

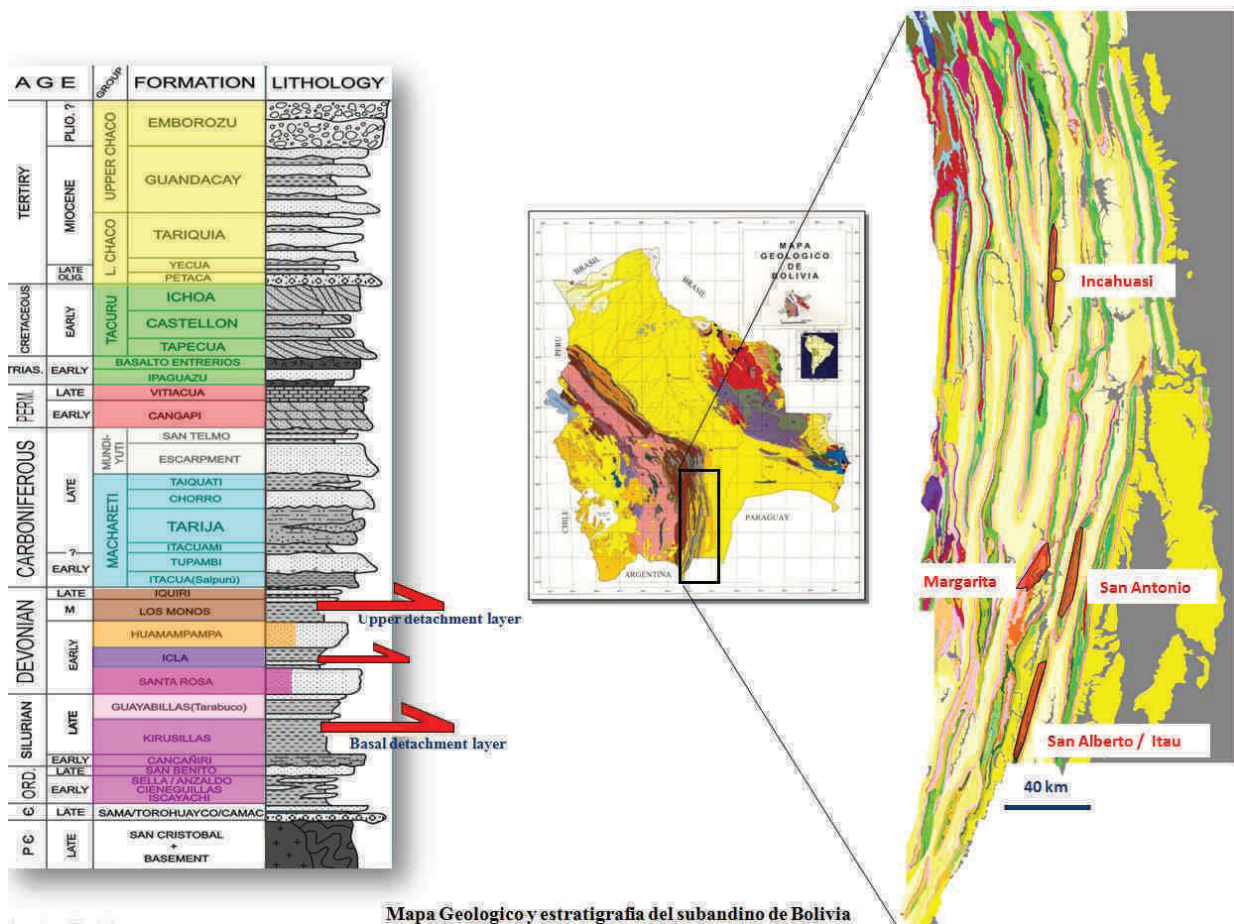
## INTEGRACIÓN MULTIDISCIPLINARIA EN EXPLORACIÓN, EL EJEMPLO DE INCAHUASI (BOLIVIA)

