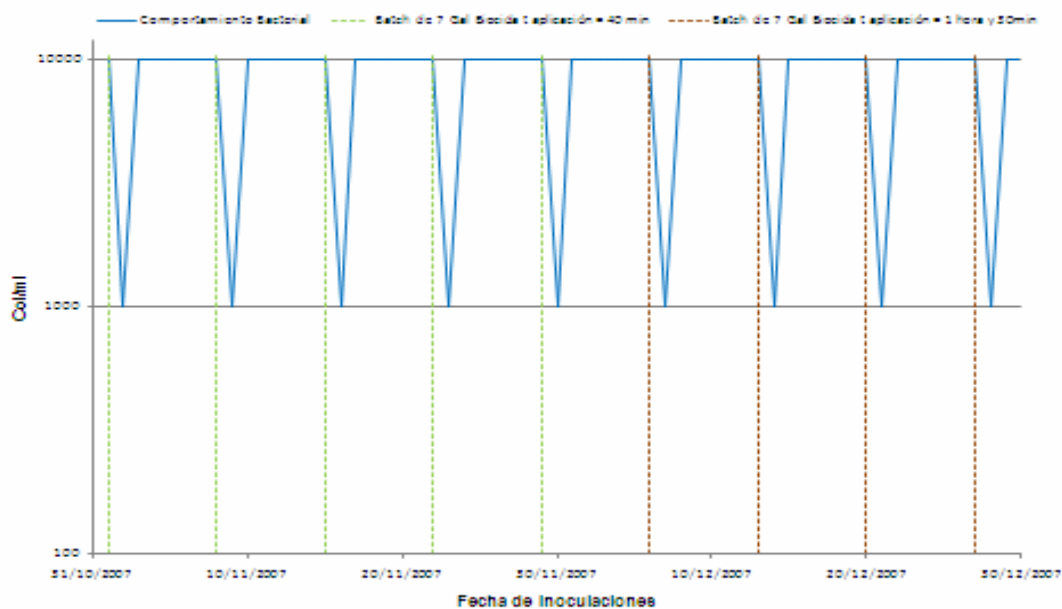


ANEXO K

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN LA LINEA CHP-TRS. NOV 2007 a FEB2008

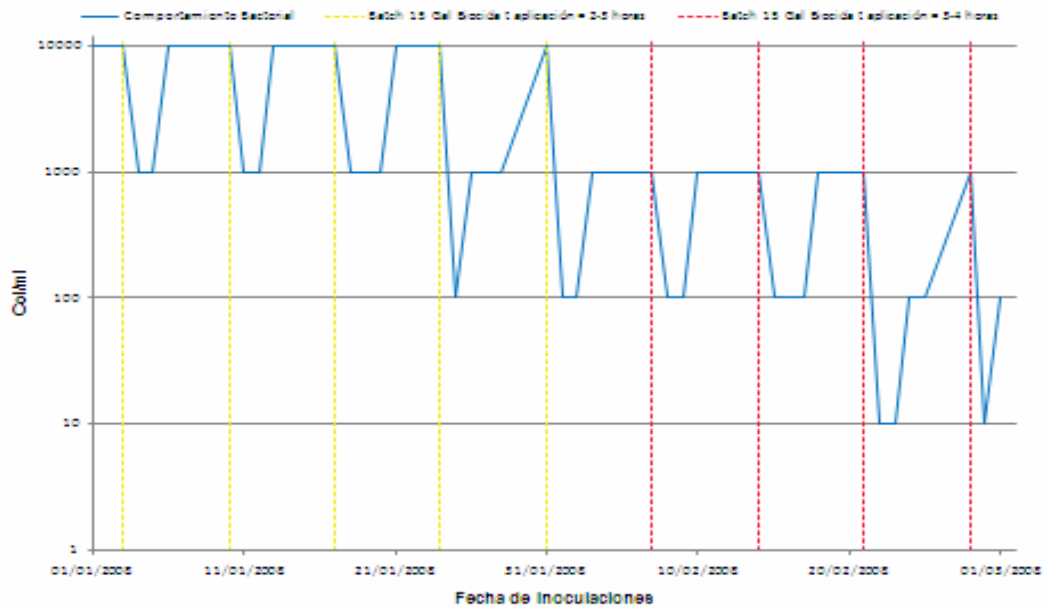


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN LA LINEA CHP-TRS. NOV-DIC 2007

