

# Comportamiento del potencial redox ( $Eh$ ) del polvo tánico de dividive en fluidos de perforación base agua

## Redox Potential ( $Eh$ ) behavior of divi-divi tannic powder in water-based drilling fluids

Pérez-Cisneros, Miguel Angel

Intevep, S.A. Urb. Santa Rosa, sector El Tambor, Los Teques, Edo. Miranda,  
Caracas, 1020-A, Venezuela.

[miguelaperezcisneros@gmail.com](mailto:miguelaperezcisneros@gmail.com)

### Resumen

*En esta investigación se monitorio el potencial redox ( $Eh$ ) del polvo tánico de dividive (*Caesalpinia coriaria*) como método para seguir el efecto defloculante en fluidos de perforación base agua. El polvo tánico de dividive actúa como defloculante a través de potenciales redox  $Eh^-$  y  $Eh^+$  (negativos y positivos), a diferencia del tanino comercial (tanino modificado) que trabaja sólo a potenciales redox  $Eh^-$  (negativos). Esta característica le permite al polvo tánico de dividive, ser más eficiente al reaccionar con la densidad de carga atractiva existente en un determinado instante en el seno del fluido.*

**Palabras clave:** potencial redox ( $Eh$ ), polvo tánico dividive, defloculante, fluidos de perforación base agua.

### Abstract

*In this investigation, the divi-divi tannic powder (*Caesalpinia coriaria*) redox potential ( $Eh$ ) was monitored as a method to follow the deflocculant effect in water-based drilling fluids. Divi-divi tannic powder acts as a deflocculant through redox potentials  $Eh^-$  and  $Eh^+$  (negative and positive), unlike commercial tannin (chemically modified tannin) that works only at redox potentials  $Eh^-$  (negative). This characteristic allows the divi-divi tannic powder to be more efficient when reacting with the attractive charge density existing at a given moment inside the fluid.*

**Keyword:** redox potential ( $Eh$ ), divi-divi tannic powder, deflocculant, water-based drilling fluids.

## 1 Introducción

La teoría de la doble capa eléctrica denominada DLVO, término tomado de las iniciales de los autores (Derjaguin, Landau, Verwey y Overbeek) y propuesta en 1943, se basa en el equilibrio entre las fuerzas opuestas de repulsión electrostática y atracción tipo van der Waals propia de cada partícula de arcilla, independientemente de efectos estéricos. El potencial total de interacción ( $V_T$ ) entre las partículas coloidales se podría calcular como la suma de la repulsión electrostática correspondiente a la interacción de las dobles capas ( $V_R$ ) y la energía de atracción de van der Waals ( $V_A$ ) (Véase ecuación 1), la cual explica los estados de agregación de las arcillas en suspensión acuosa o aceitosa. Las partículas de arcillas se aglomeran o no, dependiendo de la concentración de las fuerzas repulsivas y atractivas. Esta interacción entre las partículas de arcilla es también influenciada por el movimiento Browniano de las mismas, llegando a ser un factor importante cuando los coloides de arcillas se acercan entre sí y comienzan a interferirse por efecto de la doble capa eléctrica. Estas fuerzas son aditivas y requieren vencer una barrera energética para sobrepasar esta repulsión y promover la unión entre las partículas.

$$V_T = V_R + V_A \quad (1)$$

Por lo tanto, la teoría DLVO explica la tendencia de los coloides a aglomerarse o permanecer separados al combinar la atracción de van der Waals y la curva de repulsión electrostática. En las arcillas, las fuerzas repulsivas suelen simbolizarse por pequeños cristales que tienen un superávit de cargas negativas provenientes de la contribución de carga de los iones en solución que son atraídos electrostáticamente hacia la superficie. En consecuencia, cuando dos partículas cargadas negativamente se aproximan una a la otra, habrá más repulsión entre las partículas que se encuentran más cercas comparado con las que están más distantes (Engelmann y col., 1967). De modo que, en un estado defloculado, las interrelaciones entre las partículas de arcilla por las fuerzas atractivas y repulsivas tendrán una fuerza neta negativa y predominantemente repulsiva, afectando los parámetros reológicos y el control de filtrado de los fluidos de perforación.

### Potencial redox ( $E_h$ ) como variable para evaluar el estado de agregación de las partículas de arcilla por la acción de aditivos defloculantes

Los sistemas coloidales pueden ser tan viscosos como una lechada de cemento o un fluido de perforación, o sin viscosidad como el agua. Por lo general, los sistemas coloidales con frecuencia son acuosos, aunque también pueden no serlo. Para cada caso, tanto las propiedades físicas como el comportamiento de las suspensiones están íntimamente relacionados con las propiedades de los

coloides, de aquí la importancia de la comprensión de estas interacciones coloidales para poder manejar las condiciones de aglomeración y defloculación de las partículas coloidales en un determinado fluido.

