

EFICIENCIA DE BIOCIDAS EN AGUAS DE PRODUCCION

Comparación de familias químicas empleadas en sistemas convencionales y no convencionales

Giardina Medaura Lautaro/Calderon Monica Gabriela/Muñoz Pablo/Lopez Jimmy/Rodolfo Soto/Cristian Hermoso, PECOM, lautaro.giardina@pecomenergia.com.ar

Sinopsis

El control microbiológico en los sistemas de producción de hidrocarburos constituye un factor crítico para garantizar la integridad de las instalaciones y equipos. Este estudio presenta un análisis comparativo de laboratorio orientado a evaluar el desempeño de diversas familias de biocidas (líticos, electrófilos y combinaciones) aplicados en yacimientos convencionales y no convencionales.

Se evalúa específicamente la influencia de polímeros (como la poliacrilamida parcialmente hidrolizada - HPAM) usados en operaciones de fractura y estimulación terciaria, así como la salinidad y la temperatura en la persistencia y desempeño de activos como el glutaraldehído, THPS y compuestos de amonios cuaternarios.

Mediante la cuantificación de ATP por bioluminiscencia (tecnología Lumiultra) conforme a la norma ASTM D7687-23, se determinó que los biocidas líticos y las mezclas sinérgicas presentan una mayor robustez operativa y estabilidad frente a la demanda química y la carga orgánica de sistemas complejos. En contraste, los biocidas electrófilos puros evidenciaron una eficiencia inconsistente condicionada por interacciones con la matriz acuosa.

Se concluye que el mecanismo de acción es el factor determinante para la selección técnica de tratamientos tailor-made, permitiendo optimizar las estrategias de dosificación para un manejo eficiente y sustentable de tratamientos integrales en agua de producción.

Introducción

La proliferación de comunidades microbianas en aguas de producción impacta directamente en la operación de yacimientos de petróleo y gas, específicamente sobre la corrosión influenciada microbiológicamente (MIC). Asimismo, esta también contribuye al agriamiento de los reservorios por generación de ácido sulfhídrico (H_2S) y a la formación de depósitos inorgánicos y orgánicos que afectan el transporte y procesamiento de los hidrocarburos. La actividad microbiana puede alterar las propiedades fisicoquímicas del crudo, incrementando su densidad y viscosidad lo cual genera pérdidas de eficiencia en las instalaciones de superficie ^[1, 2]

Históricamente, en sistemas convencionales el control microbiológico se ha centrado en bacterias sulfato-reductoras (SRB) y bacterias productoras de ácido (APB), principales responsables de la generación de H_2S y de procesos corrosivos. Sin embargo, la evolución de las operaciones hacia yacimientos no convencionales y procesos de recuperación mejorada (EOR) ha incrementado significativamente la complejidad de las matrices acuosas. ^[3] Las aguas de producción actuales presentan elevadas salinidades, variabilidad en el contenido de materia orgánica y la presencia de polímeros y aditivos químicos asociados a operaciones de fractura hidráulica y transporte ^[4, 5]

En este contexto, los microorganismos nativos del reservorio y aquellos introducidos durante las operaciones de perforación, fractura y estimulación, encuentran condiciones favorables para su desarrollo en instalaciones de fondo y superficie. En particular, géneros halófilos y anaerobios pueden proliferar en ambientes hipersalinos, favoreciendo la formación de biopelículas altamente resistentes a los tratamientos químicos convencionales. Estas biopelículas actúan como reservorios microbianos, incrementando la tolerancia a biocidas y promoviendo fenómenos de corrosión localizada y taponamientos ^[6, 7]

Microorganismos según las características de la formación y producción

- Bacterias Sulfato-Reductoras (SRB): principales responsables del agriamiento del reservorio. Reducen sulfatos a H_2S en condiciones anaeróbicas, generando sulfuros metálicos, corrosión influenciada microbiológicamente (MIC), y riesgos operativos.

