

EVALUACIÓN DE FRAC-HITS Y SU IMPACTO EN LOMA CAMPANA, CUENCA NEUQUINA, ARGENTINA

Mariana Mamani¹, Amalia Rosemblat¹, María Fernanda Álvarez Castillo¹

1: YPF S.A. mariana.mamani@ypf.com, amalia.rosemblat@ypf.com, maria.f.alvarez@pas.ypf.com

Palabras clave: *frac-hits*, padre-hijo, interacciones, intensidad, productividad

ABSTRACT

The objective of this study is to identify the frac-hit variables that influence the parent and child well productivity in Vaca Muerta field, as well as to share workflows and evaluation of Fracture Driven Interaction (FDI) observed in the fast-paced Loma Campana development project.

This analysis was performed based on the frac-hits recorded during the stimulation of 18 PADs of Loma Campana, which included 107 parents and 80 child wells. The FDI interpretation consisted of analyzing the reservoir interactions (pressure communication) between parent and child wells, during child-well stimulation while parent-well were temporarily shut down. As a first step, we classified wells as being either parent or child based on the type of interaction. Secondly, we characterized frac-hits one-by-one to understand the parent-child interactions and to improve the understanding of the parent-child effect. The biggest challenge of this study was to identify the variables that have the highest impact on frac-hits, and therefore on parent-child effect and in well productivity, due to the lack of reliable simulation software capable of capturing the complex physical interactions in unconventional plays. The work presented on this study aims to improve parent-child characterization to mitigate the child production loss.

The workflow proved a variable of frac-hits like intensity has a relationship with productivity and efficiency of fracture stage.

INTRODUCCIÓN

El bloque Loma Campana se encuentra ubicado aproximadamente en el centro de la Cuenca Neuquina, a 90 km al NO de la ciudad de Neuquén, con un área de 395 km² y comparte la zona oeste con la localidad de Añelo (Fig. 1). Actualmente es una concesión de explotación No Convencional con la sociedad de YPF S.A. (50 %) y Chevron (50 %).

En la actualidad, el principal horizonte productivo es la Fm. Vaca Muerta como reservorio No Convencional con más de 390 pozos verticales y 285 pozos horizontales. Loma Campana constituye el principal yacimiento No Convencional de la Argentina y se encuentra en desarrollo desde el año 2011.

Por la configuración estratigráfica de la Fm. Vaca Muerta, se pueden reconocer al menos 5 niveles de navegación de pozos horizontales según la zona dentro del bloque, siendo “la cocina”

(Intervalo T1-T2 según Vittore *et al.* 2016) y el “orgánico inferior” (base de T3-T4, Vittore *et al.* 2016) los niveles mayormente perforados con muy buenos resultados a la fecha (Fig. 2), en los cuales nos concentraremos en este trabajo.

El desarrollo del campo está siendo enfocado principalmente en dos niveles estratigráficos con una separación horizontal estándar de 300 m entre pozos de un mismo nivel y 150 m con los pozos del nivel superior (Fig. 2).

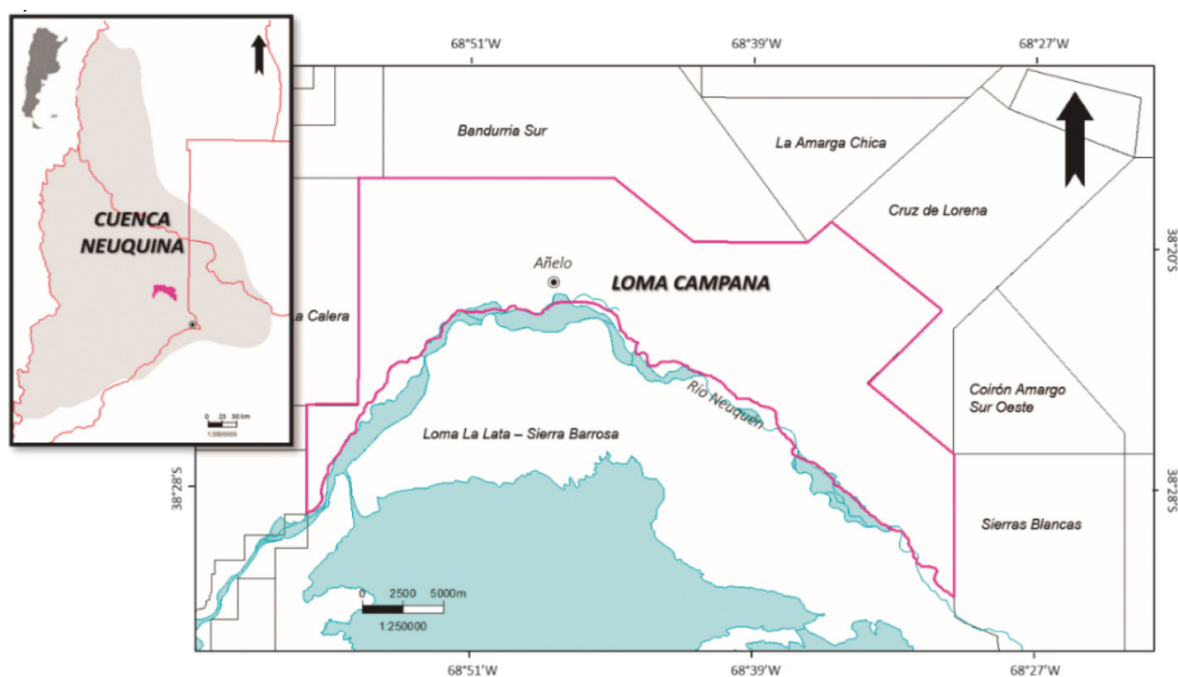


Figura 1. Ubicación del bloque Loma Campana.

Los campos en explotación con objetivo Fm. Vaca Muerta, evolucionan desde una fase inicial de exploración/delineación con unos pocos pozos horizontales aislados, hacia una fase de desarrollo con actividad masiva de pozos horizontales, los cuales requieren exclusivamente fracturamiento hidráulico para ser producidos. Cada pozo horizontal produce y drena un volumen de acuerdo con el diseño de estimulación y reservorio contactado. En esta fase del desarrollo se observa que, al fracturar un pozo nuevo al lado de pozos existentes, este pozo se contacta con el vecino en producción. Las interacciones generan pérdidas de productividad e ineficiencias en las fracturas de los nuevos pozos e impacto en los pozos existentes.

Las interacciones entre pozos son ampliamente conocidas y estudiadas en muchos yacimientos no convencionales de Estados Unidos (Rangriz y Chalaturnyk 2019; Seth 2020), sin embargo, este fenómeno está cobrando mayor importancia en los desarrollos de Vaca Muerta y particularmente en Loma Campana.

