

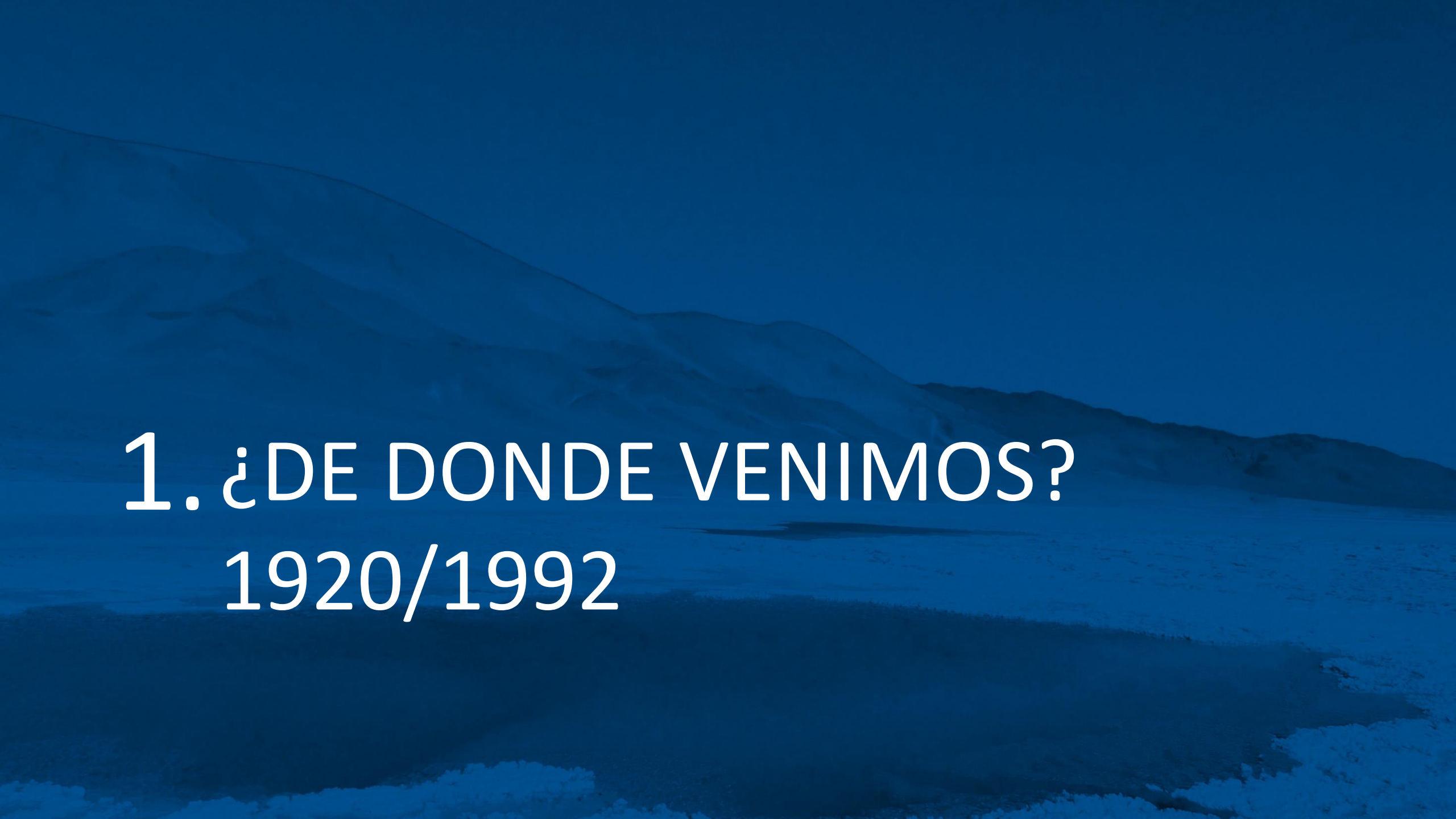
LA EXPLORACION GEOLÓGICA EN EL NOROESTE ARGENTINO: UNA HISTORIA DE CONOCIMIENTO Y DESAFÍOS

GEOMAP S.A., 32 años de exploración en Salta

Roberto M. Hernández



VII CONGRESO ARGENTINO DE HISTORIA DE LA GEOLOGIA
1 AL 4 DE OCTUBRE 2025, JUJUY

The background of the slide is a monochromatic blue image of a landscape. It features rolling hills or mountains in the distance, with a body of water in the foreground. The water has some white foam or waves visible. The overall tone is serene and contemplative.

1. ¿DE DONDE VENIMOS?

1920/1992

¿De dónde venimos?

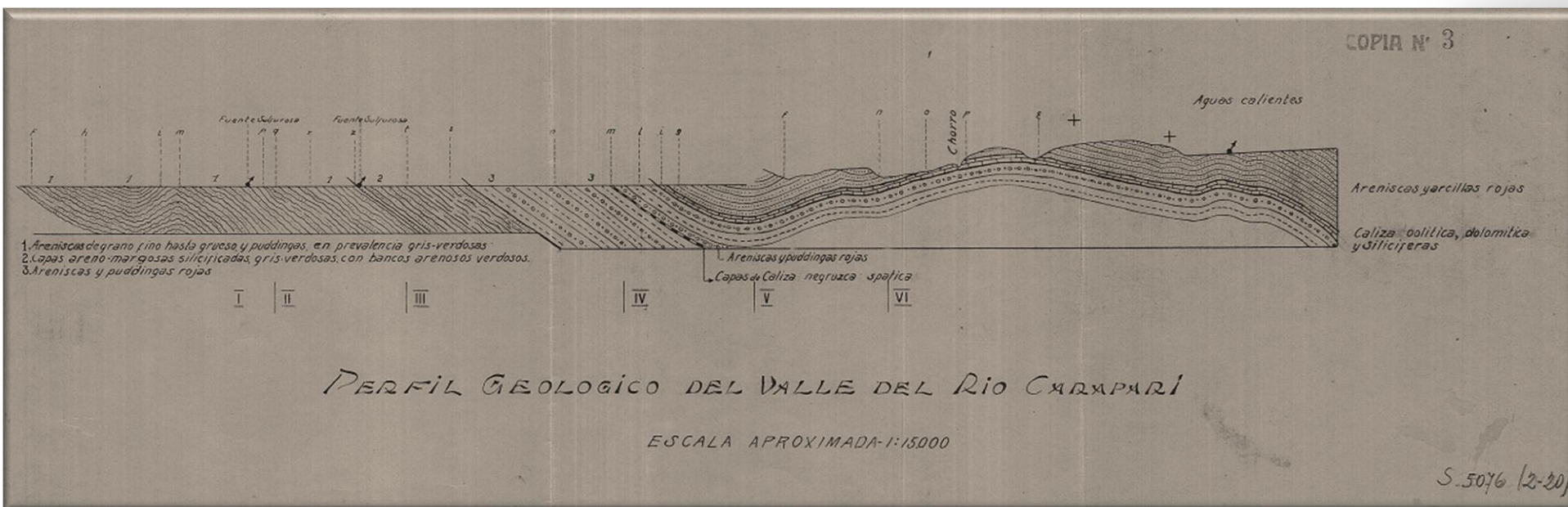
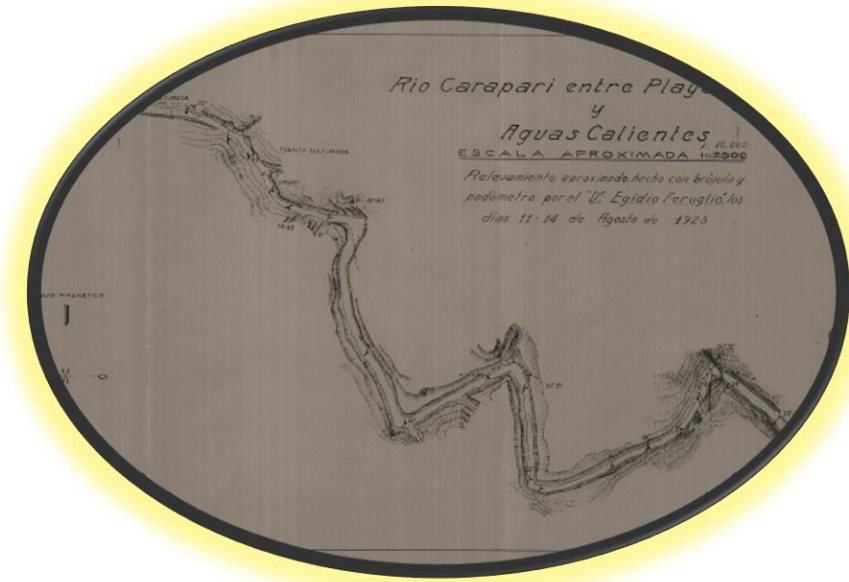
PRIMERA ETAPA