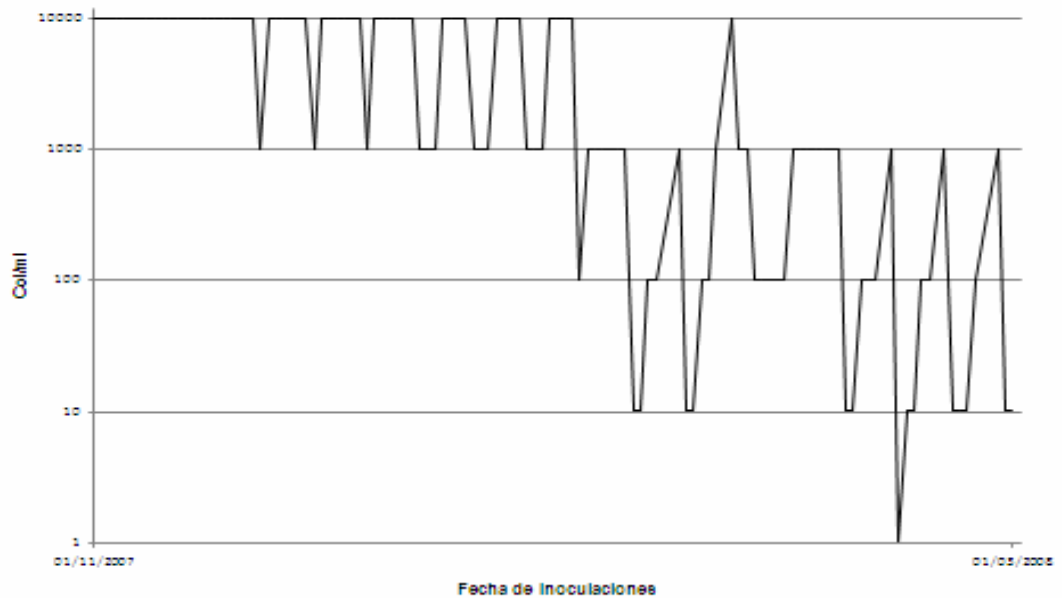


ANEXO L

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN LA LINEA CHP-TRS. ENE-FEB 2008