- Bacterias Productoras de Ácido (APB): producen ácidos orgánicos e inorgánicos a través de su metabolismo, siendo una de las causas principales de la corrosión severa en activos estructurales.
- Bacterias Oxidantes de Hierro y Manganese: Estos organismos aeróbicos son causantes importantes de MIC al oxidar metales para obtener energía, creando depósitos altamente corrosivos y eliminando el oxígeno, lo que favorece el crecimiento de bacterias anaeróbicas.
- Hongos y Levaduras: Contaminan principalmente los fondos de los tanques de almacenamiento y sistemas de combustible, formando biomasa (lodo) que obstruye filtros y tuberías.

Factores que Influyen en la Eficacia de los Biocidas

La eficacia de los tratamientos biocidas en estos sistemas depende de múltiples variables fisicoquímicas.

- Salinidad: su contenido elevado en las aguas de producción puede inducir respuestas adaptativas en los microorganismos, incrementando su tolerancia a determinados biocidas no oxidantes.^[8]
- pH del Sistema: La estabilidad química depende del pH. El glutaraldehído es efectivo en un rango de pH de 7 a 10, al igual que los amonios cuaternarios (sigla en inglés: quats) funcionan mejor en ambientes alcalinos.^[1, 9]
- Biofilms: Los microorganismos con capacidad de adherirse a las superficies forman capas de biofilm que los protegen de los agentes químicos. Actúan como barreras difusionales que reducen la penetración de los activos químicos, requiriendo concentraciones mayores o combinaciones de tratamientos para lograr una inactivación efectiva.^[7]
- Temperatura: biocidas como el glutaraldehído y el THPS tienen una aplicación recomendada en temperaturas medias.^[1]

Características de los Activos Biocidas Para Evaluar

Los biocidas más comunes utilizados en tratamiento de aguas de producción son productos químicos orgánicos no oxidantes. Estos biocidas se dividen en dos grupos según sus respectivos modos de acción, electrófilos y líticos.

Los biocidas líticos (activos en la membrana) son tensioactivos anfífilos y su actividad se basa en la disolución en la pared celular bacteriana y su posterior disrupción. Concretamente, su modo de acción conocido implica la unión a grupos funcionales aniónicos en la superficie de la membrana y la posterior perturbación y disolución de la bicapa lipídica, lo que da lugar a la pérdida de la capacidad de regulación osmótica y a la eventual lisis de las células.^[5]

Los biocidas electrófilos suelen tener grupos funcionales reactivos que aceptan electrones, aldehídos, que reaccionan con grupos químicos ricos en electrones, como los grupos -SH (tiol) y -NHR (amina secundaria) expuestos en las proteínas de membrana de las paredes celulares bacterianas.^[5]

Se mencionan características de los activos seleccionados para evaluar su performance en el presente trabajo de investigación:

- Glutaraldehído: es el biocida electrófilo más utilizado, con poderosa actividad antibacterial y antifúngica. Es soluble en agua, estable en un amplio rango de temperatura y no es sensible a la presencia de sulfuros, aunque reacciona violentamente con amoníaco y corrientes que contienen aminas, lo que puede desactivarlo. Al igual que el formaldehído y otros aldehídos, es un potente agente de reticulación para los aminoácidos y ácidos nucleicos.
- THPS (Tetrakis hidroximetil fosfonio sulfato): Es un biocida electrofílico soluble en agua, altamente efectivo contra bacterias, hongos y algas. Una ventaja particular es su capacidad para eliminar el sulfuro de hierro residual en las tuberías. Presenta baja toxicidad y alta rapidez de acción, aunque se debe verificar su compatibilidad para evitar efectos reducidos sobre los polímeros de inyección.
- Amonios Cuaternarios: son biocidas líticos, actúan disolviendo la membrana lipídica de la célula y previenen la formación de polisacáridos durante la colonización bacteriana. Se usan frecuentemente como inhibidores de corrosión catiónicos, pero pueden afectar negativamente la permeabilidad de los depósitos de crudo.
- Sales de amina: son biocidas líticos, formados por compuestos catiónicos. Se adsorben a la membrana bacteriana, alteran permeabilidad y el equilibrio osmótico.^[2]

Por otro lado, existen biocidas oxidantes que actúan liberando radicales libres que atacan indiscriminadamente los componentes celulares. Se utilizan frecuentemente para el pretratamiento de aguas superficiales debido a su amplio espectro, aunque pueden ser corrosivos para los equipos y reaccionar negativamente con otros químicos del fluido.