700 a 900m de profundidad

Bermejo – Aguas Blancas, San Pedro y Ramos como íconos en el desarrollo histórico de una Faja Plegada

Exploración de anticlinales someros. Se inició en 1920 y se extendió hasta 1950. Intervino S.O.C., empresas locales y luego Y.P.F.

Feruglio 1925



¿De dónde venimos?

PRIMERA ETAPA

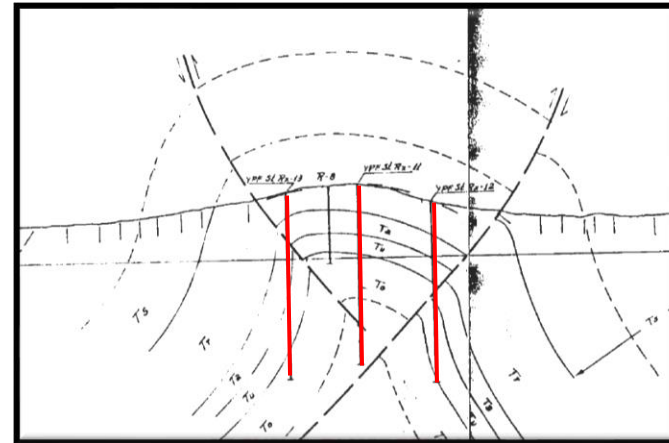
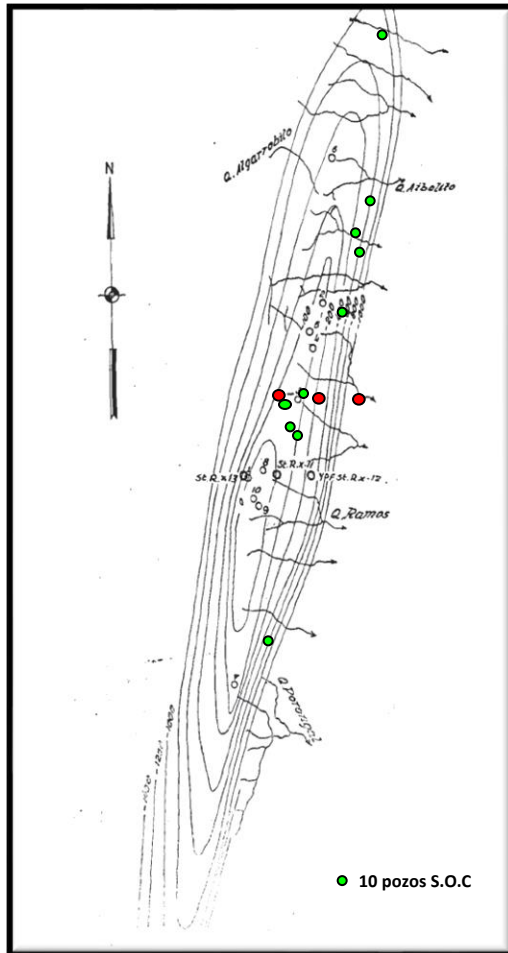
700 a 900m de profundidad

Bermejo – Aguas Blancas, San Pedro y Ramos como íconos en el desarrollo histórico de una Faja Plegada

Exploración de anticlinales someros. Se inició en 1920 y se extendió hasta 1950. Intervino S.O.C., empresas locales y luego Y.P.F.



SEGUNDA ETAPA 3500 a 5500m de profundidad



Propuesta original de los pozos
YPF.Ra.x-11 (Dic-1972)