Como cada coloide tiene una carga eléctrica, ya sea esta positiva o negativa, da lugar a que se produzcan fuerzas de repulsión electrostática entre los coloides más cercanos, lo cual como ya lo hemos visto, es explicado por la teoría de la doble capa eléctrica que acabamos de exponer. De conformidad con ésta teoría es posible visualizar una atmósfera iónica en la proximidad de un coloide y explicar el comportamiento como si fuese una secuencia de etapas que ocurren alrededor de un solo coloide negativo, en la que los iones positivos que neutralizan sus cargas son aleatoriamente expulsados. Por consiguiente, se desarrolla una carga eléctrica superficial que es compensada por una distribución equivalente de carga en la fase acuosa (capa Stern). Por ende, una manera práctica de medir el avance del estado de agregación de los sistemas coloidales y de las sustancias defloculantes en soluciones acuosas de manera indirecta, es por medio de la medición del potencial de reducción y oxidación ( $E_h$ , por sus siglas en inglés) el cual varía en función del pH del medio acuoso y es afectado por las reacciones de oxidación y reducción (redox) (M. del Álamo y col., 2006; Palmqvist y col., 2006; Salinas y col., 2011).

Para muchos minerales arcillosos y taninos en suspensión coloidal, los iones determinantes del potencial son los iones hidronio ( $H^+$ ) e hidroxilos ( $OH^-$ ). Como la carga superficial del coloide o partícula no se puede medir directamente, se determina la diferencia de potencial entre la superficie del coloide y la solución, lo que se denomina potencial superficial ( $E$ ). Este potencial ( $E$ ) es afectado por las reacciones redox que puedan ocurrir en el sistema. Dado que las concentraciones relativas de las especies oxidadas y reducidas afectan el potencial superficial, a estas especies al igual que los iones hidronio e hidroxilo se les denomina especies iónicas determinantes del potencial de la suspensión arcillosa. Esto significa que la carga superficial de las partículas de arcilla variará con el pH, por lo tanto, se tendrá una carga positiva a pH bajos (especies oxidadas) y una carga negativa a pH altos (especies reducidas). Por consiguiente, el pH donde la carga superficial sea neutra, se le denomina punto de carga cero (Atkins y col., 2006).

El  $E_h$  es una medida de la capacidad de transferir electrones ya sea por oxidación o reducción e indica la actividad de los electrones de manera colectiva y puede involucrar a varias especies iónicas que contribuyan a la transferencia de electrones en las reacciones redox. Esta capacidad viene expresada por la ecuación de Nernst (Ecuación 2) (Rabinowitz, 1985).

$$E_h = E^\circ - (RT/nF) \ln[Red]^b [Oxd]^a \quad (2)$$

Dónde

$Eh$ : es el valor del potencial redox de la reacción.

$E^\circ$ : es el valor del potencial estándar particular para cada media reacción y tiene un valor constante que no es afectado por la relación  $A_{\text{oxd}}/A_{\text{red}}$ , ni por la temperatura.

$RT/nF$ : es el número de Nernst.

$[\text{Red}]^b/[\text{Oxd}]^a$ : Concentraciones del oxidante y reductor.

Ahora bien, esta medida de la capacidad de transferir electrones, dada por el potencial  $Eh$ , puede relacionarse electroquímicamente con el efecto que ocasionan las especies oxidadas y reducidas sobre el espesor de la doble capa eléctrica y está sobre el estado de agregación de las partículas coloidales. En su ensayo, Yamamoto (2008), plantea una relación electroquímica tomando en consideración la ecuación de Nernst y la teoría Butler-Volmer. Yamamoto, asume que la reacción redox ( $\text{Oxd}^Z + ne^- \leftrightarrow \text{Red}^{Z-n}$ ) tiene lugar en el plano de reacción  $Z = Z_2$ . Cuando el efecto de la doble capa eléctrica no es considerado, es decir, la densidad de carga superficial es baja y el plano de reacción no está cerrado al electrodo, el potencial ( $\varphi_2$ ) en el plano de reacción puede ser insignificante y por consiguiente, el potencial es equivalente al potencial ( $\varphi_s$ ) de la solución.