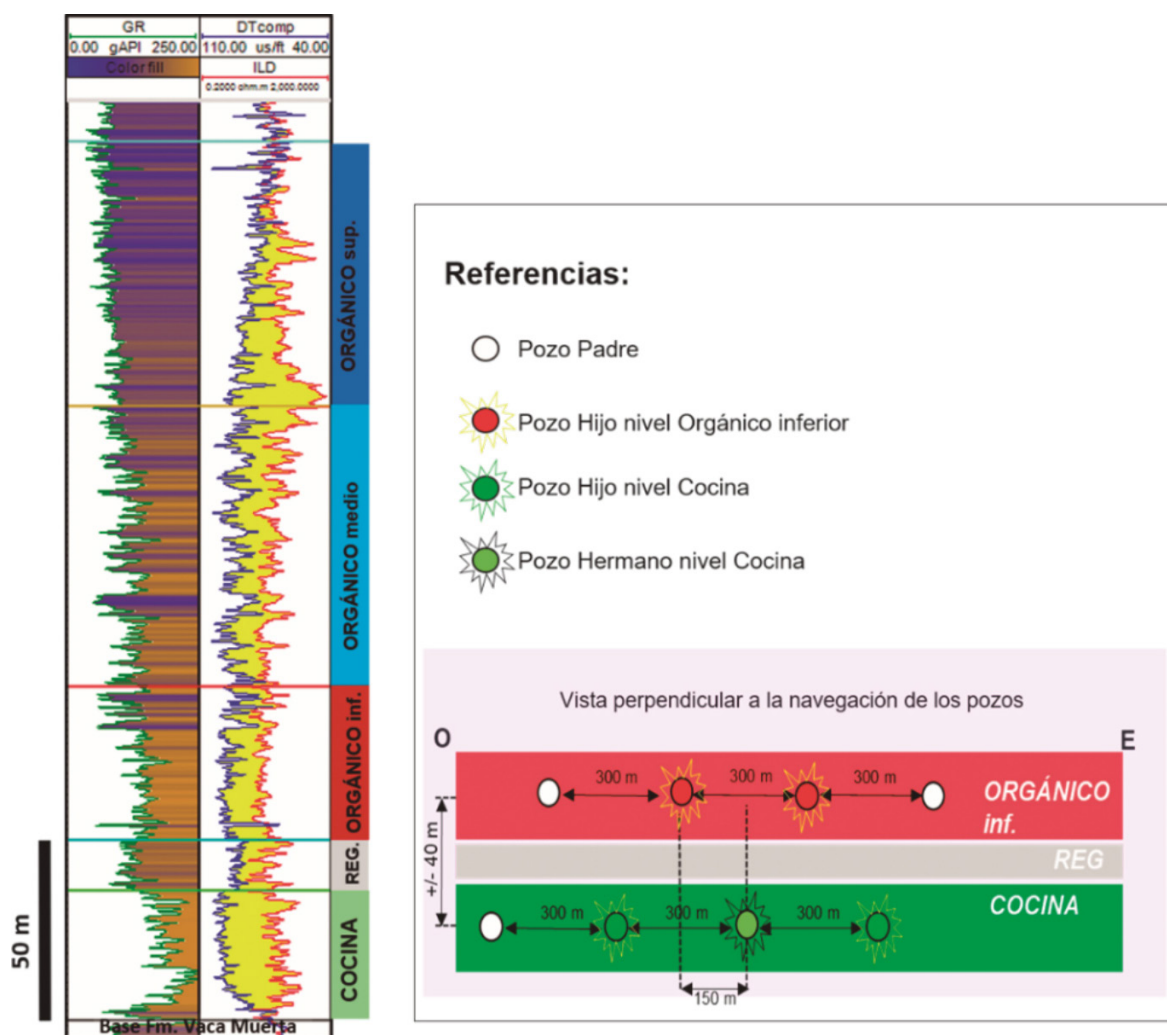


Figura 2. Perfil tipo de la Fm. Vaca Muerta para el área de Loma Campana y los principales niveles geológicos en desarrollo. A la derecha, se observa esquemáticamente el posicionamiento de los pozos horizontales por nivel y los distanciamientos estándares.

El presente trabajo intenta mostrar las particularidades de este fenómeno a través de análisis de presiones de pozos en el Yacimiento Loma Campana, caracterizando sus variables de diagnóstico y presentando una propuesta de metodología de análisis. Además, se pone en relevancia su relación con el fenómeno padre-hijo “*parent-child*”, intentando destacar la importancia de la identificación y seguimiento de las interacciones “*frac-bits*” para contribuir con la eficiencia de desarrollo de los campos. En este trabajo no se incluye un estudio de las variaciones en la geomecánica asociada a la depleción de los pozos padres o conclusiones de la influencia de la misma en el fenómeno de *parent-child*.

METODOLOGÍA

Definiciones

Inicialmente, para poder entender el fenómeno padre-hijo (más conocido en la bibliografía por sus términos en inglés *parent-child*) y las interacciones entre pozos horizontales en reservorios shale durante la etapa de fractura de pozos nuevos, se deben definir los siguientes términos: pozo padre, pozo hijo e interacciones (o *frac-hits* como comúnmente se conocen, las interacciones también se conocen como FDI “*Fracture Driven Interactions*” según Ali Daneshi), y qué tipo de estas se analizaron y relacionaron para estudiar el fenómeno.

Pozo Hijo: es todo aquel pozo nuevo que interactúa con los pozos existentes incrementando la presión en ellos durante su etapa de fractura.

Pozo Hermano: es aquel que se ubica al lado del pozo hijo, en el PAD nuevo que se encuentra fracturando y es fracturado al mismo tiempo que el pozo hijo.

Pozo Padre: es un pozo existente en producción con anterioridad a la terminación del pozo hijo. La identificación de este se realizó a nivel etapa de fractura del pozo hijo y en la Tabla 1 se enumeran las consideraciones que un pozo padre debe cumplir.

	Parámetros definidos para el pozo Padre
1-	El radio de búsqueda es hasta 1100 metros.
2-	El padre debe tener al menos 90 días de producción.
3-	Primer pozo ubicado en frente y que cumpla con un ángulo de 30° en el plano horizontal. (Fig. 3a.)
4-	A mismo nivel perforado se clasifica el pozo como <i>Lateral</i> , a distinto nivel se clasifica como <i>Stagger</i> o <i>Stack</i> si se ubica en un ángulo de 20°. (Fig. 3b)
5-	La distancia medida entre la etapa del pozo padre e hijo es la mínima distancia en 3D entre ellas, la tangente.

Tabla 1. Consideraciones para definir al pozo padre.

Interacciones: también conocidas como *frac-hits* o interacciones causadas por las fracturas “FDI” en la bibliografía (Rangriz y Chalaturnyk 2019), se definen como los incrementos de presión medidos en boca de los pozos identificados como padres que se encuentran cerrados mientras se fracturan los pozos hijos.

Con el fin de analizar las interferencias se monitoreó y midió la presión de boca en los pozos padres durante la terminación de los pozos hijos, los cuales fueron cerrados con anterioridad por seguridad operativa. Otro dato importante que debe ser registrado con precisión es el tiempo de ejecución de cada etapa de fractura en el pozo hijo. Se debe consolidar toda la información

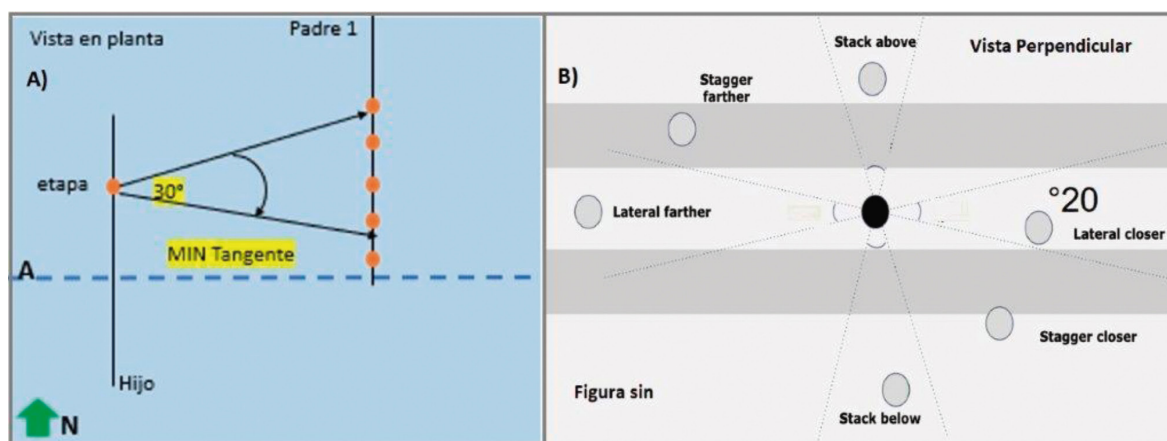


Figura 3. a) Vista en planta de la búsqueda del pozo padre. b) Vista perpendicular de la posición de padres de acuerdo con el nivel navegado y la clasificación en relación con el hijo.

e identificar cuál etapa del pozo hijo provocó cada interferencia. Estos análisis interpretativos comprenden la fase más laboriosa de todo el estudio.