Moreno 1972 YPF

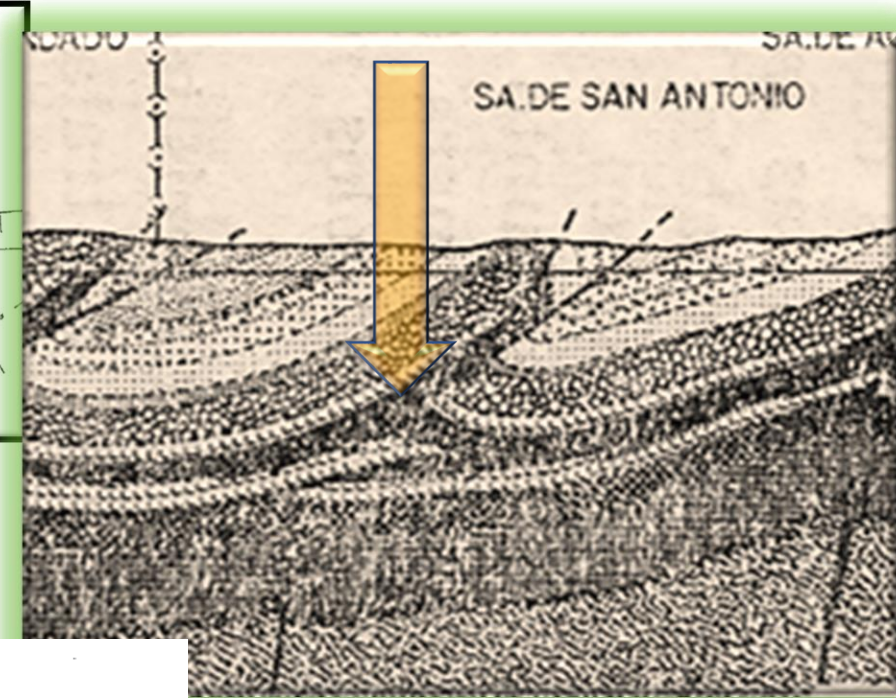
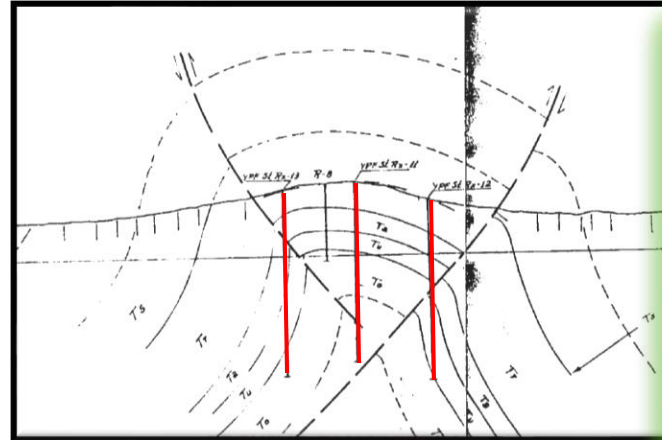
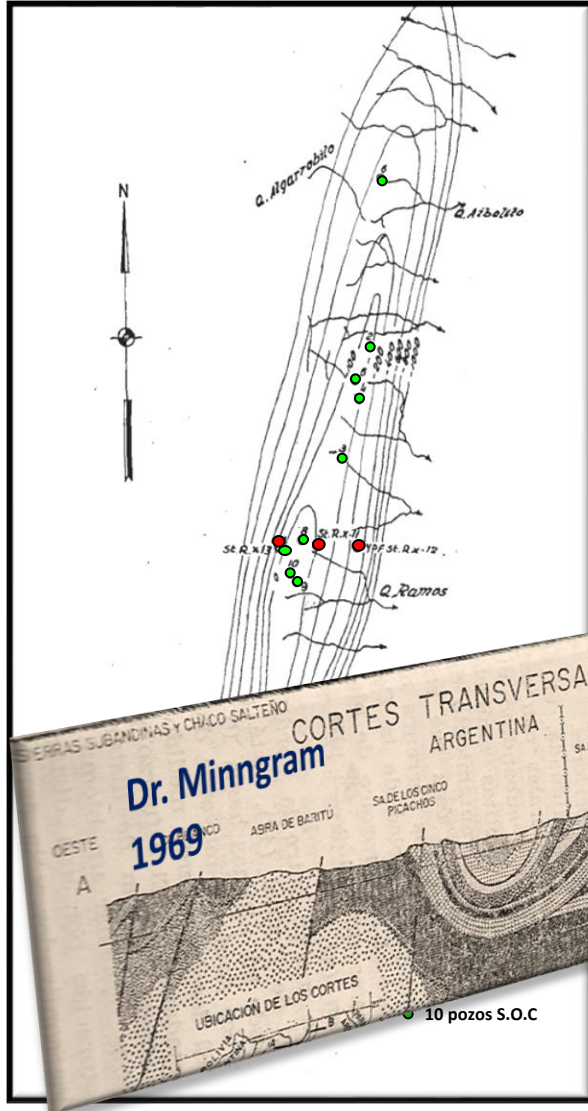
Los mismos tendrían por objetivos:

- 1) Investigar las características físicas y contenido de fluidos de los niveles samíticos de las formaciones TONONO, TUPAMBI y TARIJA.
- 2) Determinar en posición de flanco la influencia de las fallas como factor de entrapamiento.
- 3) Aportar datos que permitan obtener una interpretación adecuada sobre la configuración de la estructura en el subsuelo, con el fin de orientar futuros trabajos prospectivos en la zona.

¿De dónde venimos?

SEGUNDA ETAPA

3500 a 5500m de profundidad



La original de los pozos
a.x-11 (Dic-1972)

en por objetivos:

ísticas físicas y contenido de flúidos
los de las formaciones TONONO, TUPAMBI

1) Determinar en posición de flanco la influencia de las fallas
como factor de entrapamiento.

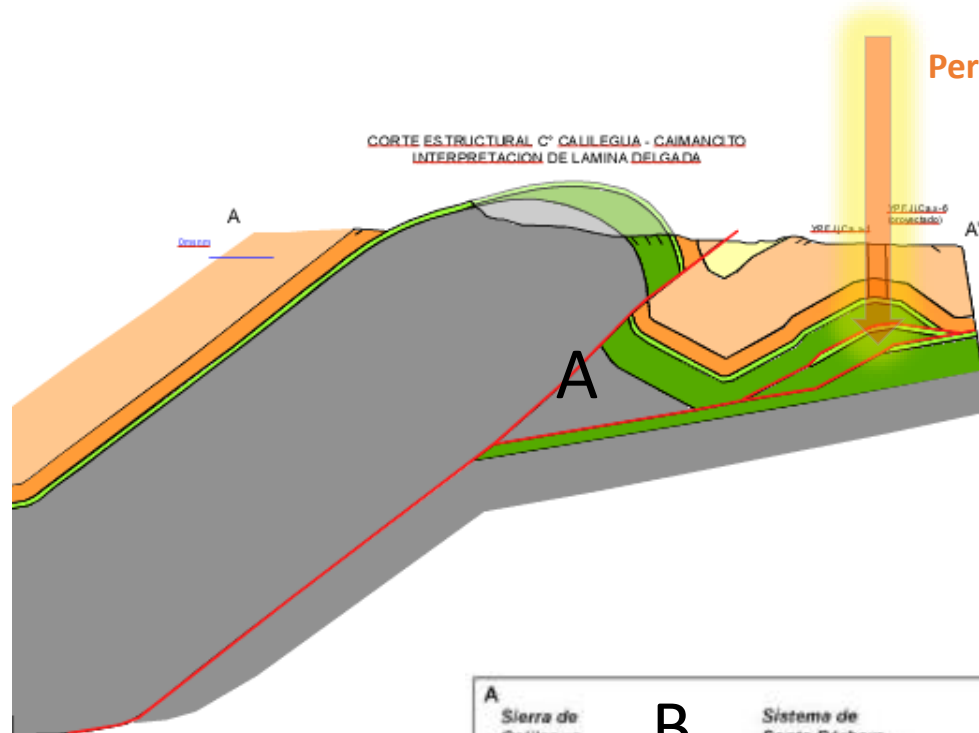
3) Aportar datos que permitan obtener una interpretación adecuada
sobre la configuración de la estructura en el subsuelo,
con el fin de orientar futuros trabajos prospectivos en la
zona.