J.F Ballard\*, PH. Mallard\*\*, J.P. Barbot\*\*, J.C. Heidmann\*\*, J. Durand\*\*, J.M. Moron\*, J.F. Salel\*\*, P. Ravaut\*\*

\*Total, CSTJF, Av. Larribau, 64018 Pau (Francia), \*\*Total, 2, Place Jean Millier, la Défense 6, 9240 Courbevoie (Francia)

### INTRODUCCIÓN

El pozo Incahuasi-X1 ha sido perforado en 2004 por Total y Tecpetrol en el subandino meridional de Bolivia con objetivos las areniscas cuarcíticas del Devónico de la formación Huamampampa a una profundidad aproximada de 5000mMD. Esta formación que tiene bajas porosidades (3%) constituye el reservorio principal de los campos gasíferos del subandino boliviano (Margarita, San Antonio, San Alberto).



La zona subandina de Bolivia se caracteriza por anticlinales de orientación N-S armados por las series del Carbonífero. El núcleo de los anticlinales está constituido por las arcillas del Devónico superior (formación Los Monos) que constituyen un nivel de desarmonía entre las deformaciones visibles en superficie y la que afecta las series subyacentes del Devónico al Silúrico donde se ubican los reservorios principales y secundarios.

El desafío principal de la exploración en el piedemonte boliviano está relacionado con la mala calidad de la sísmica que no permite tener imágenes de los objetivos. El pozo Incahuasi-X1 ha sido implantado y supervisado utilizando técnicas alternativas para compensar esta deficiencia de imagen.