Caracterización del *frac-hit*

Como se mencionó previamente, algunas etapas fracturadas del pozo hijo interactuarán durante su terminación con el pozo padre, a esto se lo define como *frac-hit*, el cual se asocia a un incremento de presión cuando está cerrado. Para poder analizar esta respuesta se busca caracterizar con detalle la curva de presión de boca del pozo padre.

La evaluación de los *frac-hits* se llevó a cabo a través del análisis de un grupo de variables seleccionadas, consideradas de primer orden para el estudio. Las mismas se muestran en la Figura 4 y se describen a continuación.

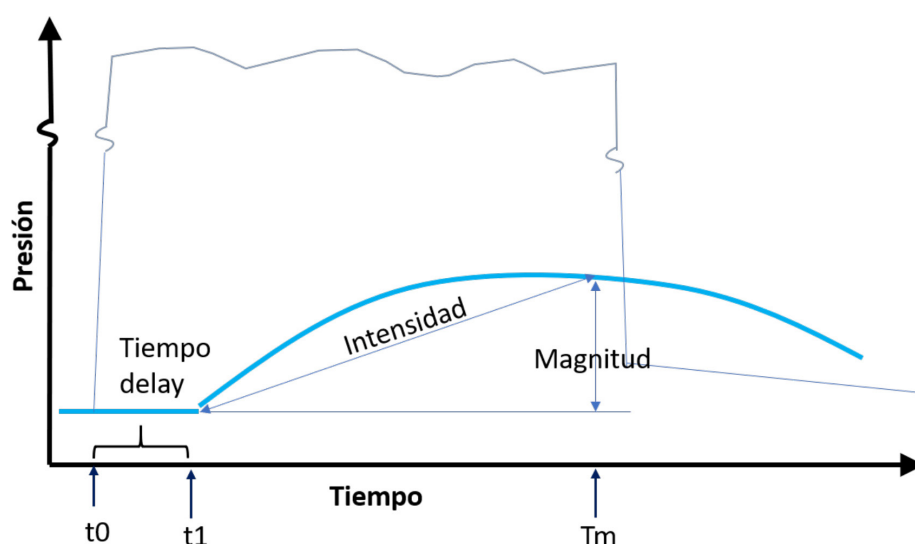


Figura 4. Las variables que describen el *frac-hit*, modificada de Rangriz y Chalaturnyk (2019).

A continuación, se describen las variables que surgen de la caracterización de la curva de presión:

Intensidad ($\text{kg}/\text{cm}^2/\text{min}$): recta entre el punto donde comienza la perturbación de la presión y el máximo de esta curva. Representa una velocidad.

Tiempo de demora “delay” (min): diferencia entre el tiempo de inicio del evento (t_0) y el tiempo en el que comienza la perturbación (t_1)

Magnitud (kg/cm^2): delta de presión entre la presión al inicio del evento y la presión máxima alcanzada durante el *frac-hit*.

Otros datos asociados a cada evento de interacción:

Distancia entre pozo padre e hijo (m): distancia mínima medida en tres dimensiones entre las dos etapas más próximas entre padre e hijo.

Tipo de padre: esta variable determina las relaciones espaciales entre pozos. Indica si corresponde o no al mismo horizonte productivo del pozo hijo: lateral, *stagger* o *stack*. En relación con la proximidad o distanciamiento, puede ser: más cercano (*closer*) o más lejano (*farther*).

HIPÓTESIS DEL FENÓMENO FÍSICO

La explicación física del fenómeno de interacción entre los pozos hijos y los pozos padres, puede ejemplificarse con una curva de presión de pozo padre.

En la Figura 5 se representa la presión del pozo padre luego de las interacciones (post-*frac-hit*), en celeste se grafica la presión de tratamiento de los pozos hijos y en líneas verticales entrecortadas la fecha de inicio de cada etapa ejecutada del grupo de pozos nuevos (Pad) que se está fracturando.

Se identificaron 3 etapas con diferente comportamiento de presión cuando el pozo padre ha sido cerrado por seguridad, previo a la fractura de los pozos hijos:

- **Etapas 1:** recupero de presión mientras ninguna etapa impacta en el padre, realizando una recuperación de presión (*build-up*).
- **Etapas 2:** la presión del pozo padre comienza a incrementar más rápidamente que su recupero esperado o *build-up* normal. En este período se entiende que se produce “el llenado del pozo padre” hasta alcanzar una presión máxima.
- **Etapas 3:** la presión del padre se estabiliza en un máximo de presión, alcanzando el estrés mínimo de la roca, por lo que cada incremento de presión se disipa rápidamente.

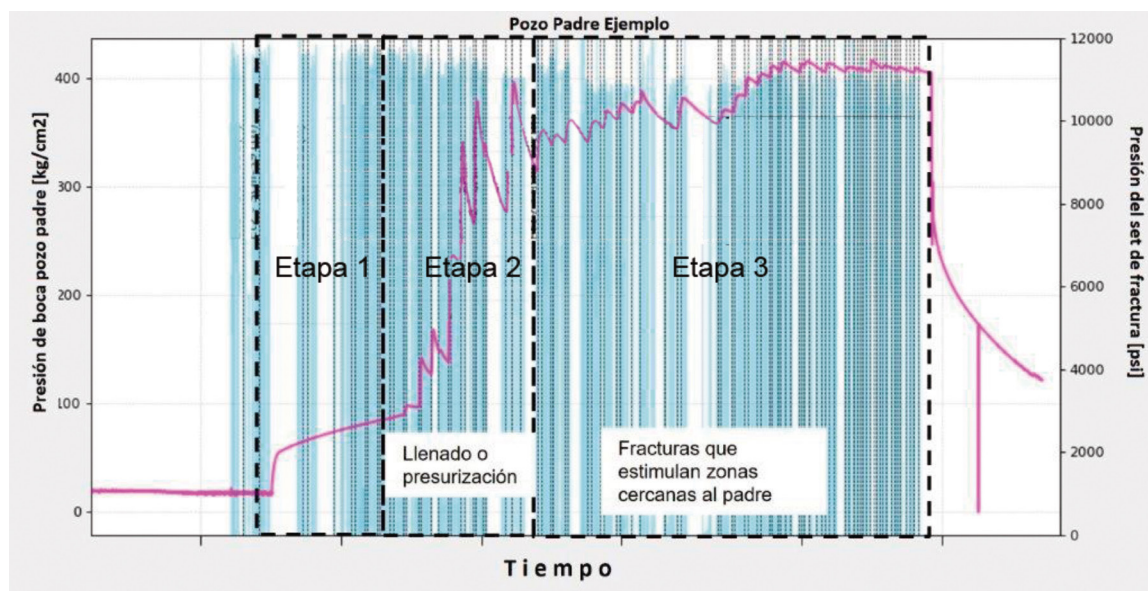


Figura 5. Curva de presión de boca y respuesta del pozo padre a las interacciones del pozo hijo.

Cuando se analizaron las curvas completas de presión de boca post-fractura de los pozos padres, se pudo observar dos tipos de respuestas diferentes en bloque Loma Campana:

1) Respuesta con aumento rápido de presión:

En este tipo de respuestas se puede apreciar un aumento rápido de la presión del padre, con altas intensidades de los *frac-hits* desde el momento en el que ocurre la primera interferencia y durante la etapa 2 hasta iniciar la etapa 3, cuando se estabiliza la curva en un máximo de presión.