2. ¿A dónde FUIMOS? 1990/2009

¿A dónde nos fuimos?

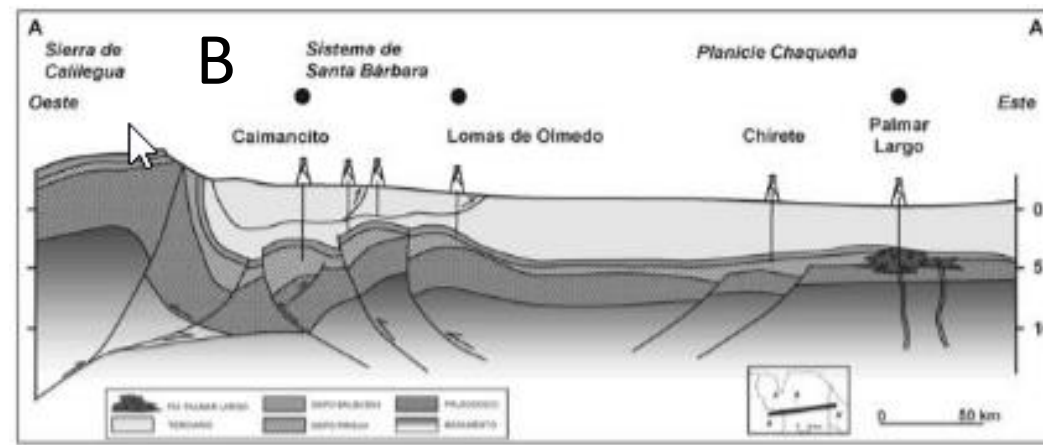
TERCERA ETAPA 5500 a 6500m de profundidad



Perforado en 1990. PFbbp 5643m

A) Propuesta Ca. Jj xp-41. Origen de la idea Y.P.F. 1989. Ejercicio curso de Geología estructural Salta. Modelo posible (técnica de cortes balanceados). Propuesta final Plan de acción 1990 DGN YPF apoyado con mapeo de superficie CGN°6 YPF, L.S..
Inclusive se siguió con este modelo a pesar del pozo.

Tomado de R. Viñes 1988 Ejercicio Esc. Estructural II. Y.P.F.



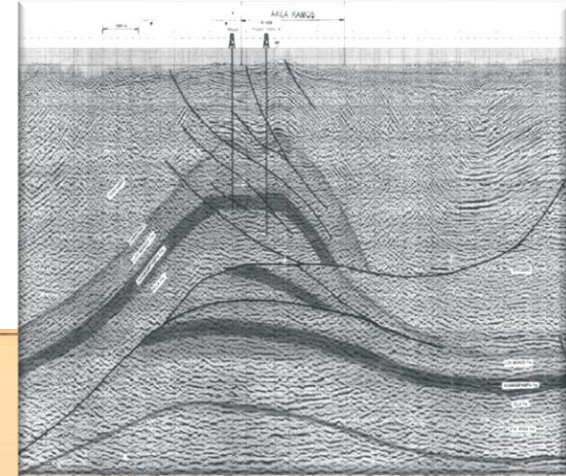
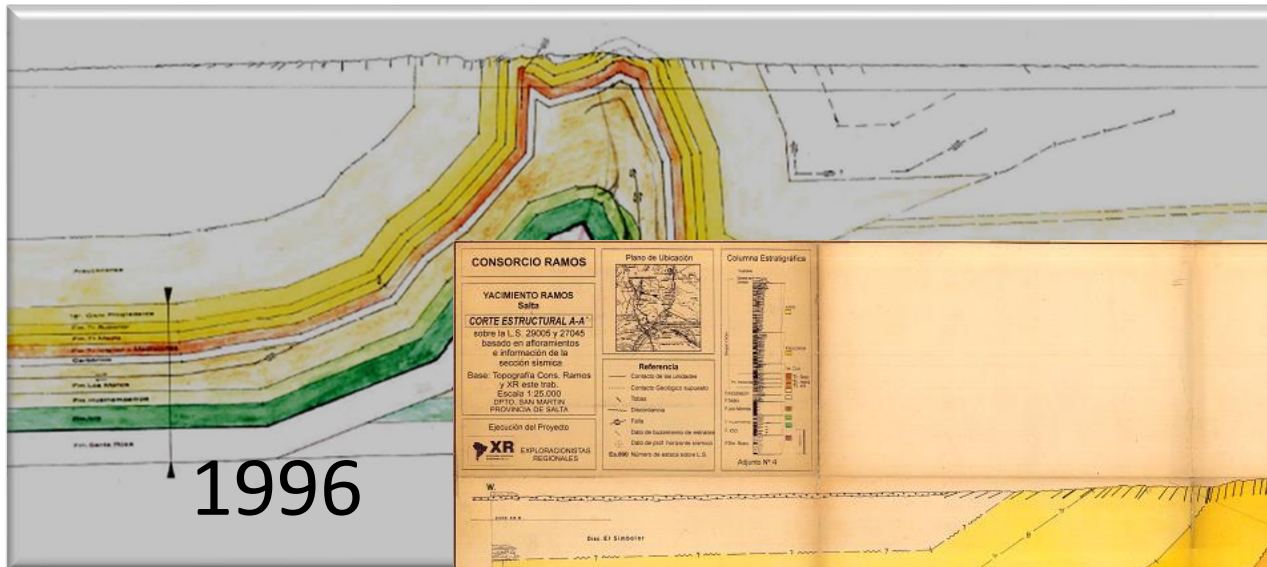
B. Esquema regional alternativo luego de perforado Ca. Jj xp-41. Sin haberse tocado la segunda lámina prevista.