- Dióxido de Cloro: muy común por su eficacia universal y menor potencial corrosivo comparado con otros oxidantes.
- Hipoclorito de Sodio: biocida oxidativo tradicional que inactiva sistemas de producción de energía celular.
- Ácido Peracético: Un agente oxidante fuerte que no genera subproductos halogenados dañinos.
- Otros: Ozono, bromo (como N-bromosuccinimida) y peróxidos (como el peróxido de hidrógeno, magnesio o calcio).^[5]

Interacción con Polímeros y Madurez de los Pozos

En operaciones de fractura hidráulica y recuperación terciaria se inyectan grandes volúmenes de fluidos que contienen polímeros, los cuales son modificadores de viscosidad y reductores de fricción. La presencia de estos compuestos en el sistema productivo no solo influye en el comportamiento reológico del fluido, sino que también puede modificar las interacciones químicas y microbiológicas dentro del sistema de producción.^[3,5]

En este contexto, la coexistencia de polímeros, microorganismos y tratamientos químicos introduce una serie de desafíos operativos que deben considerarse en el diseño de los programas de control microbiológico:

- Degradación de Polímeros: El crecimiento excesivo de bacterias puede degradar los polímeros y aditivos, provocando una pérdida de rendimiento en las operaciones de fractura y una reducción de la productividad del pozo debido al taponamiento de los poros (bioclogging).^[3,9]
- Compatibilidad Química: se revela la necesidad técnica de determinar la compatibilidad de la química microbiológica con otros programas químicos para asegurar efectos reducidos sobre los polímeros utilizados en EOR (Recuperación mejorada de petróleo).^[3,9]
- Etapas de Producción: El riesgo de contaminación varía desde la perforación inicial hasta la recuperación secundaria y terciaria. En la etapa terciaria, la protección del agua inyectada es crítica para evitar que la formación actúe como un bioreactor que forme biofilms y MIC.^[3]

La selección y el diseño del tratamiento biocida en sistemas de producción no deben limitarse a su espectro microbiológico. Para garantizar la eficacia operativa, es imperativo evaluar su compatibilidad con las matrices acuosas y los aditivos químicos (especialmente polímeros de fractura y EOR). Asimismo, la estabilidad ante condiciones extremas de salinidad y temperatura, junto con la capacidad de controlar biofilms maduros, constituyen los pilares determinantes para el éxito del tratamiento.

Desarrollo

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño de distintas familias de biocidas utilizadas en aguas de producción, con el fin de identificar tendencias de eficiencia y posibles correlaciones en función de su origen químico y mecanismo de acción.

El análisis se realiza mediante la comparación de sistemas de producción convencionales y no convencionales, considerando las diferencias fisicoquímicas y operativas inherentes a cada matriz de agua y su impacto sobre la eficacia microbiológica de los tratamientos.

Se analiza específicamente la influencia de los polímeros empleados en fractura hidráulica y recuperación terciaria (EOR), presentes en activos tanto convencionales como no convencionales. Estos aditivos alteran drásticamente el entorno químico del sistema, comprometiendo la persistencia y eficacia de los biocidas mediante tres mecanismos: interacciones químicas directas, el aumento de la carga orgánica y la formación de subproductos que inhiben su actividad.

Bajo este enfoque, el estudio busca establecer criterios técnicos de interpretación que permitan comprender cómo estas variables condicionan la eficiencia de los tratamientos microbiológicos y, en consecuencia, aportar información aplicable para el control biológico en campos de producción de diversas características.