$$\varphi_2 \cong \varphi_s = 0 \quad (3)$$

Cuando el potencial externo ( $E = (\varphi_M - \varphi_s)$ ) es aplicado sobre el electrodo, la diferencia de potencial electroquímico ( $\Delta_0$ ) de los reactantes y de los productos, viene a ser:

$$\Delta_0 = ZF\varphi_s - nF\varphi_M - (Z-n)F\varphi_s = -nF(\varphi_M - \varphi_s) = -nFE \quad (4)$$

Donde  $F$  es la constante de Faraday,  $\varphi_M$  es el potencial en el electrodo y  $E$  es el potencial del electrodo. En la teoría Butler-Volmer, la diferencia de potencial electroquímico ( $\Delta_0$ ) contribuye a la disminución de la barrera de energía de activación de la reacción ( $\text{Oxd}^Z + ne^- \leftrightarrow \text{Red}^{Z-n}$ ) por  $\alpha\Delta_0$  a partir de  $\Delta G_f$  cuando  $E = 0$  y  $\Delta_0$  contribuye al incremento de la barrera de la reacción de oxidación con  $(1-\alpha)\Delta_0$ .

Si la interfase del electrodo está fuertemente electrificada, el potencial en el plano de reacción es insignificante y la tasa de reacción cambiará (véase Figura 1). Si simplificamos la ecuación (4) al sustituir  $\varphi_2$  por  $\varphi_s$ , con  $\varphi_2 \neq \varphi_s$  en la teoría de la tasa de reacción de Butler-Volmer y tomamos en consideración la cinética, tenemos:

$$\Delta = \Delta_0 = ZF\varphi_2 - nF\varphi_M - (Z-n)F\varphi_2 = -nF(\varphi_M - \varphi_2) = -nF(E - \varphi_2) \quad (5)$$

Consideraciones cinéticas:

Las barreras de energía de activación de las reacciones de reducción (desplazada hacia la derecha) ( $\Delta G_d^{\text{Red}}$ ) y las de oxidación (hacia la izquierda) ( $\Delta G_i^{\text{Oxd}}$ ), vienen dadas por:

$$\Delta G_d^{\text{Red}} = \Delta G_d - \alpha\Delta = \Delta G_d + nF\alpha(E - \varphi_2) \quad (6)$$

$$\Delta G_i^{\text{Oxd}} = \Delta G_i - \Delta G_d = \Delta + \Delta G_d^{\text{Red}} = \Delta G_i - nF(1 - \alpha)(E - \varphi_2) \quad (7)$$

Donde  $\Delta G_d$  y  $\Delta G_i$  son las barreras de energía de activación para las reacciones de reducción y oxidación cuando  $\Delta = 0$ . De modo que, la intensidad de corriente para la reacción que se desplaza a la derecha (reducción) ( $I_d$ ) es:

$$I_d = -nFA(KT/\ln)\exp[\Delta G_d^{\text{Red}}/RT][\text{Oxd}]Z_2 \quad (8)$$

Donde  $A$ , es el área del electrodo,  $k$  la constante de Boltzman,  $h$  la constante de Plank,  $R$  la constante de los gases,  $T$  es la temperatura y  $[\text{Oxd}]Z_2$ , es la concentración de la especie oxidada en el plano de reacción  $z = z_2$ . En una condición de equilibrio, la concentración de la especie oxidada sería:

$$[\text{Oxd}]Z_2 = [\text{Oxd}]^\circ \exp(-ZF\varphi_2/RT) \quad (9)$$

Donde,  $[\text{Oxd}]^\circ$  es la concentración de la especie oxidada en la solución y la constante de Boltzman para la especie oxidada vendría dada por deducción de las ecuaciones anteriores por:

$$K_d^\circ = (kT/h)\exp[-\Delta G_d/RT] \quad (10)$$

De igual forma se deduce para la concentración de la especie reducida, tenemos:

$$I_i = nFAK_i^\circ \exp[(\alpha n - Z)F\varphi_2/RT]\exp[(1 - \alpha)nFE/RT][\text{Red}]^\circ \quad (11)$$

Donde,  $K_i^\circ \cong (kT/h)\exp[-\Delta G_i/RT]$  y  $[\text{Red}]^\circ$  es la concentración de la especie reducida en la solución. Por consiguiente,  $I_i$  será igual a:

$$I_i = (1 - \alpha)nFE + (kn - Z)F\varphi_2 \quad (12)$$

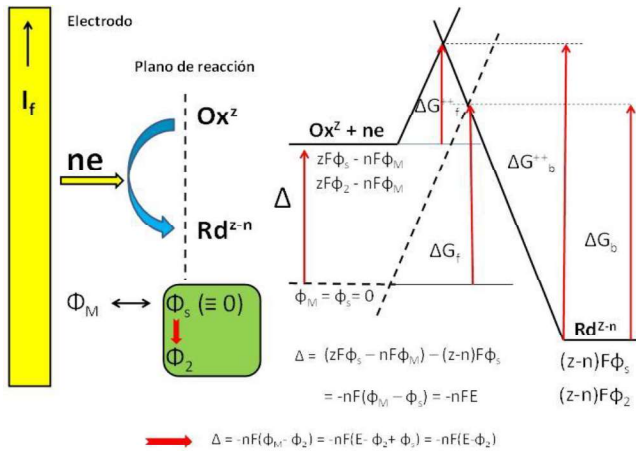
En condiciones de equilibrio,  $I_d + I_i = 0$  y el potencial ( $E$ ) es igual al potencial en el equilibrio, es decir:  $E = E_{\text{eq}}$

$$E_{\text{eq}} = E^\circ + (RT/nF)\ln([\text{Oxd}]^\circ/[\text{Red}]^\circ) \quad (13)$$

Por lo tanto, cualquier variación de la energía potencial causada por reacciones entre las especies oxidadas y reducidas, tendrá un efecto directo sobre la doble capa eléctrica y por consiguiente reflejará el cambio físico de estado de las partículas de arcilla, medido con los parámetros reológicos tales como: lecturas reológicas, viscosidad plástica, punto cedente y esfuerzo de gel.

En la práctica, por cuestiones de diseño, todos los electrodos pH/Eh son calibrados para dar una señal a pH neutro (pH = 7), es decir, un valor  $Eh$  de 0 mV. Los valores

de  $pH < 7$  tendrán valores positivos de  $Eh$  y valores  $pH > 7$  le corresponderán valores negativos de  $Eh$ . Los valores de  $Eh$  son independientes de la acidez o alcalinidad de la disolución y sólo son dependientes de los agentes oxidantes o reductores, por consiguiente se puede considerar que el  $Eh$  es una medida directa de los electrones en tránsito durante las reacciones redox, es decir el potencial  $Eh$  es una “fotografía instantánea” del estado redox de las parejas oxidantes y reductoras en ese instante de la medición. En condiciones oxidativas, el electrodo  $pH/Eh$  mide la pérdida de electrones desde el electrodo hacia la disolución, creando un potencial positivo; en cambio en un ambiente reductor, los electrones son donados desde la disolución hacia el electrodo generando un potencial negativo.



Fuente: Yamamoto (2008).

Fig.1. Diagrama de energía de las reacciones redox en el plano de reacción  $Z = Z_2$ .

En esta investigación y tomando en consideración el efecto de las especies redox en el grosor de la doble capa eléctrica, se utilizará el potencial  $Eh$  como un indicador indirecto del estado de agregación de las partículas coloidales de arcilla en el seno del fluido de perforación, por medio de los cambios en los estados de oxidación-reducción que experimenta el fluido al reaccionar las partículas de arcilla con el contaminante (Yeso o  $CaSO_4$ ) y los polvos tánicos dividive y comercial respectivamente.

El seguimiento de los estados, floculado y defloculado del fluido de perforación se hará mediante la representación gráfica de los potenciales redox ( $Eh$ ) de los fluidos, tanto contaminados con yeso como tratados con taninos dividive y comercial, en función de las concentraciones de los mismos.

## 2 Parte Experimental

### 2.1 Materiales y equipos

Bentonita grado API, NaOH p.a marca Merck, yeso grado técnico, Barita grado técnico y polvos tánicos de dividive y comercial. Los equipos utilizados en la preparación de los fluidos de perforación se hallan señalados en las normas API 13B-1 2003 e ISO 10414-1:2008.

### 2.2 Formulaciones de los fluidos de perforación base agua

En la Tabla 1, se muestra la formulación de fluido base agua sin yeso y sin polvos tánicos (Aditivos defloculantes), denominada FBase. Las concentraciones máximas a emplear de yeso y polvos tánicos serán de 2,0 lb/barril respectivamente.

Tabla 1. Formulación de fluido base.

Componentes	UN	FBase
Agua	mL	150
Bentonita Prehidratada(*)	lb	200,0
NaOH (Ajuste a pH= 9,5)	pH	9,5
Yeso ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )	lb	0,0
Polvo tánico dividive	lb	0,0
Polvo tánico comercial	lb	0,0
Barita ( $D_T = 10$ lb/gal)	lb	55,0

(\*) Factor: 0,1 g bentonita seca/g bentonita pre-hidratada.