Tomado de S.Grosso y G.Vergani 2013

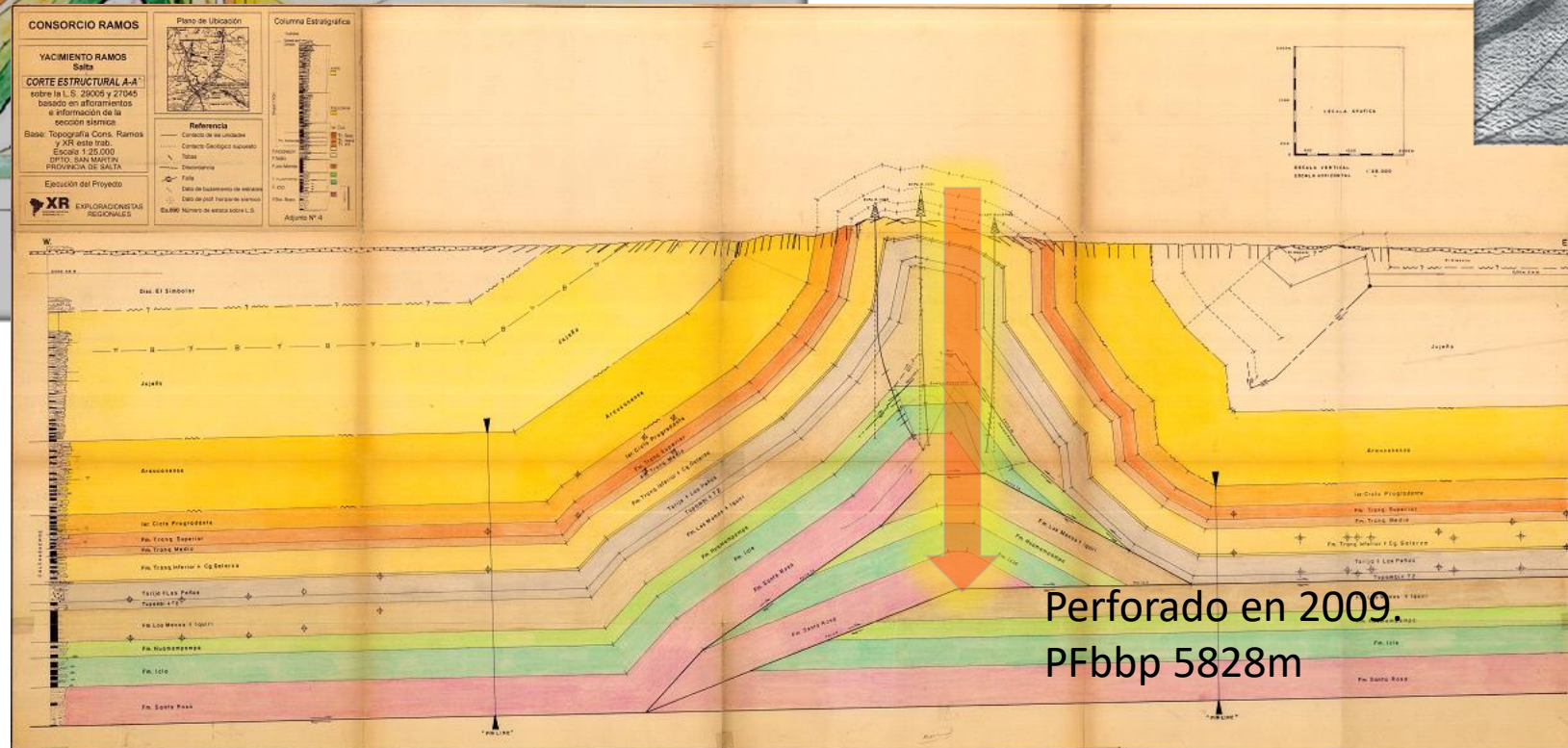
¿A dónde fuimos?

TERCERA ETAPA
5500 a 6500m
de profundidad

Ramos lámina intermedia, año 1996 su primer presentación formal como proyecto posible por XR a Pluspetrol.
Origen de la idea Y.P.F. 1989. Curso de Geología estructural Salta. Modelo posible (técnica de cortes balanceados)



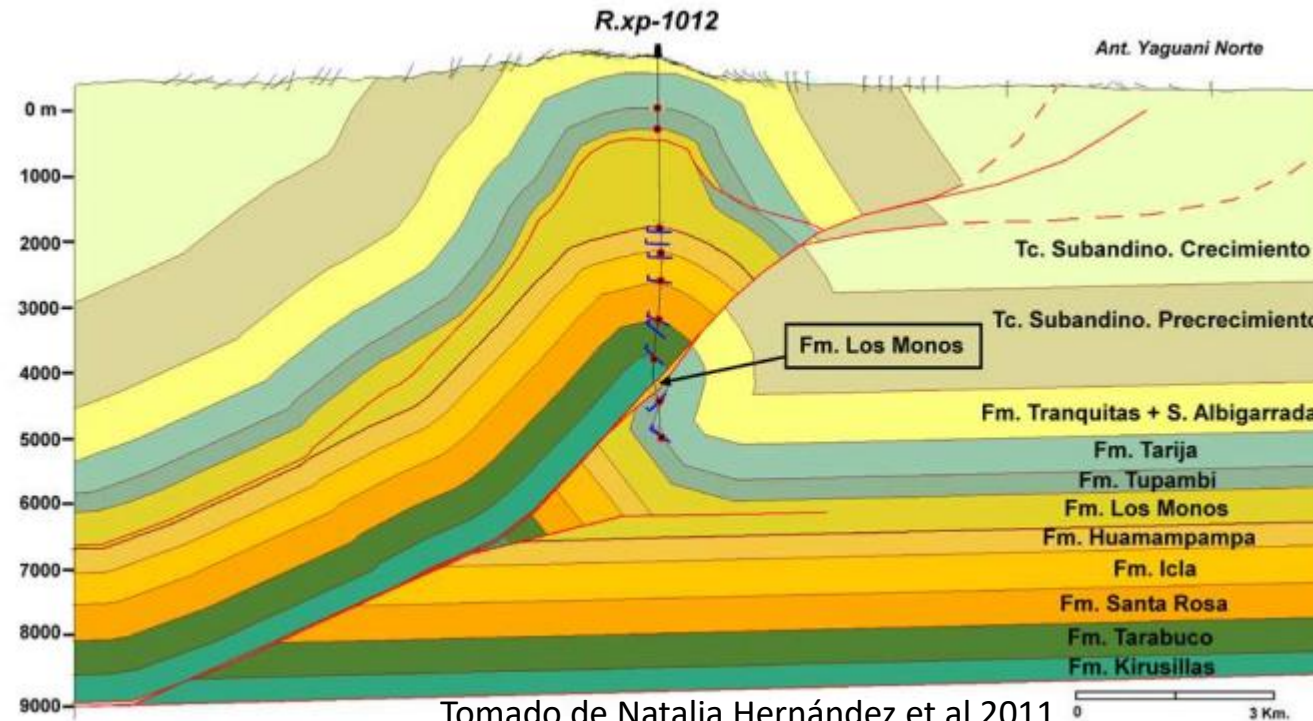
Interpretación sin
Ordovícico
involucrado



¿A dónde fuimos?

TERCERA ETAPA 5500 a 6500m de profundidad

Resultado luego de perforado el pozo R.xp-1012



TERCERA ETAPA 5500 a 6500m de profundidad

Los cortes estructurales balanceados eran y **son solo modelos posibles** y fue probado en el NOA a partir del pozo Ca-Jj-xp41 (1990) al cual tomamos inicialmente como una posible falta de profundización del pozo y luego vino el Ramos XP 1012 (2009).