En la mayoría de los casos esta respuesta se observó debido a las siguientes razones: comunicación entre pozos padre-hijo que se encuentran al mismo nivel, con distanciamientos menores al espaciamiento estándar del campo y en pozos padres con mayor tiempo de producción, causas que facilitaron la conexión entre ellos. De acuerdo a otros trabajos publicados estas altas intensidades referencian a la existencia de una conexión muy franca de tipo hidráulica con respuestas directas de *frac-hit* (Seth 2020).

En la Figura 6 se muestra el caso de un pozo padre (1) afectado por un aumento rápido de presión. Esta respuesta se adjudica principalmente a la fractura de uno de los pozos hijos que se encuentra a un espaciamiento menor al estándar y posicionado en el mismo nivel productivo. Los pozos hijos correspondientes a diferentes niveles generaron menor impacto. La conexión a diferente nivel con los distanciamientos actuales resultaría despreciable, posiblemente por barreras existentes a diferente nivel de navegación, según lo observado en el conjunto de datos del campo.

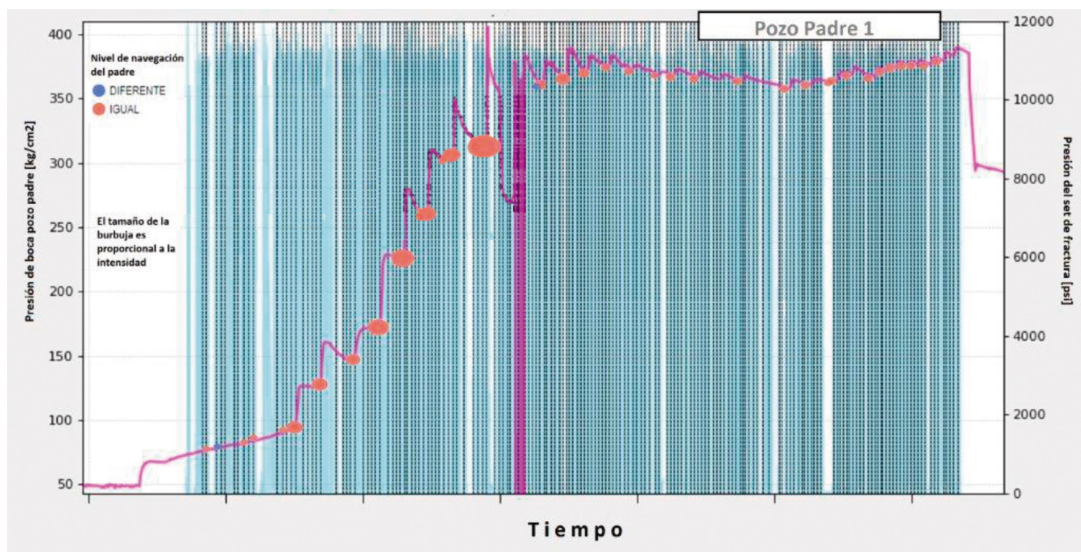


Figura 6. Incremento de presión acelerado del pozo padre.

2) Respuesta con aumento gradual de presión:

En este tipo de respuestas, el incremento de presión es más lento en el tiempo con intensidades un poco más bajas de los *frac-hits* desde el inicio de la etapa 2 hasta el inicio de la etapa 3. Este comportamiento se observó mayormente en pozos padre-hijos con mayores distanciamientos, en configuraciones especiales donde prevalece una mayor cantidad de pozos padres cercanos o con pozos padres no estimulados efectivamente. En pozos padres con este comportamiento es más difícil alcanzar una presión máxima. En estos casos, podría interpretarse que existe una mayor dificultad en realizar una represurización exitosa de los pozos padres, debido a dicho comportamiento.

En la Figura 7 se muestra un ejemplo de respuesta con aumento lento o gradual de presión, interacción entre pozos a diferente nivel y más de un espaciamiento.

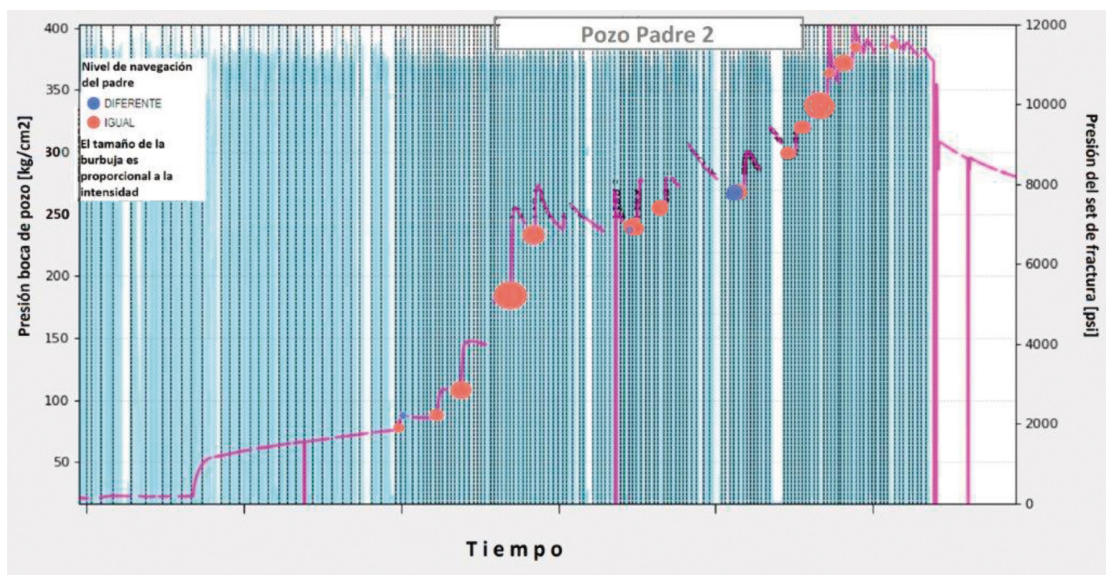


Figura 7. Incremento de presión gradual del pozo padre.

En ambas curvas se observó que los pozos con mayor interacción con el padre son los que se encuentran a un distanciamiento y al mismo nivel, los cuales constataron conexiones hidráulicas. Los pozos a diferente nivel constataron incrementos de presión bajos probablemente ondas de presión.

ANÁLISIS Y RESULTADOS

Las interacciones entre pozos brindan información para un mayor entendimiento de lo que hoy se conoce como efecto *parent-child*. Se sabe que en otros trabajos (Lindsay *et al.* 2018; Esmaili *et al.* 2021; Gupta *et al.* 2020), buscan entender las variables que modifican la pérdida de productividad por la interacción de pozos padre e hijo. Las variables hoy conocidas e identificadas que intervienen en el efecto *parent-child* son: distancia entre pozo padre e hijo, depleción del pozo padre, diseño del padre e hijo, configuración de donde está ubicado el pozo hijo con respecto a los pozos padres y el solape de las ramas horizontales entre pozos.

En este trabajo las variables del efecto *parent-child* que se relacionaron con los *frac-hits*, se resumen a continuación (Fig. 8).

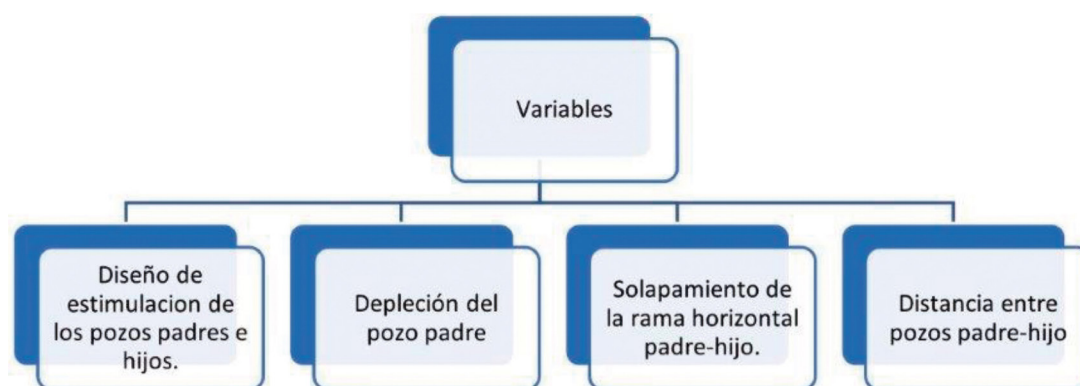


Figura 8. Variables del efecto *parent-child* relacionadas con el *frac-hit*.