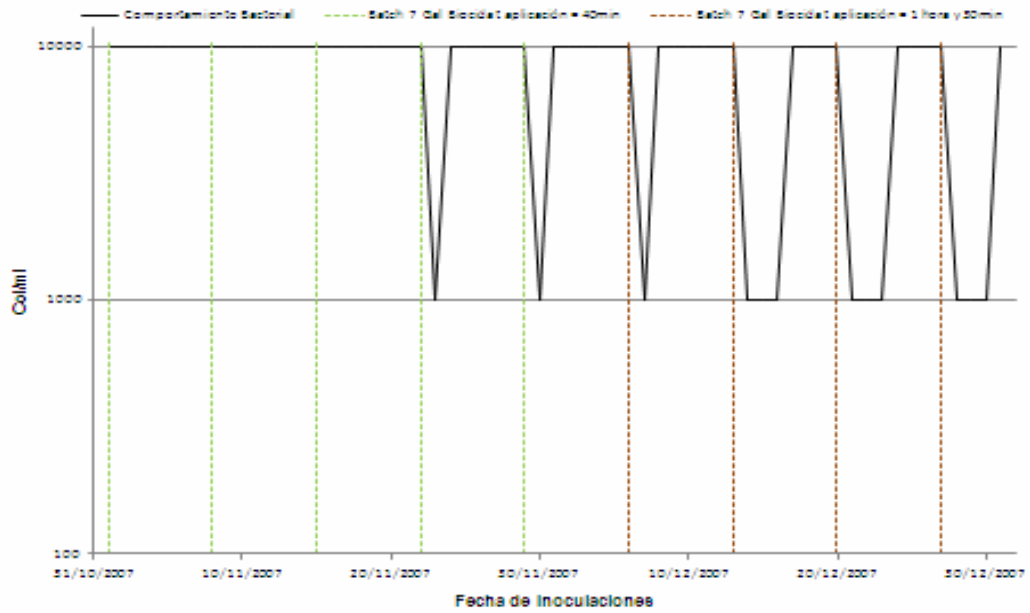


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA LINEA CHP-TRS. NOV 2007 a FEB 2008

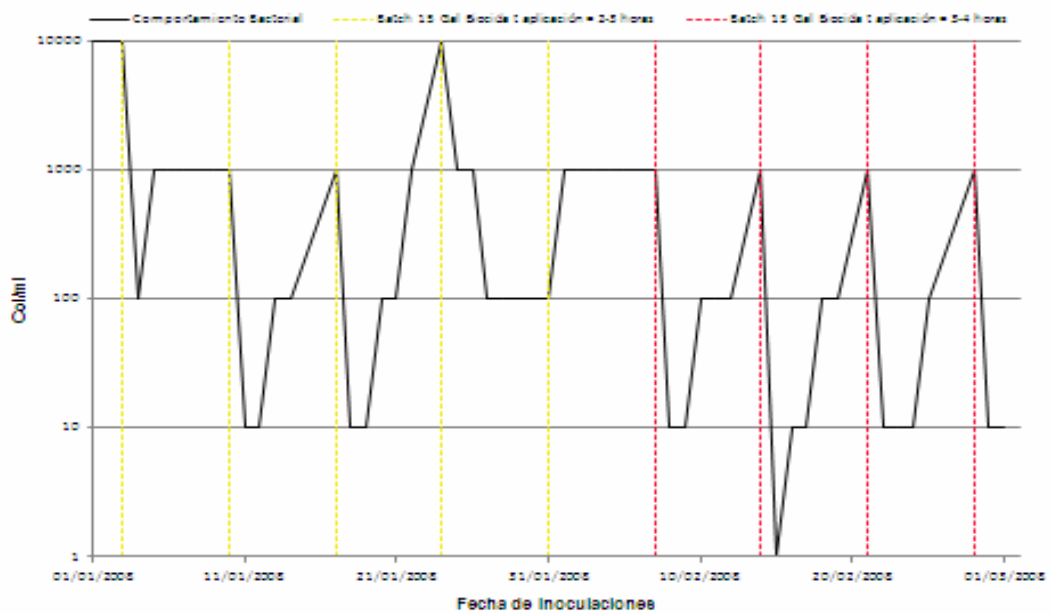


ANEXO M

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA LINEA CHP-TRS. NOV-DIC 2007