Metodología y ensayos

La evaluación de la performance biocida se realizó mediante la cuantificación de Microorganismos Totales Viables (MTV) a través de la medición de ATP celular por bioluminiscencia, empleando tecnología LuminUltra conforme a la norma ASTM International ASTM D7687-23. ^[10]

Esta metodología constituye una herramienta de diagnóstico rápido que, a diferencia de los métodos de cultivo tradicionales, permite detectar actividad biológica total —incluyendo microorganismos no cultivables— y facilita la optimización de dosis de biocida, la comparación entre familias químicas y la validación de estrategias de tratamiento en tiempos operativos compatibles con campo.

Para evaluar la variación de la viscosidad de agua de producción terciaria, se emplea viscosímetro Brookfield DV2T, reportando unidades de centipoise (cP).

Parámetros de cuantificación

- ATP (Adenosín Trifosfato o Trifosfato de Adenosina)

Molécula universal portadora de energía en organismos vivos. Su cuantificación permite estimar de forma directa la biomasa activa presente en una muestra.

- ME (Equivalentes microbianos)

Unidad derivada de la correlación entre el contenido promedio de ATP de una célula bacteriana (referencia: *E. coli*) y el ATP total medido. Permite expresar resultados en células equivalentes por mililitro y compararlos con recuentos en caldos de cultivo, UFC (unidades formadoras de colonia), recuentos microscópicos, qPCR. ^[10]

Cálculo de eficiencia biocida

La eficiencia de los tratamientos se expresa como el porcentaje de reducción de microorganismos totales viables (MTV) luego de la dosificación del biocida.

$$\text{Reducción de MTV (\%)} = \frac{\text{ME (Muestra inicial)} - \text{ME (Muestra post-tratamiento)}}{\text{ME (Muestra inicial)}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de biocidas (\%)} = \text{Reducción de MTV}$$

Este parámetro permite evaluar la capacidad de cada familia química para reducir la biomasa activa en distintas matrices de agua de producción.

Condiciones de ensayo

- Medición inicial de ATP
- Medición final de ATP después de 2 horas de contacto con producto químico biocida.
- Concentración de producto químico: 60 ppm
- Temperatura ambiente: exceptuando muestra 12 y muestra 13.

Cabe aclarar que se empleó un rango de concentración entre 40 – 60 % de materia activa en los productos seleccionados.

Para facilitar la interpretación, los resultados de los ensayos realizados con distintas familias químicas y tipos de agua se han dividido en dos bloques: producciones convencionales y no convencionales. Se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de muestras de acuerdo con tipo de producción y otras características

Muestra	Tipo de producción	Características
Muestra 1	Convencional	Pozo gasífero de 2 a 12 meses de producción
Muestra 2	Convencional	Producción variada obtenida de separador general de planta
Muestra 3	Convencional	Producción terciaria con alta ppm de polímero
Muestra 4	Convencional	Producción variada en planta de tratamiento de crudo
Muestra 5	Convencional	Pozo mayor a 5 años de producción
Muestra 6	Convencional	Producción terciaria con alta ppm de polímero
Muestra 7	Convencional	Producción terciaria con baja ppm de polímero
Muestra 8	NOC	Pozo productor de 2 a 12 meses de producción
Muestra 9	NOC	Pozo mayor a 12 meses de producción
Muestra 10	NOC	Producción variada en planta de tratamiento de crudo
Muestra 11	NOC	Producción variada en planta de tratamiento de crudo
Muestra 12	NOC	Producción variada con baja salinidad (20000 ppm)
Muestra 13	NOC	Producción variada con alta salinidad (140000 ppm)
Muestra 14	NOC	Producción de separador de control PAD NOC, mayor a 2 años de producción