Se propusieron varios casos para ejemplificar cómo las variables responden a las interacciones o *frac-hits* registrados en los pozos padres, explicados a continuación:

Diseño de fractura de los pozos hijos

Se identificaron dos Pad de pozos con diferentes diseños de estimulación para comparar el comportamiento de los pozos padres en cada caso. En el Pad 1 se realizó un diseño denominado alta intensidad (HDC – *High Density Completion*) con más punzados por etapa, y en el Pad 2 se realizó un diseño de baja intensidad (STD - *Standard*) con menos punzados por etapa (Fig. 9). El

diseño de alta intensidad (HDC) tiene por objetivo lograr mayor complejidad en la proximidad del pozo generando fracturas más cortas a diferencia de los diseños de baja intensidad (STD) que tenían menos punzados por etapa, por lo que las fracturas crecen más en largo.

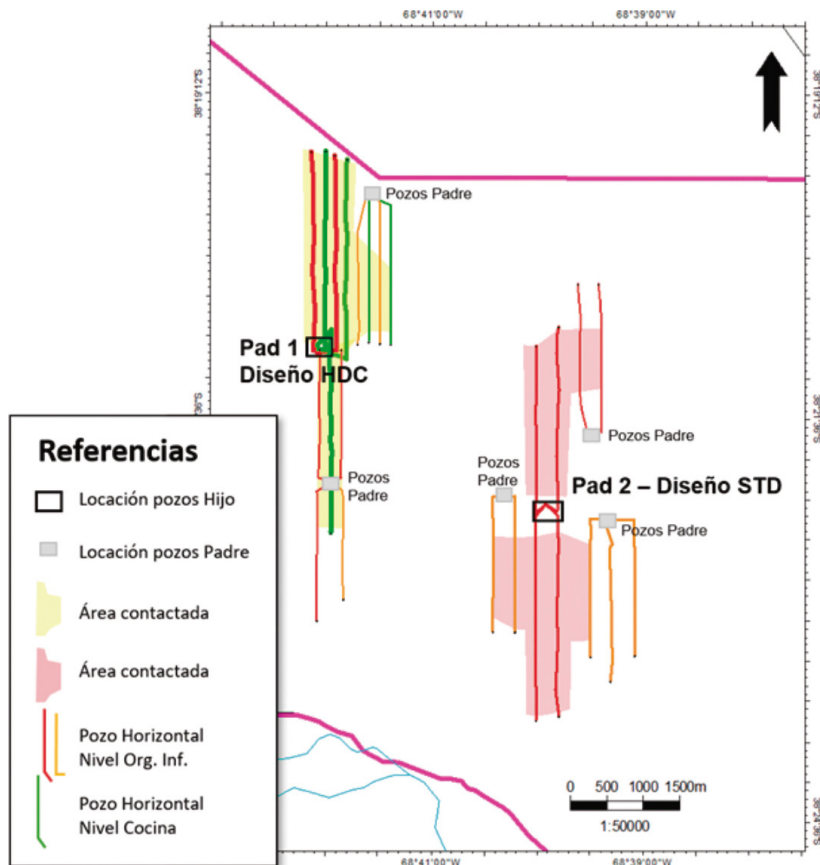


Figura 9. Áreas contactadas por hijos en Pads estimulados con diferentes diseños.

Para ambos diseños de estimulación se observó que las áreas contactadas por algunas de las fracturas alcanzan al menos dos distanciamientos (600 m) de pozos para ambos niveles productivos, Orgánico y Cocina (Fig. 9).

Otra observación es que, en diseños con menor número de punzados por etapa, pozos hermanos interactuaron con los padres a 900 metros, confirmando el mayor crecimiento de la media ala de fractura para los diseños de baja intensidad. Al contrario, en el diseño de alta intensidad, se observó que los pozos hermanos contactaron a un solo padre (Fig. 10).

Para el caso del diseño de alta intensidad se cuenta además con la oportunidad de entender los fenómenos de interacción entre diferentes horizontes geológicos. En muchos casos, los pozos fracturados en la Cocina contactaron a pozos en el Orgánico, pero pozos del Orgánico no contactaron a la Cocina (Fig. 11).

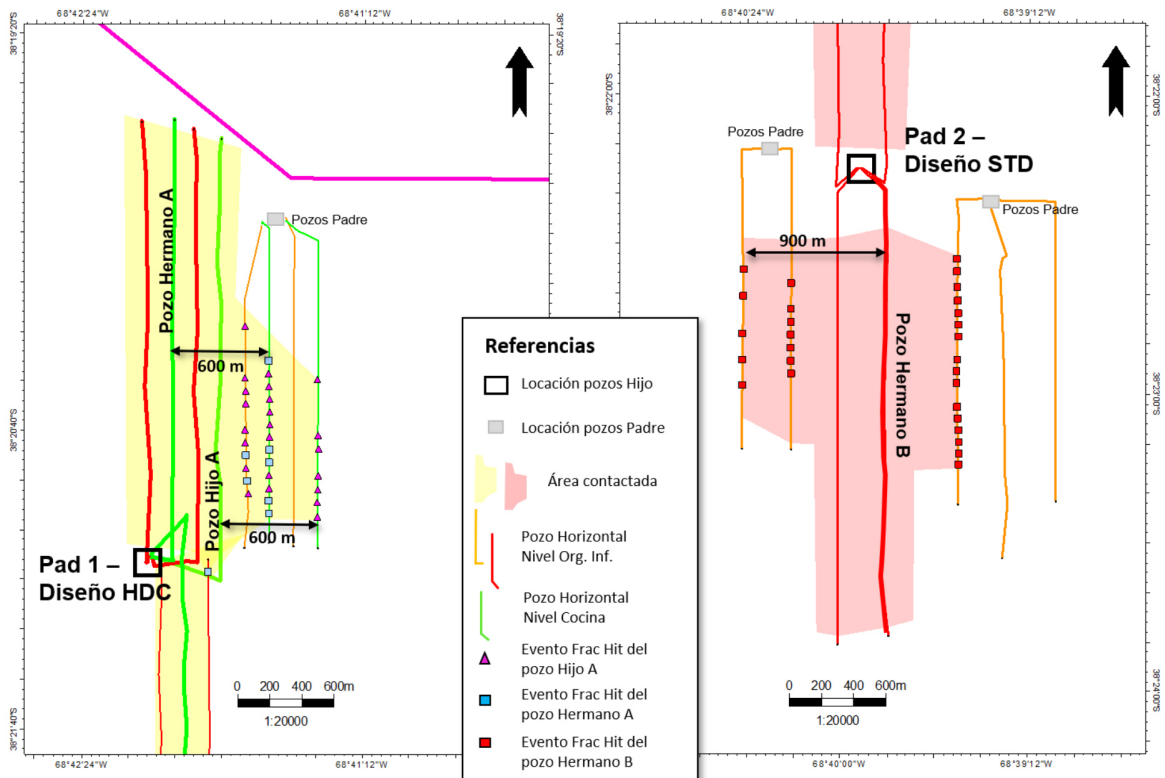


Figura 10. Diferencias entre áreas contactadas por distintos diseños de estimulación según el alcance de los eventos de *frac-hits*. En el mapa de la izquierda, se observa el Pad 1 con diseño HDC donde se observan interferencias hasta 600 metros. En el mapa de la derecha, el Pad 2 con diseño STD las interferencias se detectaron hasta los 900 metros.