Este fluido (FBase), representa el estado dispersado inicial. Se mide el  $Eh/pH$  inicial y luego se le va ir agregando cuantitativamente y mezclando yeso como agente floculante de las arcillas a este fluido base y midiéndose simultáneamente el  $Eh$  y  $pH$  en cada adición de yeso, hasta completar las 2,0 lb yeso/barril. Con los valores de  $Eh$  obtenidos para este fluido base sin aditivo defloculante para cada dosis de yeso agregada al fluido, se grafica la curva potenciométrica  $Eh$  vs. Cantidad de yeso agregada (lb/barril). Lo cual representará los dos estados de asociación de las arcillas en el seno del fluido: estado inicial dispersado “defloculado” y estado floculado. Luego, se procede a medir  $pH/Eh$  a dos réplicas del FBase contaminado con 2,0 lb/barril, pero tratadas con dosis sucesivas e incrementales de cada uno de los aditivos defloculantes (povos tánicos). De igual manera se procede con los valores de  $Eh$  obtenidos para estos fluidos. De igual forma, se elaboran las tablas correspondientes con los valores del potencial redox obtenidos para cada dosis sucesiva de taninos dividive y comercial respectivamente. Posteriormente, se procede a superponer cada una de las gráficas elaboradas observando que tengan la misma escala en cada uno de los ejes cartesianos. Esta composición gráfica, facilitará la observación de la intersección entre las curvas potenciométricas de cada uno de los taninos con la curva base potenciométrica del FBase contaminado con yeso en su punto de inflexión (línea de defloculación) y por ende ayudará al entendimiento de los mecanismos de acción

de los taninos en el seno de los fluidos. Una vez que ambas curvas potenciométricas de los taninos intersecten y sobrepasen la curva base, el FBase contaminado se hallará en un estado defloculado o parcialmente defloculado, dependiendo de los valores reológicos.

### 3 Resultados y Discusión

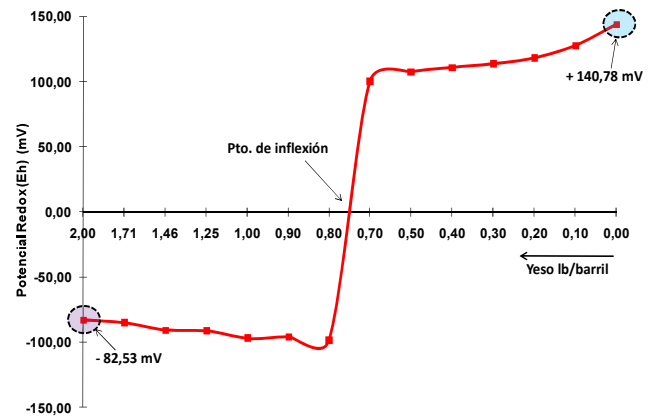
#### 3.1 Comportamiento del potencial redox ( $Eh$ ) de la formulación del fluido base en los estados floculado y defloculado antes y después del tratamiento con los polvos tánicos de dividive y comercial.

Las sustancias tánicas o polifenólicas se caracterizan por tener grupos funcionales capaces de aceptar cargas negativas, comportarse como antioxidantes, presentar astringencia y precipitar las proteínas (Hillis 1989; Anandhi y col., 2013; Gülcin y col., 2010). Estas propiedades se acentúan cuando estas sustancias tánicas contienen altos porcentajes de taninos hidrosolubles (Pizzi y col., 1978; Sowunmi y col., 1996; Hon y col., 2001). En solución alcalina los grupos ROH de los taninos hidrosolubles se ionizan, solvatando los grupos  $OR^-$  y proporcionando de esta manera una mayor acidez (Peñarrieta 2015). La acidez de los taninos en medio acuoso ácido o alcalino puede medirse y por ende su potencial oxidación-reducción. El  $Eh$  es una medida directa de los electrones en tránsito durante las reacciones de oxidación-reducción. Por consiguiente, la pérdida de electrones se manifiesta a través del electrodo como un potencial positivo ( $Eh^+$ ) y la ganancia de electrones por medio de un potencial negativo ( $Eh^-$ ). Yamamoto (2008), estudió la relación electroquímica existente entre las especies oxidadas y reducidas en solución y su efecto sobre el grosor de la doble capa eléctrica.

De acuerdo a los resultados, el tanino dividive tiende a mejorar la eficiencia defloculante con el envejecimiento térmico del fluido de perforación. El envejecimiento térmico permite a las sustancias inorgánicas y orgánicas solubles en medio acuoso incrementar la tasa de dispersión y solubilización, por lo tanto al tener el dividive un alto porcentaje de taninos hidrosolubles (64 %) (Pérez-Cisneros y col., 2017) habrá una mayor participación de grupos fenólicos hidrolizados para la neutralización de las cargas y promover la separación de las partículas de arcillas. La disminución más acentuada del pH en las formulaciones de los fluidos tratadas con tanino dividive después del envejecimiento, confirma la presencia de sustancias ácidas solubles aportantes de iones hidronio ( $H_3O^+$ ) provenientes primordialmente de los taninos hidrosolubles.