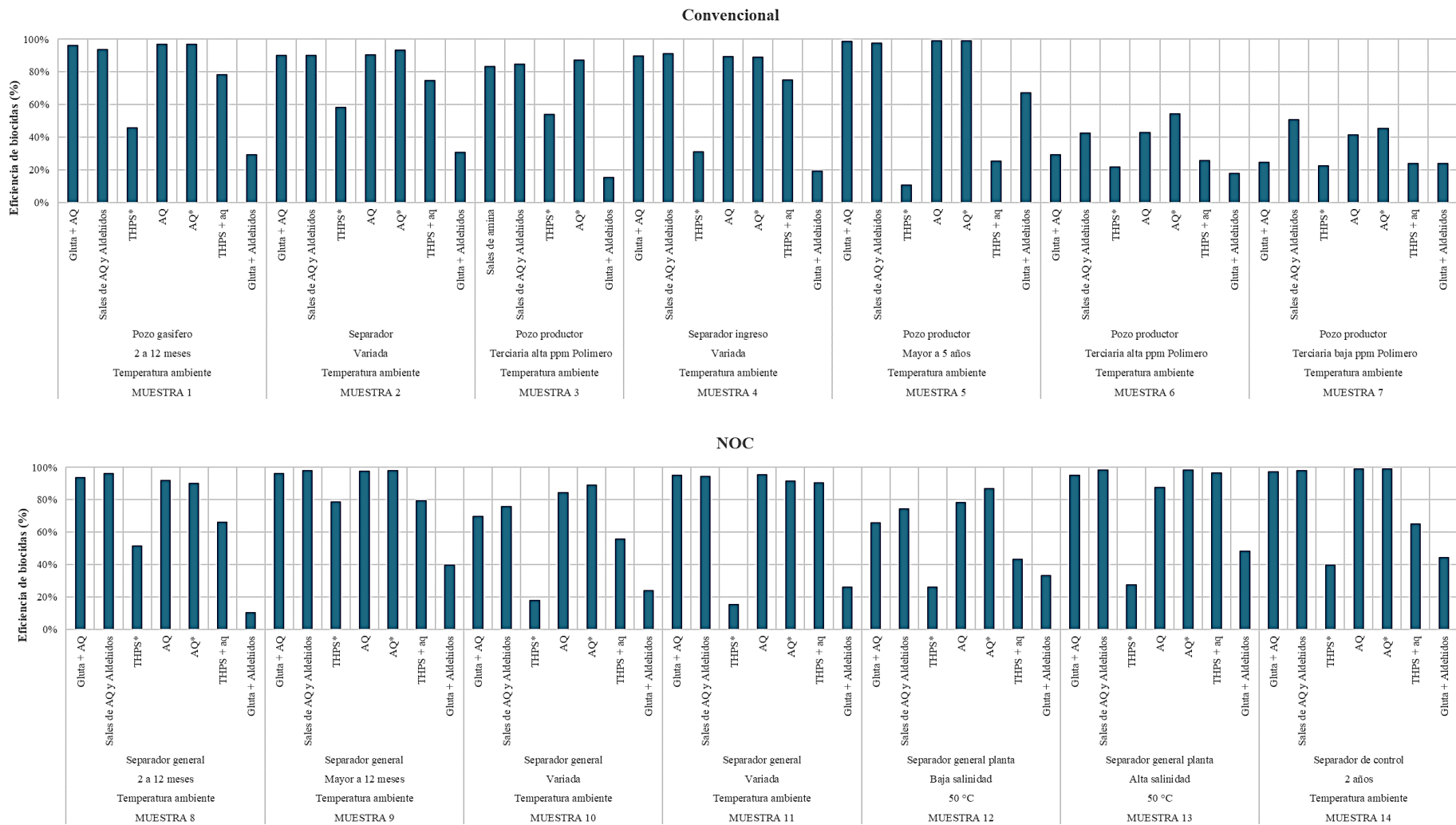


Figura 1. Eficiencia de productos biocidas en distintos tipos de producción.

De acuerdo con los ensayos realizados en el marco de estudio propuesto, se observan siguientes tendencias:

PRODUCCIONES CONVENCIONALES

Los amonios cuaternarios se mantienen relativamente estables frente a variaciones de edad del sistema. Son menos dependientes de reactividad química del medio. El glutaraldehído junto con aldehídos presenta inconsistencia, considerando la posibilidad de reacción con materia orgánica disuelta por ende mayor consumo en el sistema.