NO se puede seguir insistiendo con modelos estructurales:

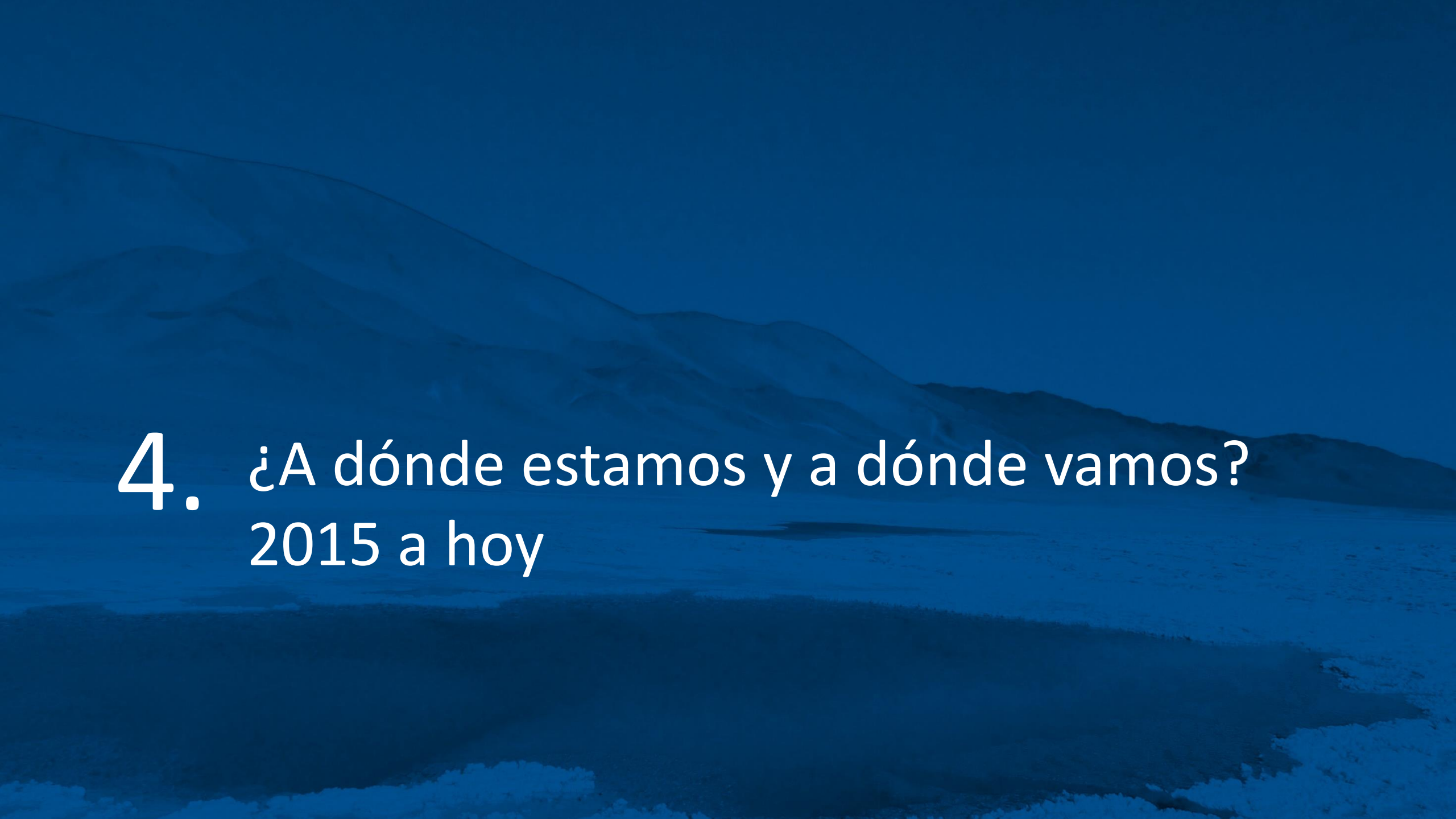
- Solo geométricos en cortes estructurales balanceados en 2D ni en pseudo 3D **debido a la incertidumbre estratigráfica** (Allmendinger, R.W. 2004 y Phoebe A. Judge 2011)
- que durante la deformación estén procesados **sin datos geo-mecánicos y/o reológicos en las rocas asociadas.**
- sin la **historia térmica de la exhumación y soterramiento que muestre el tiempo de evolución cinemática** y el timing de migración desde la roca madre a la trampa.
- La metodología exploratoria tan aceptada por los inversores durante los 90 y hasta el 2010 solo conducía a soportar un altísimo riesgo exploratorio en las láminas sobrecorridas profundas, sobre todo aquellas generadas por balances de cortes regionales o de exceso de área con estratigrafía deficientemente conocida.



3. MISIÓN desde el 2001 hasta hoy

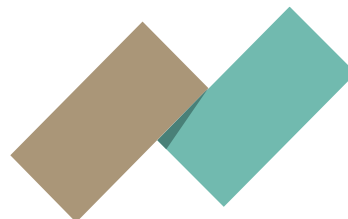
Crear grupos de trabajo con empresas estatales, privadas y público-privadas, UTEs, grupos de trabajo de diverso origen (Universidades, ONGs, Agencias estatales, y otros), con la premisa de que el conocimiento es una construcción colectiva.

Aportar valor a empresas de la industria petrolera y minera, a través del conocimiento colectivo con equipos multidisciplinario; a fin de **garantizar la reducción de riesgos** y optimizando las inversiones y de los Estados.

The background of the slide is a monochromatic blue image of a landscape. It features rolling hills or mountains in the distance, a body of water in the middle ground, and a darker, possibly forested or marshy area in the foreground. The overall tone is serene and contemplative.