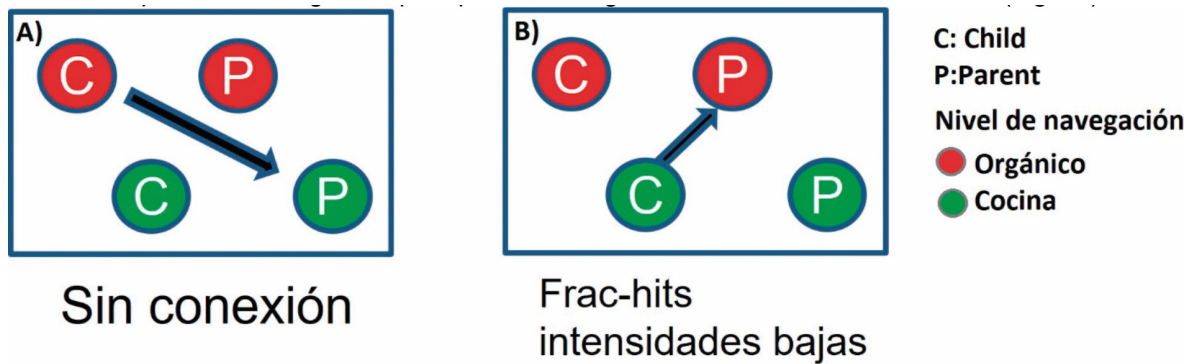


Figura 11. A) sin *frac-hits* de pozos Orgánicos con la Cocina. B) Conexiones débiles de la Cocina con el Orgánico.

Esta observación acompaña el modelo conceptual del crecimiento de fractura, la principal dirección de crecimiento es hacia arriba y menos hacia abajo. Las bajas intensidades de *frac-hits* están asociadas al distanciamiento en planta entre el pozo padre e hijo a diferente nivel de 150 m las cuales están atribuidas a conexiones no hidráulicas u ondas de presión que se consideran no destructivas.

Definición de una nueva variable: Intensidad máxima

De los dos tipos de respuestas identificadas anteriormente (en la hipótesis del fenómeno) en los pozos padres se observó que estaban condicionadas por el nivel de navegación de los pozos padres e hijos, ya que cuando estos se encuentran al mismo nivel existen interacciones hidráulicas con respuestas directas de *frac-hit* y grandes magnitudes de presión, mientras que cuando están en distintos niveles las interacciones son de menores magnitudes (Seth 2020). Además, se concluyó que el distanciamiento entre pozos padre-hijo, la configuración, el tiempo de producción del padre, juegan un papel importante en el tipo de respuesta de presión de los pozos padres. Cuando las intensidades son elevadas se comprobaron conexiones hidráulicas que generan ineficiencias en algunas etapas de fractura del pozo hijo. Debido a esto se buscó una variable que logre caracterizar estas interacciones entre los pozos hijos con los padres.

Se define la intensidad máxima del pozo hijo (Int Max) como la suma de intensidades de cada etapa para todos los padres contactados por cada pozo hijo:

$$Int_{Max} = \sum_i^n Intensidad\ i$$

Esta variable busca cuantificar las etapas que tuvieron mayores intensidades y por lo tanto mayor conexión con el pozo padre generando ineficiencias en la fractura ejecutada en el pozo hijo. Se interpreta que estas etapas en particular podrían presurizar el pozo padre con fluido y no generar un sistema de fracturas en el pozo hijo.

Depleción del Pozo Padre

En este caso se representó la depleción del padre con la variable tiempo de producción de un número discreto de pozos. Para ver el impacto de la variable tiempo de producción del padre, se establecieron criterios de filtrados de datos tales como la distancia entre pozos padres e hijos de 250 a 350 metros, un solapamiento de rama horizontal significativo y pozos padres que alcancen la presión de estabilización máxima. Se estiman las intensidades máximas generadas por un hijo en el padre a analizar. De no alcanzar la presión de estabilización la intensidad máxima depende de la cantidad de etapas compartidas.

En la Figura 12.A, se graficaron las curvas de incremento de presión por *frac-hits* generadas por sus pozos hijos y en la Figura 12.B, se muestra una tendencia de como varía la intensidad máxima para este caso, a mayor tiempo de producción del padre, mayor es la intensidad máxima alcanzada por cada pozo hijo.

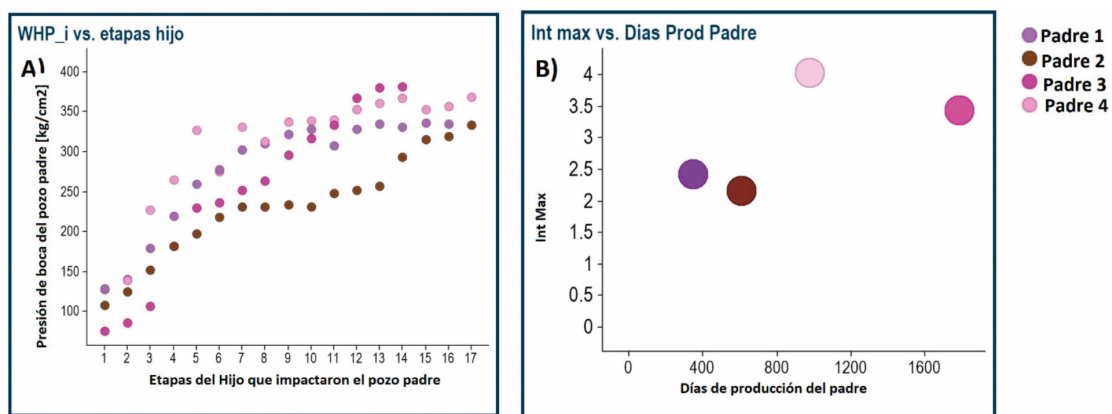


Figura 12. A) curva de presión de boca de los pozos padres. B) Intensidad Máxima vs Tiempo de producción del pozo padre

Solapamiento de ramas entre padre e hijos

Los pozos padres no siempre se encuentran 100% alineados al pozo hijo, eso quiere decir que las longitudes de pozo y zonas de aterrizaje (*landing point*) varían en cada caso de Pad. Por lo tanto, existen casos donde el porcentaje de rama horizontal enfrentada a un pozo padre es menor, como se observó en el ejemplo de los pozos del sur del Pad 2 en la Figura 10 y en la Figura 13.A.

Esta observación no es menor para la interpretación de las curvas de presión de los pozos padres, donde la presurización de este depende de cuántas etapas enfrentadas existan entre pozos padre e hijo. Si las etapas son pocas es probable que no alcance la presión de estabilización de la etapa 3, antes descripta en la hipótesis del fenómeno.

En este caso el solapamiento entre pozos es representado por la cantidad de etapas compartidas entre pozo padre e hijo. En la Figura 13.B se muestra como la intensidad máxima aumenta con el mayor número de etapas compartidas entre pozos, mostrando una clara proporcionalidad entre las mismas. Para obtener esta comparación se normalizaron otras variables tales como: distancia a un rango acotado de 240 a 350 m, pozos padre e hijo a mismo nivel, esto se consigue usando la variable de clasificación del pozo padre, seleccionando cercanía al lateral (*lateral-closer*).