Se muestra en la Figura (2), el comportamiento del fluido base contaminado con yeso hasta 2,0 lb/barril por medio de la medición del  $Eh$ . La etapa inicial de la curva representa el estado de asociación inicial de las partículas de arcilla en el seno del fluido base que no contiene yeso ni polvos tánicos y se localiza gráficamente a la derecha y en el extremo superior de la curva, con un  $Eh$  promedio igual a +140,78

mV. Este punto representa el estado dispersado o “defloculado” del fluido base y por lo tanto, a medida que se va incrementando sucesivamente la dosis de yeso, el fluido se va alejando de este estado dispersado hacia un estado floculado que pasa por un punto de inflexión de carga cero hacia valores de  $Eh$  negativos donde el fluido no fluye debido a la formación de floculos arcillosos altamente agrupados. Este punto representa el estado floculado del fluido base y se encuentra gráficamente a la izquierda y en el extremo inferior de la curva potenciométrica, con un  $Eh$  promedio igual a -82,53 mV.



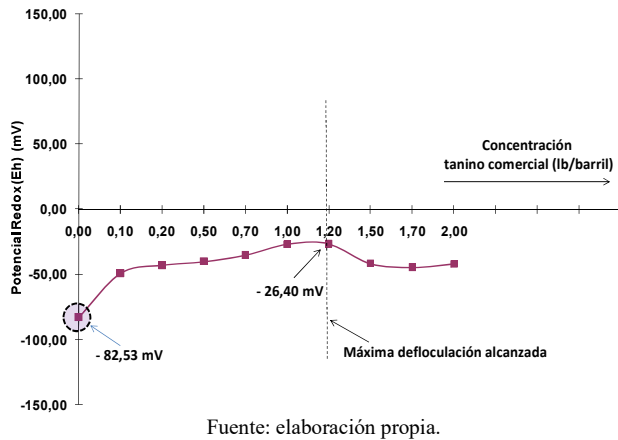
Fuente: elaboración propia.

Fig.2. Comportamiento del fluido base contaminado con yeso hasta 2,0 lb/barril por medio de la medición del potencial  $Eh$ .

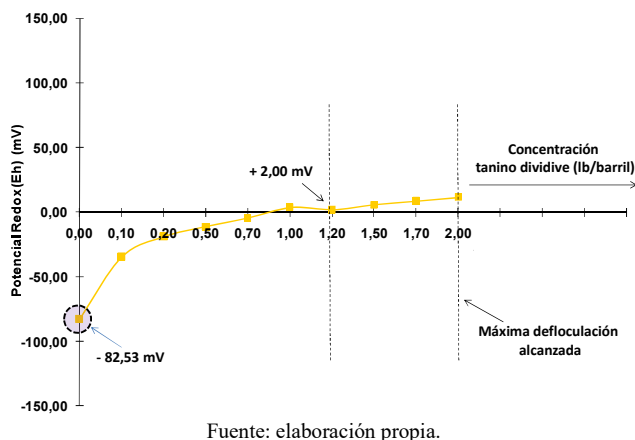
Al encontrarse el estado floculado del fluido base con yeso a  $Eh$  negativos, es indicativo que el fluido se encuentra en un ambiente reductor. En otras palabras, para que el fluido pueda alcanzar un estado defloculado debe pasar de un ambiente reductor a uno más oxidante, con potenciales  $Eh$  positivos o menos negativos. Este ambiente más oxidante se puede alcanzar utilizando aditivos defloculantes que actúen en la superficie de las partículas de arcilla cargadas negativamente, como lo hacen los lignosulfonatos y los taninos. Se exhibe en la Figura (3), el comportamiento del fluido base contaminado con yeso y tratado con polvo tánico comercial “tanino modificado químicamente”, extraído del quebracho (*Scinopsis balansae*) por medio de la medición del  $Eh$ . La etapa inicial de la curva, representa el estado de asociación inicial de las partículas de arcilla, estado floculado, en el seno del fluido base que contiene yeso y se localiza gráficamente a la izquierda y en el extremo inferior de la curva, con un  $Eh$  promedio igual a -82,53 mV. En este estado inicial, se va agregando el tanino comercial sucesivo e incrementalmente al fluido hasta alcanzar el potencial  $Eh$  más positivo o menos negativo en la curva potenciométrica, dado por el  $Eh$  igual a -26,40 mV con una concentración de polvo tánico comercial de 1,2 lb/barril.