El THPS presenta performance variable, rendimiento bajo en sistema con presencia de altas concentraciones de polímeros. Por ello, podemos considerar la posible interacción con grupos funcionales del polímero, mayor sensibilidad a salinidad, sulfuros y hierros.

Las combinaciones de familias químicas muestran mayor robustez en matrices convencionales, son las más consistentes. Se verifica que la sinergia entre mecanismo lítico + electrófilo favorece la performance global de la mezcla de productos activos, el componente lítico desestabiliza la membrana celular y facilita el ingreso del electrófilo.

Impacto del polímero

En aguas de pozos convencionales con producción terciaria, caracterizadas por concentraciones variables de polímero (HPAM), se observa una disminución en la eficiencia de biocidas electrófilos puros, lo cual podría estar asociado a reacciones entre estos compuestos y los grupos amida presentes en la estructura del polímero, reduciendo potencialmente la fracción activa disponible del biocida.

En este contexto, los biocidas basados en amonios cuaternarios muestran un desempeño relativamente más estable frente a la presencia de polímero. Asimismo, las formulaciones que combinan diferentes familias de biocidas tienden a mantener una respuesta más consistente en matrices con alto contenido polimérico.

Con el objetivo de evaluar posibles interacciones entre los biocidas y el sistema polimérico, se analizó la respuesta reológica del fluido mediante mediciones de viscosidad antes y después de la adición del producto químico.

Condiciones de ensayo

- Medición inicial de viscosidad en condiciones no anaeróbicas
- Medición final de viscosidad después de 2 horas de contacto con producto químico biocida.
- Concentración de producto químico: 60 ppm
- Temperatura ambiente.

La variación relativa de viscosidad se calculó según la siguiente expresión:

$$\Delta \text{Viscosidad (\%)} = \frac{\text{Viscosidad (Muestra inicial)} - \text{Viscosidad (Muestra post-tratamiento)}}{\text{Viscosidad (Muestra inicial)}} \times 100$$

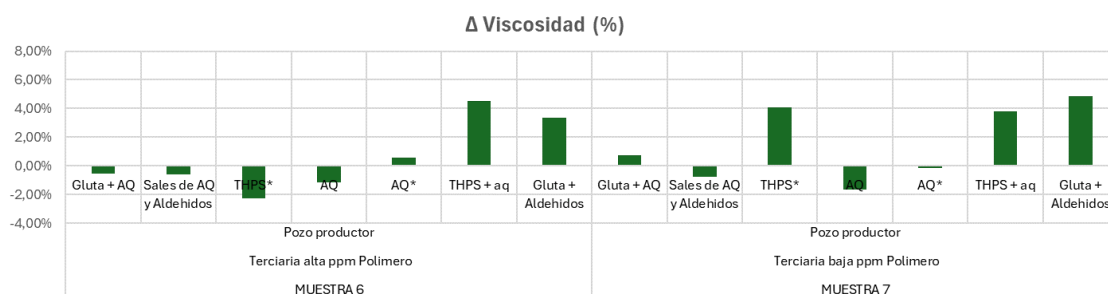


Figura 2. Variación porcentual de la viscosidad (Δ Viscosidad %) - Agua de producción con alta concentración de polímero (Muestra 6) y agua con baja concentración de polímero (Muestra 7).

Considerando la incertidumbre instrumental asociada al equipo ($\pm 1-2\%$), las variaciones reológicas menores a $\pm 2\%$ deben interpretarse como no significativas. No obstante, los incrementos del orden de 3–5 % observados evidencian una posible interacción entre el biocida y el sistema polimérico.

Cabe destacar que los ensayos se realizaron en condiciones convencionales de laboratorio, sin control de atmósfera anaeróbica. En consecuencia, no puede descartarse la influencia parcial del oxígeno ambiental sobre procesos de degradación parcial del polímero.