4. ¿A dónde estamos y a dónde vamos? 2015 a hoy

- La acumulación de información demostró que la falta de conocimiento del TIEMPO en la variación vertical y lateral del registro de roca en la formación de los diferentes tipos de trampas, era el causante de los desconcertantes descubrimientos de campos de hidrocarburos en Sudamérica. **Esta situación incrementa el riesgo de las inversiones.**
- Hoy todavía no sabemos **exactamente** el tiempo involucrado en los procesos geológicos del sistema petrolero o el tiempo de generación, relleno y distribución de las fracturas o las acumulaciones minerales o las acumulaciones de litio en relación a los rellenos de los salares y cada orden de ciclo de cambio climático.
- Debido a este problema, común a todas las cuencas geológicas, **GEOMAP y CONICET** crearon una empresa tecnológica privada en el 2015 para resolver la determinación del tiempo de los procesos geológicos en la INDUSTRIA del Petróleo, Minería, especialmente Litio y Geociencias. La Te Andes S.A. una empresa privada GEOMAP-CONICET)



LA.TE. ANDES

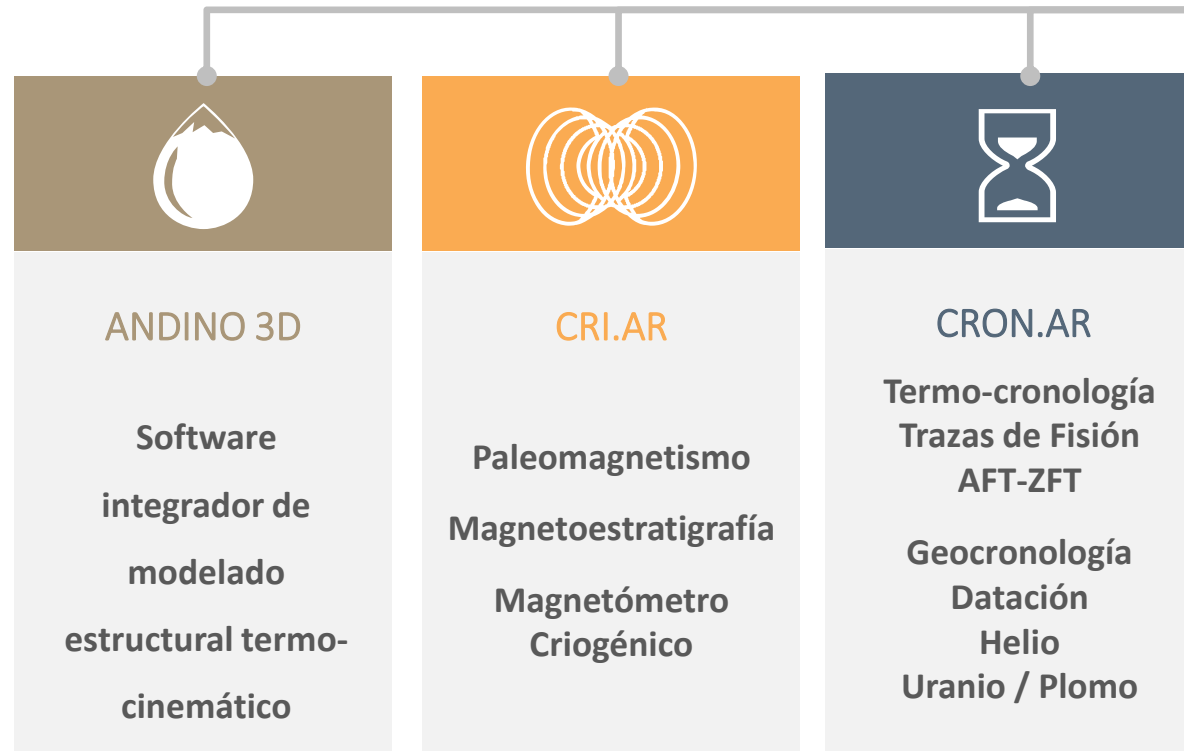
Una realidad que busca la **integración del CONOCIMIENTO del tiempo geológico** como herramienta estratégica para las geociencias y la disminución del riesgo exploratorio en la industria de hidrocarburos, minería y geotermia.

Miembros adherentes



UNIDADES OPERATIVAS

Creamos esta estructura empresarial de **tres unidades operativas** que interactúan entre si en un objetivo común, EL TIEMPO GEOLÓGICO y su aplicación en diferentes ramas de la geociencia, la industria y la ciencia .



CRONAR

Produccion científica desde desde 2019 a noviembre 2024

136

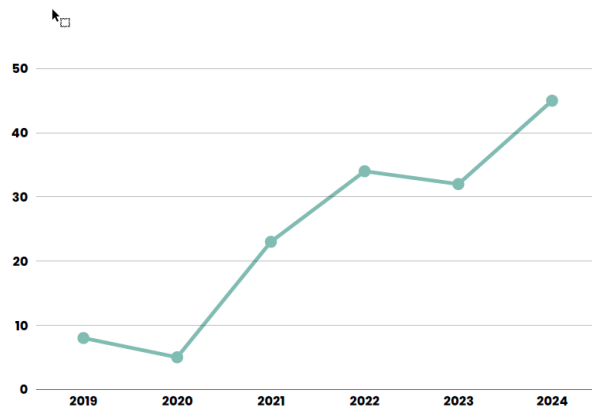


Usuarios/beneficiarios de convenios científico-académicos con LATE ANDES S.A. para análisis de muestras

100



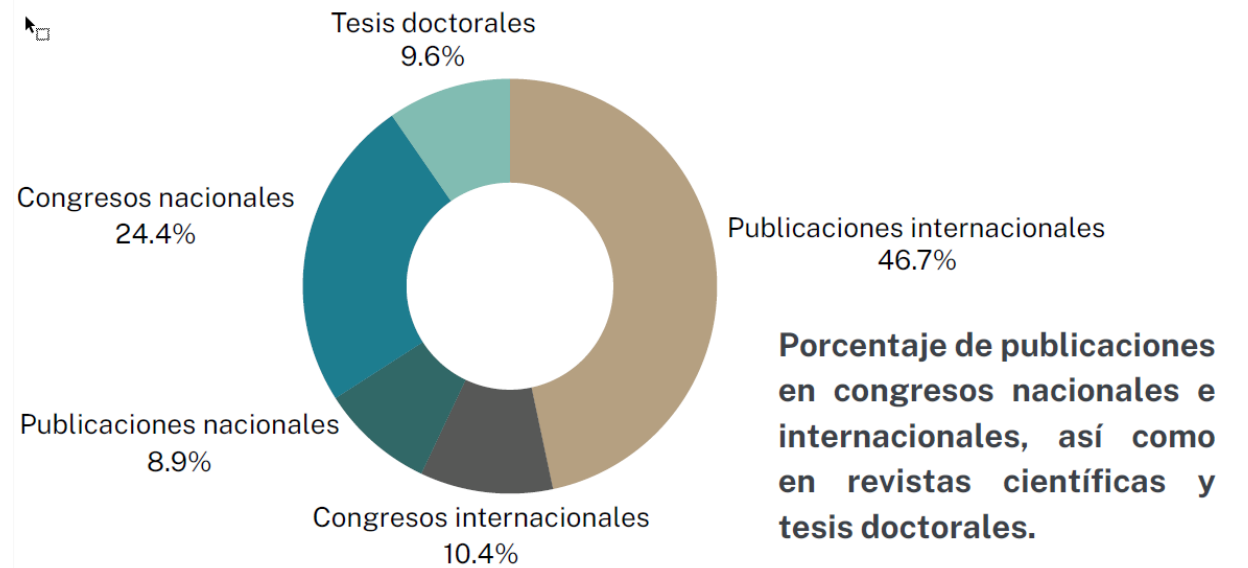
Respondieron brindando datos de producciones científicas en las cuales se haya contribuido con dataciones geo-cronológicas, termo-cronológicas, y/o microespectrometría Raman realizadas en el Centro Tecnológico Productivo I+D LA.TE. ANDES.