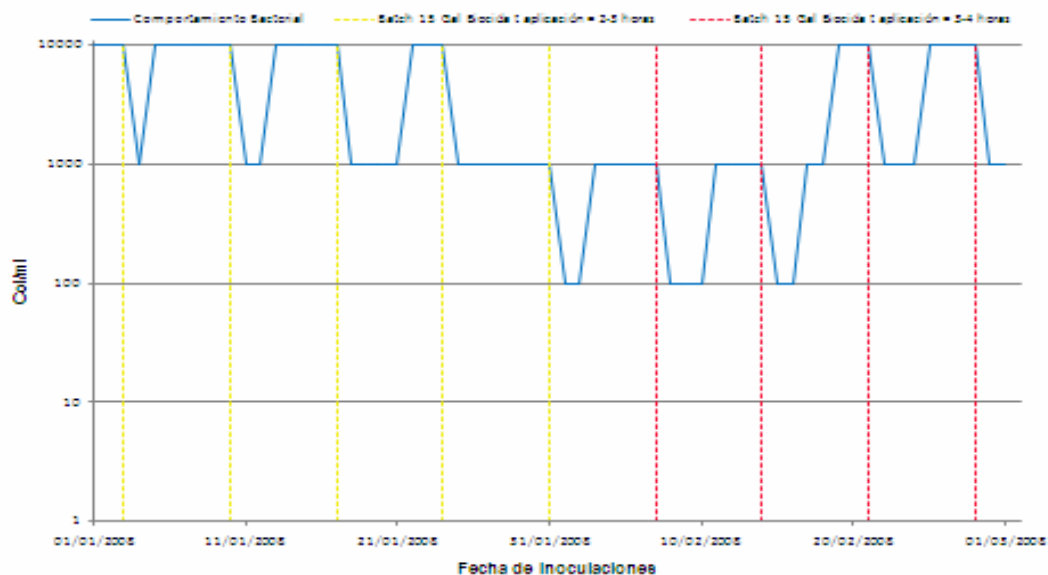


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA LINEA CHP-TRS. ENE-FEB 2008