En función de los resultados obtenidos, se concluye que, bajo las condiciones de ensayo evaluadas, algunos sistemas biocidas (THPS y glutaraldehído-aldehídos) presentan interacciones reológicas leves con la matriz polimérica, aunque no se evidencian efectos degradativos significativos sobre la viscosidad del sistema.

PRODUCCIONES NO CONVENCIONALES

Los amonios cuaternarios mantienen eficiencias altas, siendo relativamente estables en distintas matrices. Funcionan tanto en baja como en alta salinidad. Concluimos que el mecanismo lítico, es menos afectado por demanda química del sistema.

El producto base glutaraldehído-aldehídos presenta un desempeño inconsistente, consecuente a posibles reacciones con aminas, por materia orgánica residual y protección de bacterias en matriz polimérica.

El THPS es el activo más variable en NOC, verificando su sensibilidad al entorno. Mencionamos la posibilidad de reacción con grupos funcionales del polímero de fractura, sensibilidad a sulfuro e interacción con hierro.

Las combinaciones de familias químicas presentan una sinergia entre mecanismo lítico + electrófilo, al igual que en producciones convencionales.

Influencia de temperatura

El incremento de temperatura hasta 50 °C no compromete la estabilidad de las familias biocidas evaluadas y, por el contrario, favorece su desempeño microbiológico.

Los electrófilos evidencian una mejora cinética significativa. El incremento de la eficiencia se debe al aumento de la permeabilidad celular y por ende facilidad de la penetración del agente biocida (THPS, glutaraldehído)

Los biocidas líticos mantienen su robustez. Las formulaciones combinadas demuestran el comportamiento más estable frente a variaciones de matriz y temperatura.

Influencia de salinidad

La familia de sales de amonio cuaternario mantiene su desempeño en muestra de agua de producción con baja y alta salinidad, muestra 12 y muestra 13 respectivamente. Los productos biocidas electrófilos son variables. No se comprueba diferencia de eficiencia con respecto a las salinidades. Las combinaciones de familias químicas muestran resultados robustos.

Conclusiones

En sistemas convencionales, las familias líticas presentan mayor estabilidad frente a variaciones fisicoquímicas del medio, mientras que los biocidas electrófilos evidencian mayor susceptibilidad a interacciones químicas con componentes de la matriz acuosa. Las formulaciones combinadas muestran el mejor desempeño global, sugiriendo un efecto sinérgico que compensa la demanda química del sistema.

En sistemas no convencionales, la eficiencia de biocidas electrófilos puros se ve significativamente condicionada por la complejidad química de la matriz acuosa. Los biocidas líticos muestran mayor robustez operativa, mientras que las formulaciones combinadas presentan buen desempeño global en los sistemas.

A partir de las interpretaciones, el estudio de laboratorio sugiere que el mecanismo de acción es más determinante que la familia química aislada.

En sistemas convencionales, puede seleccionarse un activo individual. Justificado por un entorno químico más estable y menor complejidad orgánica. Exceptuando sistemas con recuperación mejorada de petróleo (polímeros).

En sistemas no convencionales, conviene priorizar la combinación de familias químicas o mecanismo lítico. Se justifica por la presencia de materia orgánica, generando mayor interacción química no deseada.