Se ilustra en la Figura (4), el comportamiento del fluido base contaminado con yeso y tratado con polvo tánico

dividive por medio de la medición del  $Eh$ . La etapa inicial de la curva, constituye el estado de asociación inicial de las partículas de arcilla, estado floculado, en el seno del fluido base que contiene yeso y se localiza gráficamente a la izquierda y en el extremo inferior de la curva, con un  $Eh$  promedio igual a  $-82,53$  mV.



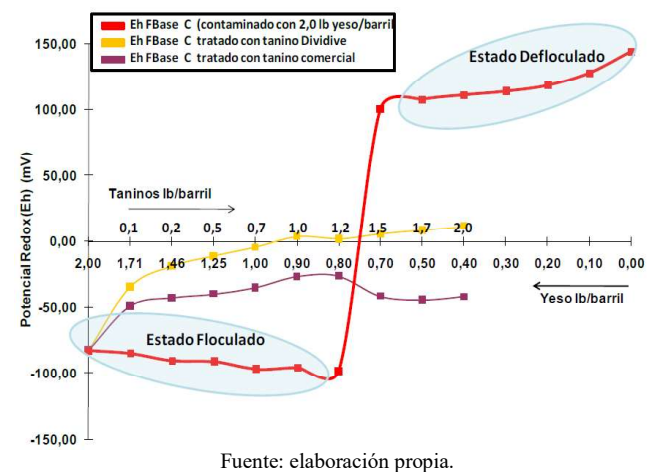
**Fig.3.** Comportamiento del fluido base contaminado con yeso y tratado con polvo tánico comercial por medio de la medición del  $Eh$ .



**Fig.4.** Comportamiento del fluido base contaminado con yeso y tratado con polvo tánico dividive por medio de la medición del  $Eh$ .

En este estado inicial, se va agregando polvo tánico de dividive de manera sucesiva e incremental al fluido hasta alcanzar el potencial  $Eh$  más positivo o menos negativo en la curva potenciometrica. Como puede observarse el fluido contaminado con yeso y tratado con dividive alcanzó valores positivos de  $Eh$  a partir de una concentración de 1,0 lb/barril, alcanzado la máxima defloculación a un potencial  $Eh$  igual a  $+11,93$  mV. Como puede observarse en las curvas potenciometricas de ambos taninos, el estado menos floculado se halla potencialmente muy alejado del estado defloculado “estado dispersado” del fluido base sin contaminación. Por consiguiente, no es necesario anular todas las cargas atractivas en el seno del fluido para

conseguir que el fluido fluya desde la profundidad del hoyo de perforación hacia la superficie, lo que se traduce en ahorro de aditivos. El acondicionamiento final del fluido para llevarlo a su estado dispersado inicial, se realizará por tratamientos físicos y químicos estandarizados. El comportamiento potenciometrico de ambos taninos es similar. No obstante, el polvo tánico de dividive se manifiesta a través de  $Eh$  negativos y positivos, a diferencia del comercial que sólo exhibe potenciales  $Eh$  negativos. Esta característica le permite al polvo tánico de dividive ser más eficiente al reaccionar con la densidad de carga atractiva existente en un determinado instante en el seno del fluido. Se muestra en la Figura (5), la superposición gráfica de las curvas potenciometricas de ambos taninos en la misma escala potenciometrica para visualizar mejor los dos comportamientos. En consecuencia, el polvo tánico de dividive actúa como defloculante a través de potenciales  $Eh^-$  y  $Eh^+$  (negativos y positivos), a diferencia del comercial (tanino modificado químicamente) que trabaja sólo a potenciales  $Eh^-$  (negativos).



**Fig.5.** Comportamiento del fluido base contaminada con yeso y tratado con polvos tánicos de dividive y comercial respectivamente, monitoreado por medio de la medición del potencial  $Eh$ .

#### 4 Conclusiones

El polvo tánico de dividive (*Caesalpinia coriaria*) actúa como defloculante a través de potenciales  $Eh^-$  y  $Eh^+$  (negativos y positivos), a diferencia del polvo tánico comercial “tanino modificado químicamente”, extraído del quebracho (*Scinopsis balansae*) que trabaja sólo a potenciales  $Eh^-$  (negativos). Esta característica le permite al tanino dividive ser más eficiente al reaccionar con la densidad de carga atractiva existente en un determinado instante en el seno del fluido.