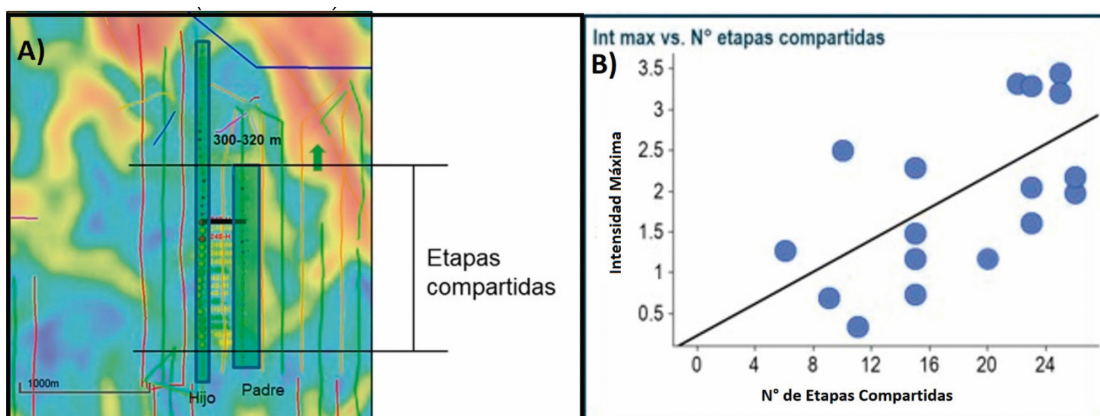


Figura 13. A) Ejemplo de solapamiento de pozo padre e hijo. B) Etapas compartidas padre e hijo vs intensidad máxima del hijo

Distancia Mínima entre pozo padre e hijo

Esta es una de las variables de mayor influencia en el efecto *parent-child* y por lo tanto en la estrategia de desarrollo de los campos a través de la evaluación del espaciamiento de pozos (*well spacing*). Se analizaron las relaciones con las variables del *frac-bits*: intensidad, magnitud y tiempo de demora (*delay*), las que se exponen a continuación.

En la Figura 14, se muestra la correlación entre dichas variables, en el eje de las ordenadas se encuentran las variables de *frac-bits* vs la distancia mínima entre pozos en el eje de las abscisas y el color de los datos discrimina la ocurrencia de la interferencia en relación al horizonte o nivel productivo (igual o distinto).

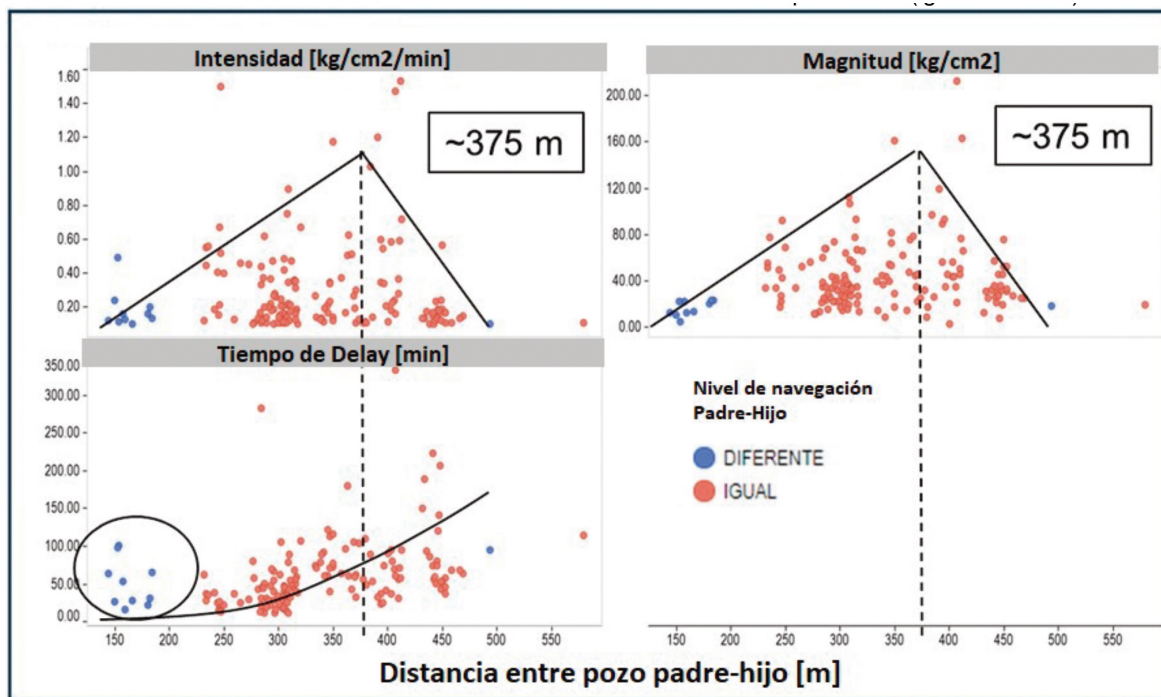


Figura 14. Variables de *frac-bits* vs Distancia mínima entre pozos padre e hijo.

Como se observa en la Figura 14, la interacción entre diferentes niveles es baja a los distanciamientos ejecutados, verificando el entendimiento actual sobre la baja ocurrencia de conexión a diferentes niveles.

Por otro lado, se observa que las variables de intensidad y magnitud comienzan a disminuir a partir de una distancia identificada (línea vertical punteada), por ahora no asociada a un diseño de estimulación en particular. Las mismas, disminuyen a partir de aproximadamente 370 metros para Loma Campana. De esta observación surge la conclusión de alejar los pozos nuevos a una distancia mayor al espaciamiento estándar del campo, como una medida mitigatoria del efecto

parent-child. Se entiende que a menores distancias existe mayor probabilidad de que las fracturas contacten la zona depleta del pozo padre siendo más ineficientes las etapas de fractura en el pozo hijo ya que van a presurizar el padre y generan menor red de fractura nueva.

Relación de la variable Intensidad máxima con la productividad

Para cuantificar la pérdida de EUR (*Estimated Ultimate Recovery*) se comparó la EUR normalizada por largo de los pozos hijos versus el P50 de la productividad esperada de cada población a la que pertenece cada pozo hijo, de acuerdo con el diseño, nivel de navegación y zona de fluido. Se pudo constatar que estas pérdidas superan el 20% de la performance esperada para cada pozo hijo.

Los pozos contemplados en este análisis cumplen las siguientes condiciones: el pozo padre se encuentra a una distancia entre 240 a 400 m y las magnitudes de *frac-hits* son mayores a 1 kg/cm², para no incorporar interpretaciones erróneas. Respecto a los pozos hijos, sólo se incluyeron los que tuvieron datos completos de *frac-hits*.

En la Figura 15, se relacionó la intensidad máxima, con las pérdidas de productividad del pozo hijo, observándose que a mayores intensidades máximas existe mayor probabilidad de tener pérdidas en el pozo hijo. La razón principal por lo que se realiza este análisis es por que se identificó que las intensidades altas están asociadas a conexiones hidráulicas entre pozo padre e hijo, asumiendo que cuanto mayor sea esta variable, más fluido de fractura fue a presurizar el pozo padre y no generó red de fractura nueva.

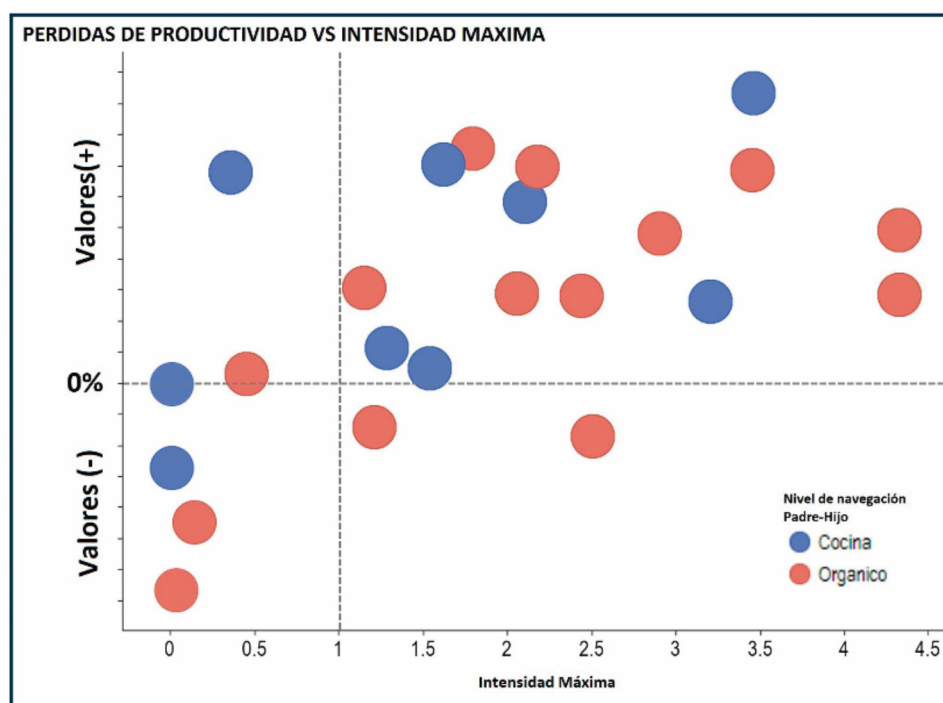


Figura 15. Relación de pérdidas de productividad vs intensidad máxima de cada hijo.