Bibliografía

- [1] Anna Turkiewicz, Joanna Brzeszcz y Piotr Kapusta. The application of biocides in the oil and gas industry. *Nafta-Gaz*, Vol. 69, No. 2, febrero de 2013, pp. 155-162
- [2] Anna Turkiewicz. Examination of Effectiveness of Biocides used in the Oil Industry. *Scientific Contributions Oil and Gas*, Vol. 38, No. 1, abril de 2015, pp. 45-52
- [3] M-I SWACO (Petroleum Technologies Alliance Canada). Frac Water Recycling Technologies Feasibility Study - FRAC FLUID REPORT. Informe Técnico, enero de 2012.
- [4] Chun Liu, Jeniree Flores Delgado, Lehong Jin, Dilip Raj, Leon Estell y Leo Poorvin. Microbiologically Influenced Corrosion in Unconventional Oil and Gas Facilities: A Tailored Integral Solution. *Society of Petroleum Engineers (SPE)*, Paper SPE-224292-MS, abril de 2025. DOI: 10.2118/224292-MS.
- [5] Genevieve A. Kahrilas, Jens Blotevogel, Philip S. Stewart y Thomas Borch. Biocides in Hydraulic Fracturing Fluids: A Critical Review of Their Usage, Mobility, Degradation, and Toxicity. *Environmental Science & Technology*, Vol. 49, 2015, pp. 16–32. DOI: 10.1021/es503724k
- [6] Maria Fernanda Campa, Amy K. Wolfe, Stephen M. Techtmann, Ann-Marie Harik y Terry C. Hazen. Unconventional Oil and Gas Energy Systems: An Unidentified Hotspot of Antimicrobial Resistance? *Frontiers in Microbiology*, Vol. 10, Art. 2392, octubre de 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02392.
- [7] Pagliaricci M., G. Rojas, F. L. Massello, J. Dos Santos, E. Bortoli, S. Navarrete, W. Morris, W. Vargas, and I. Vega. Microbiologically Influenced Corrosion in Unconventional Oil and Gas Facilities: A Tailored Integral Solution. *SPE Journal*. 2025.
- [8] Amit Vikram, Daniel Lipus y Kyle Bibby. Produced Water Exposure Alters Bacterial Response to Biocides. *Environmental Science & Technology*, octubre de 2014. DOI: 10.1021/es5036915.
- [9] Vink Chemicals GmbH & Co. KG. Microbial Control in Oil and Gas. Portafolio Corporativo de Investigación y Desarrollo.
- [10] LuminUltra Technologies Ltd. ATP Test Kit Handbook/QuenchGone™ Aqueous (QGA) Instructions. Manual Técnico y de Instrucciones, 2025.
- [Figura 1] - THPS + aq: Producto formulado en combinación de THPS y Amonio Cuaternario.
- [Figura 1] - Sales de AQ y Aldehídos: Producto formulado en combinación de Amonio Cuaternario y Aldehídos.
- [Figura 1] - THPS*: Producto a base de THPS como único componente activo.
- [Figura 1] - Gluta + Aldehídos: Producto a base de Glutaraldehído y Aldehídos
- [Figura 1] - Gluta + AQ: Producto formulado en combinación de Glutaraldehído y Amonio Cuaternario.
- [Figura 1] - AQ: Producto a base de Amonio Cuaternario como único componente activo – Formulación 1.
- [Figura 1] - AQ*: Producto a base de Amonio Cuaternario como único componente activo - Formulación 2.
- [Figura 1] - Sales de amina: Producto a base de sales de amina como único componente activo.

Breve CV

Lautaro Giardina Medaura es Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Cuyo de Argentina. Actualmente soy Ingeniero de Aplicación para la unidad de Negocio de Tratamientos Químicos de PECOM. Previamente se ha desempeñado como Trainee otra compañía del rubro del Oil & Gas.

Gabriela Calderón es Bioquímica y Especialista en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - Máster in Business Candidate de la Universidad de San Andrés. Actualmente estoy como Referente de Gestión de Tratamientos Químicos para Upstream PECOM - Previamente me desempeñé como docente e investigadora Universitaria en las Cátedras de Química General-Química Orgánica - Química Biológica en U.N.S.J.B.

Jimmy López es Ingeniero Químico de la Universidad Nacional de Colombia y PhD en Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur - CONICET. Jefe de Ingeniería y Desarrollo Comercial para la unidad de negocio de Tratamientos Químicos de PECOM. Previamente se ha desempeñado como Ingeniero Líder en GE Global Research y otras compañías del rubro del Oil & Gas.

Rodolfo P. Soto es Técnico químico ENET N°2. Actualmente se desempeña como Líder del laboratorio de investigación y desarrollo en Tratamiento Químicos de PECOM.