#### Conflicto de intereses:


El autor declara que no hay conflicto de intereses.

## Referencias

- Anandhi, D., & Revathi, K. (2013). Phytochemical analysis of *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Wild. *Int. J. Bioscience Res*, 2(1), 1-7. [https://scholar.google.co.in/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=mFEOGjsAAAAJ&citation\\_for\\_view=mFEOGjsAAAAJ:u-x6o8ySG0sC](https://scholar.google.co.in/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=mFEOGjsAAAAJ&citation_for_view=mFEOGjsAAAAJ:u-x6o8ySG0sC).
- API 13B-1. (2009). Recommended Practice for field testing water-based drilling fluids. 3th Ed. [http://www.chinajorson.cn/indexfile/upload\\_c28ad669455b32706a19472d60cafa5a](http://www.chinajorson.cn/indexfile/upload_c28ad669455b32706a19472d60cafa5a).
- Atkins, P. and De Paula, J. (2006). *Química física*. 8a Edición. Editorial Médica Panamericana, S.A. Madrid, España. <https://www.rachidscience.com/2020/11/libroquimica-fisica-peter-atkins-8va>.
- Engelmann, W. H., Terichow, O., & Selim, A. A. (1967). Zeta Potential and Pendulum Sclerometer Studies of Granite in a Solution Environment (Vol. 7048). US Department of the Interior, Bureau of Mines. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=J4JXTD8x0tgC&oi=fnd&pg=PP5&dq=Engelmann>.
- Gülçin, İ., Huyut, Z., Elmastaş, M., & Aboul-Enein, H. Y. (2010). Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian Journal of Chemistry*, 3(1), 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.arabic.2009.12.008>.
- Hillis, W. E. (1989). Historical uses of extractives and exudates. In *Natural products of woody plants* (pp. 1-13). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-74075-6\\_1](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-74075-6_1).
- Hon, D.M., & Shiraiishi, N. (Eds)(2001). *Wood and cellulosic chemistry*, 2th ed. New York, 859. <https://doi.org/10.1021/ja015237p>.
- ISO 10414-1. (2008). Petroleum and natural gas industries field testing of drilling fluids. Part 1: water-based fluids. 2th. Ed. <https://www.iso.org/standard/41939.html>.
- M. del Álamo, Nevares, I., Cárcel, L. M. (2006). Redox potential evolution during red wine aging in alternative systems. *Analytica Chimica Acta* 563, 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.017>.
- Palmqvist, L., Lyckfeldt, O., Carlström, E., Davoust, P., Kauppi, A., Holmberg, K. (2006). Dispersion mechanisms in aqueous alumina suspensions at high solids loadings. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 274, 100-109. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2005.08.039>.
- Peñarrieta, M. (2015). PHENOLIC COMPOUNDS IN FOOD. *Revista Boliviana de Química*, 31(2).
- Pérez, M. A., Rengifo, R., Pereira, C., & Hernández, V. (2017). Divi-divi tannins: an ecological product for water-based drilling fluids. *Environment, Development and Sustainability*, 19(5), 1815-1829. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9829-0>.
- Pizzi, A., & Scharfetter, H. O. (1978). The chemistry and development of tannin-based adhesives for exterior plywood. *Journal of Applied polymer science*, Vol. 22, 1745-1761. <https://doi.org/10.1002/app.1978.070220623>.
- Rabinowitz, B. (1985). *The Role of Specific Substrate in Excess Biological Phos-phorus Removal*. Ph.D Thesis. The University of British Columbia. <https://open.library.ubc.ca/>
- Salinas, M., & Edivar, N. (2011). *¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos*. Propuesta Metodológica (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia). <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/19984>.
- Sowunmi, S., Ebewe, o., Conner, A.H., & River, B.H. (1996). Fortified mangrove tannin-based plywood adhesive. *Journal of Applied polymer science*, Vol. 62, 577-584. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19961017\)62:3<577::AID-APP15>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19961017)62:3<577::AID-APP15>3.0.CO;2-W).
- Yamamoto, M. (2008). Electric double layer effect (EDL) for the redox species in solution. [http://www.chem.konanu.ac.jp/PCSI/web\\_material/EDL](http://www.chem.konanu.ac.jp/PCSI/web_material/EDL).

**Recibido:** 04 de agosto de 2022

**Aceptado:** 16 de noviembre de 2022

**Pérez Cisneros, Miguel Angel:** Doctor en ciencias de la ingeniería (UCV). Maestría en ingeniería ambiental (UCAB). Especialista I&D avanzado en el Intevap S.A., con 35 años de experiencia. perezcisnerosmiguela@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0003-3839-3332>.