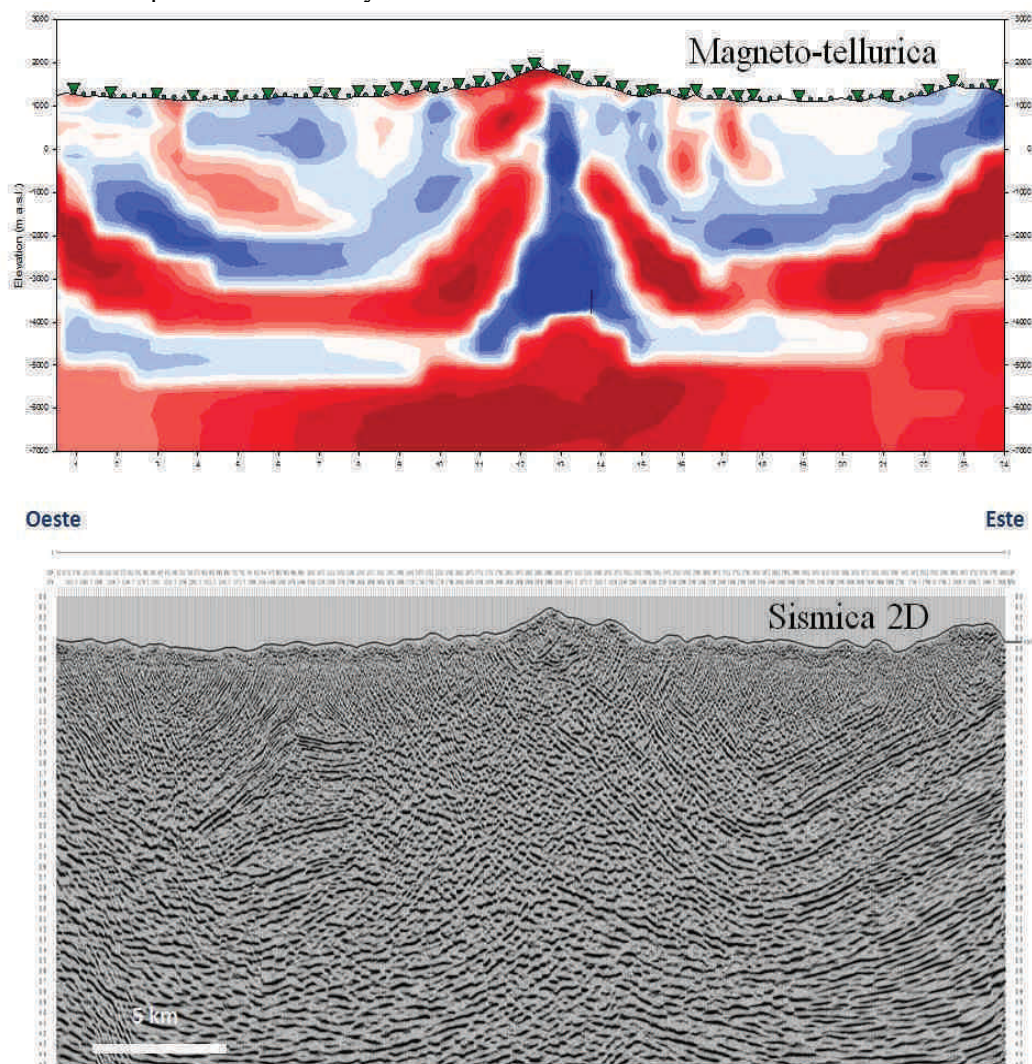
## INTEGRACIÓN PLURIDISCIPLINARIA

Una serie de cortes estructurales que tomaba en consideración las diferentes incertidumbres así como también la evolución lateral de la geometría de las estructuras en profundidad, deducida de las informaciones de geología de superficie, permitió proponer en primera instancia una implantación del pozo.

Una sola línea sísmica 2D había sido adquirida pasando por el pozo. Los diferentes procesamientos en tiempo y en profundidad utilizaron los datos adquiridos en el pozo durante su perforación para intentar mejorar la imagen. Debido a buzamientos importantes tanto en el flanco occidental como en la parte profunda de la estructura (en las formaciones Los Monos y Huamampampa) fue imposible lograr una imagen confiable para dirigir el pozo.

Para compensar la falta de imagen sísmica, se intentó usar la prospección magneto-telúrica (MT). La MT mide las variaciones de resistividad de las rocas, inducidas por los campos electromagnéticos solares. En la zona de estudio esa técnica ayuda a definir un envolvente del depósito utilizando los contrastes de resistividad entre las arcillas del Los Monos y las areniscas cuarcíticas del reservorio Huamampampa.

Entre sus limitaciones de la MT esta su resolución débil ( $\pm 500\text{m}$ ) y su dependencia a un modelo inicial que no permite dar una solución única. Sin embargo, se usó este método para confirmar las grandes líneas del modelo inicial. Luego, integrando a medida los datos del pozo, permitió refinar la localización del objetivo y complementar la interpretación sísmica y el modelo estructural.



El monitoreo del pozo ha sido asegurado por la bioestratigrafía del Devónico. Un esfuerzo de síntesis palinológica regional utilizando las esporas, los acritarchos y los chitinozoarios, permitió establecer una biozonación del Devónico medio a inferior (Givetiano a Praguian) y definir los marcadores biológicos claves.

Esta síntesis, apoyada por las mediciones clásicas de madurez (VR0), permitió una reinterpretación rápida del contexto estructural durante la perforación de la primera pierna del pozo y definir el *side-track* que culminó con el descubrimiento.

## **EVOLUCIÓN DEL MODELO**

La primera pierna del pozo ICS-X1 tenía como objetivo la única forma anticlinal visible en la sísmica. Después de perforar las capas verticales de la formación Los Monos dentro del núcleo del anticlinal, terminó en el flanco Oeste del anticlinal rebatido de Incahuasi que no era visible en la sísmica.

Tomando en cuenta los datos de bioestratigrafía y madurez que indicaban la existencia de un pliegue rebatido dentro de la formación Los Monos, y refinando el modelo MT, se diseñó una nueva sección estructural y se propuso un *side-track* con un objetivo ubicado unos 1500 m hacia al Este. El *side-track* perforó las capas de Los Monos con evolución bioestratigráfica normal hasta encontrar la formación Huamampampa con buzamientos fuertes hacia el Oeste.

Esos datos confirmaron las dificultades para lograr imágenes sísmicas confiables con adquisición 2D en tal contexto estructuralmente muy complejo.