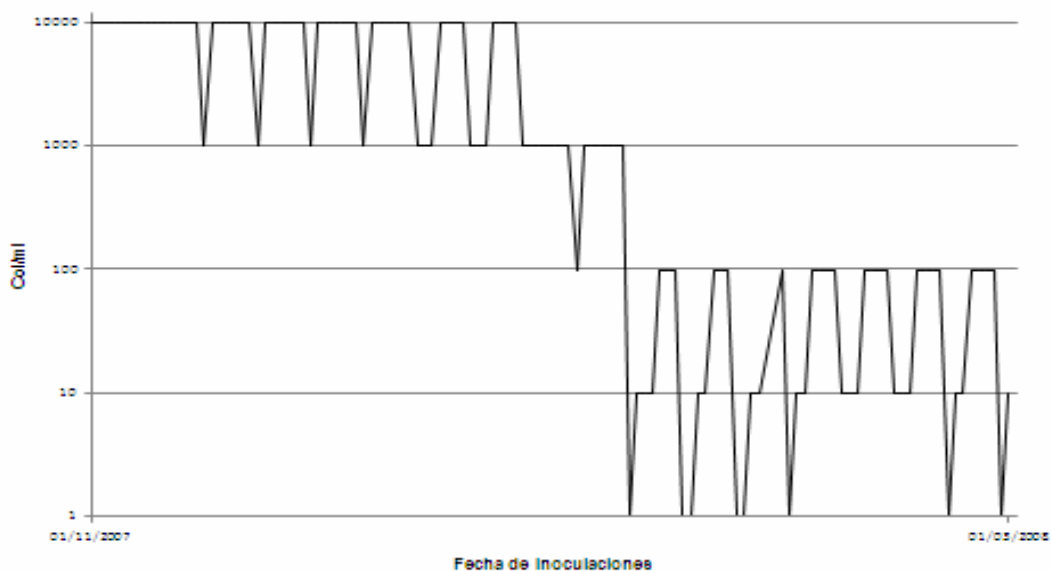


ANEXO N

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ÁCIDO EN EL GUN BARREL ESTACIÓN LOS TOROS. ENE-FEB 2008

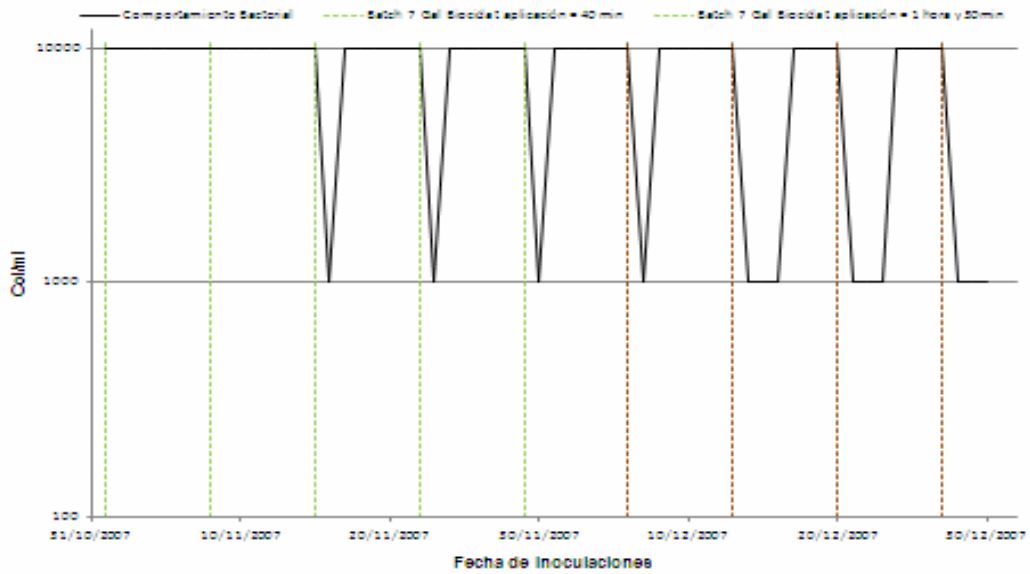


COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA SALIDA DE AGUA DEL GUN BARREL ESTACIÓN LOS TOROS NOV 2007 a FEB 2008

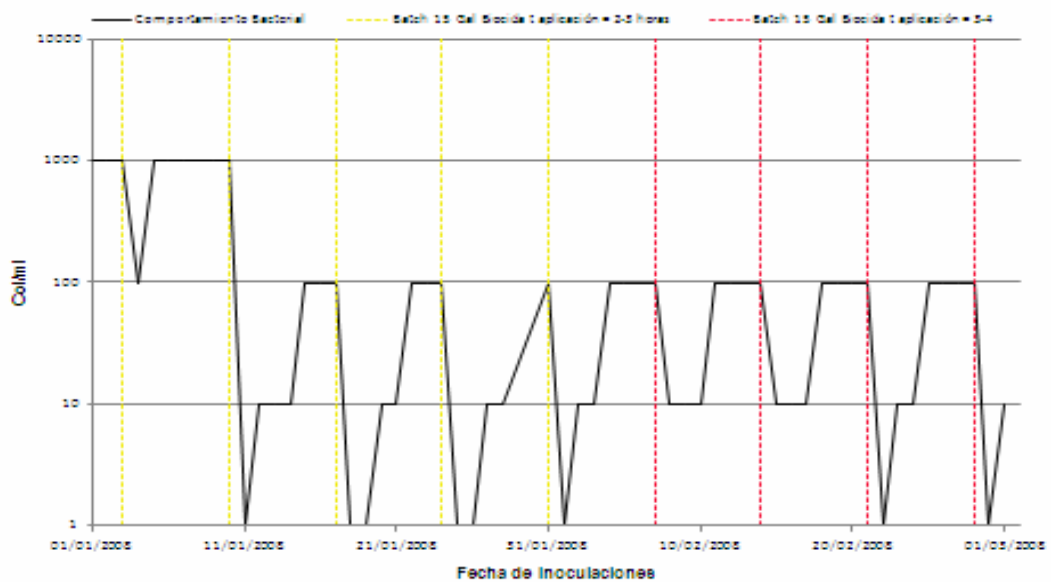


ANEXO Ñ

COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA SALIDA DE AGUA DEL GUN BARREL ESTACIÓN LOS TOROS. NOV-DIC 2008



COMPORTAMIENTO DE LAS BACTERIAS SULFATO REDUCTORAS EN LA SALIDA DE AGUA DEL GUN BARREL ESTACIÓN LOS TOROS. ENE-FEB 2008



ANEXO O

EFFECTO DEL CONTROL DE BACTERIAS EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DEL CRUDO.