Los pozos agrupados en la franja de valores negativos no tuvieron pérdidas y superaron la productividad esperada. Los pozos ubicados en la franja de valores positivos tuvieron pérdidas de productividad en el pozo hijo. Se ha observado un comportamiento similar en ambos niveles productivos de la Cocina y Orgánico.

La intensidad de los *frac-bits* tiene una clara correlación con la productividad del pozo hijo, por lo que disminuirla colaboraría con la mitigación del efecto *parent-child*. Se trata de una aproximación de la eficiencia de cada etapa del hijo.

CONCLUSIONES

- A diferentes diseños de estimulación los *frac-bits* ocurren de igual manera, generando áreas de contacto similares. El incremento de punzados reduce la distancia recorrida por el *frac-bit*. Por ejemplo, el diseño STD contactó 900 m versus el diseño HDC que contactó 600 metros. En referencia al alto de fractura se observó que en el diseño HDC en el nivel Cocina crece y contacta el nivel Orgánico, con bajas intensidades mientras que la fractura en el nivel Orgánico no crece hacia la Cocina.
- Los *frac-bits* también brindan una primera aproximación del área contactada por la fractura de los hijos, verificando que no hay un crecimiento uniforme de las mismas, parte por la ineficiencia de las fracturas que van a llenar el pozo padre sin generar reservorio nuevo.
- Se definió una nueva variable, Intensidad máxima, que representa la suma de las intensidades de las etapas que interactuaron con los pozos padres y se correlacionó con las variables del efecto *parent-child*, demostrando correlación con las variables de depleción del pozo padre, solapamiento de rama horizontal padre-hijo y distancia entre pozos.
- Se identificó una distancia mínima de ~370 m a partir de la cual los *frac-bits* comienzan a disminuir su intensidad. En función de esta observación, se entiende que ampliar el distanciamiento es una de las medidas de mitigación del efecto *parent-child*, aunque en detrimento de la cantidad total de pozos del campo. Este análisis es aplicable para Loma Campana no necesariamente extrapolable para todos los yacimientos no convencionales de la Fm. Vaca Muerta.
- La intensidad máxima está relacionada con las pérdidas de productividad del pozo hijo. Es posible identificar en tiempo real las etapas que están siendo ineficientes y eventualmente la posibilidad de aplicar ajustes en el diseño de estimulación. A mayor cantidad de etapas con intensidades altas más pérdida de productividad se observó en el pozo hijo.
- En una próxima fase de análisis se buscará entender la performance de los pozos padres post-*frac-bits*.
- Conociendo que la intensidad está relacionada con la eficiencia de cada fractura del pozo hijo se buscará ganar mayor entendimiento del impacto con cada variable del efecto

parent-child, a través de un análisis de datos (*data analytics*), con el objetivo de mitigar la ineficiencia de las etapas que disminuyen la productividad del pozo hijo.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras de este paper queremos expresar nuestro agradecimiento al equipo de estudio de Loma Campana, Martín Castello por su colaboración, a Luciana De Marzio y Ana Laura Marlats por sus sugerencias, aportes y revisión cuidadosa que han realizado a nuestro trabajo.

REFERENCIAS CITADAS

- Bommer, P., Iriarte, J., Bayne, M., Cline, C., Ramirez, A. y Van Domelen, M., 2020. Leveraging Cloud-Based Analytics in Active Well Defense Projects and Automated Pressure Response Analyses. SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference, pp. 2-19, The Woodlands, Texas, USA.
- Daneshi, A., 2020. Frac-Driven Interactions (FDI): Guides for Real-time Analysis & Execution of Fracturing Treatments, 1st edition. Ali Daneshy, 2020, 65pp.
- Esmaili, S., Deng, J., Wolfram, E., Muralidharan, V., Harmawan, I. y Cassanelli, J., 2021. Understanding the Interaction between Parent and Child Using Analytical and Numerical Approaches in Permian Basin. Unconventional Resources Technology Conference, pp. 2-14, Houston, Texas, USA.
- Gala, D., Manchanda, R. y Sharma, M., 2018. Modeling of Fluid Injection in Depleted Parent Wells to Minimize Damage due to *Frac-hits*. Unconventional Resources Technology Conference, pp. 2-14, Houston, Texas, USA.
- Gupta, I., Rai, C., Devegowda, D. y Sondergeld, C., 2020. A Data-Driven Approach to Detect and Quantify the Impact of *Frac-hit* on Parent and Child Wells in Unconventional Formations, pp. 2-19, Austin, Texas, USA.
- King, G., Rainbolt, M. y Swanson, C., 2017. Frac Hit Induced Production Losses: Evaluating Root Causes, Damage Location, Possible Prevention Methods and Success of Remedial Treatments. SPE Annual Technical Conference, pp. 2-44, San Antonio, Texas, USA.
- Lindsay, G., Miller, G., Xu, T., Shan, D. y Baihly, J., 2018. Production Performance of Infill Horizontal Wells vs. Pre-Existing Wells in the Major US Unconventional Basins. SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference, pp. 2-28, The Woodlands, Texas, USA.
- Mitchum, R. M. y Uliana, M. A., 1982. Estratigrafía sísmica de las Formaciones Loma Montosa, Quintuco y Vaca Muerta, Jurásico superior y Cretácico inferior de la Cuenca Neuquina, República Argentina: Primer Congreso Nacional de Hidrocarburos, Petróleo y Gas, Conferencias, p. 439-484, Buenos Aires, Argentina.
- Rainbolt, M. y Esco, J., 2018. Frac Hit Induced Production Losses: Evaluating Root Causes, Damage Location, Possible Prevention Methods and Success of Remedial Treatments, Part II. SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference, pp. 2-23, The Woodlands, Texas, USA.

- Rangriz Shokri, A. y Chalaturnyk, R., 2019. Deployment of Pressure Hit Catalogues to Optimize Multi-Stage Hydraulic Stimulation Treatments and Future Re-Fracturing Designs of Horizontal Wells in Horn River Shale Basin, pp. 2-21, Calgary, Alberta, Canada.
- Seth, P., Elliott, B. y Sharma, M., 2020. Rapid Analysis of Offset Well Pressure Response during Fracturing: Distinguishing between Poroelastic, Hydraulic and *Frac-hit* Responses in Field Data Using Pattern Recognition. Unconventional Resources Technology Conference, pp. 2-13, Austin, Texas, USA.
- Vittore, F., Quiroga, J., Foster, M. y Sagasti, G., 2016. Loma Campana. En: González, G., Vallejo, M., Kietzman, D., Marchal, D., Desjardins, P., Tomassini, F., Gómez Rivarola, L. y Domínguez, R. (eds.), Transecta Regional de la Formación Vaca Muerta. Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, pp. 83-93.