147

PUBLICACIONES

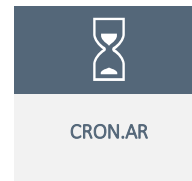
Desde el año 2019, incluyendo producciones en proceso o revisión que se proyectan publicadas para el año 2024.



Porcentaje de publicaciones en congresos nacionales e internacionales, así como en revistas científicas y tesis doctorales.

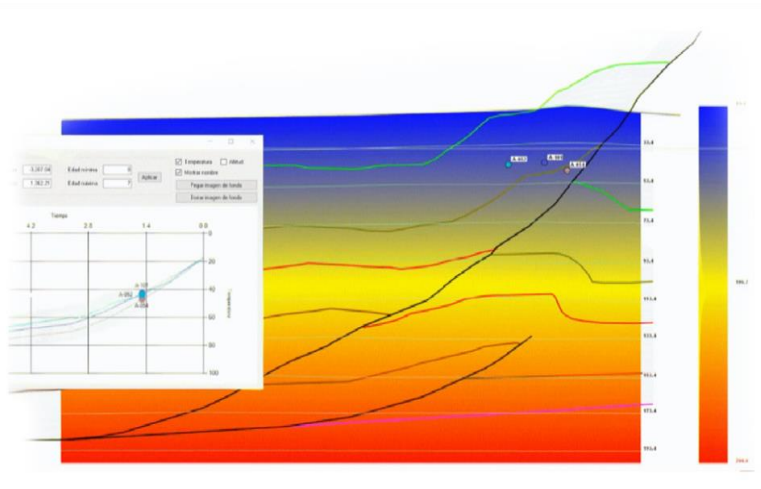
IMPACTO GLOBAL

NOVIEMBRE 2024



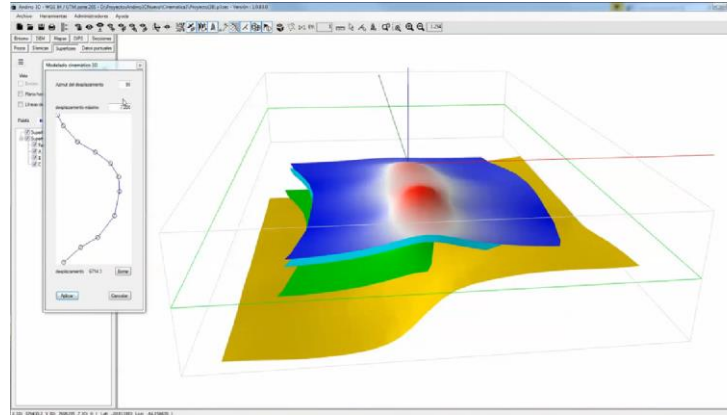
SOFTWARE ANDINO 3D

ANDINO 3D® 2.0.3.4



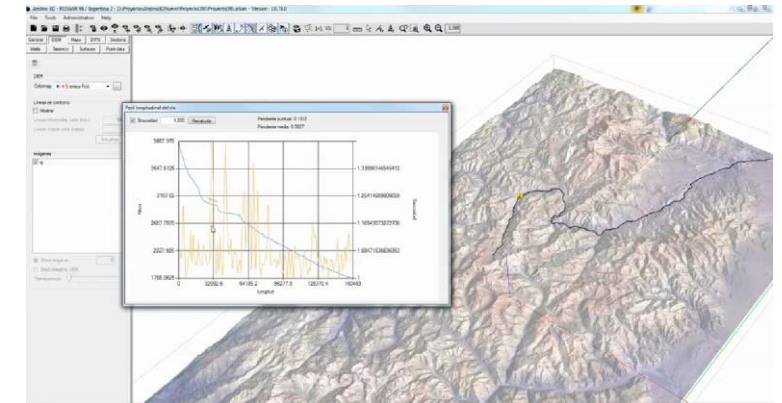
Modelado térmico-estructural

Andino 3D 2.0.3.4 incorpora el desarrollo de modelos de elementos finitos con propiedades térmicas permitiendo integrar y simular datos de termocronología de baja temperatura (trazas de fisión y (U-Th-Sm)/He) e indicadores de madurez termal (VR, %Ro) para la evolución de reconstrucciones estructurales a través del tiempo.



Modelos Cinemáticos 3D

Andino 3D 2.0.3.4 permite construir modelos hacia adelante o hacia atrás (forward o backward) en 3D tanto de flexión como de propagación de falla, permitiendo variaciones a lo largo del rumbo de las fallas de propiedades como desplazamiento, valor P/S (propagation / slip ratio), ángulo de trishear, etc., y posibilitando componentes oblicuas de las fallas.



Geomorfología Tectónica

Andino 3D 2.0.3.4 posibilita el desarrollo de cálculos automáticos de hidrografía y cuencas hidrográficas, cálculos de perfiles de ríos con pendientes, sinuosidades e identificación de knick-points, y cálculos de volumen topográfico.

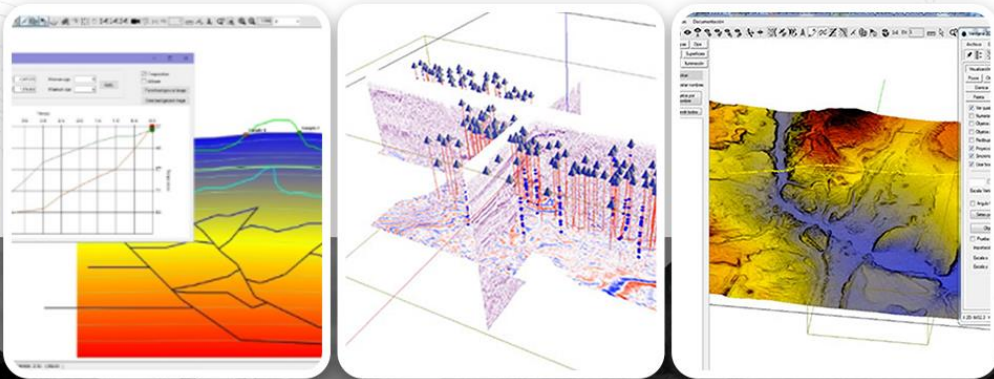


SOFTWARE ANDINO 3D

ANDINO 3D® su uso científico y educativo



andino 3D



SOFTWARE DE MODELADO ESTRUCTURAL

**Servicios de
análisis e
interpretación
estructural**

Generación de proyectos y carga de datos

Licencias, venta y renovación





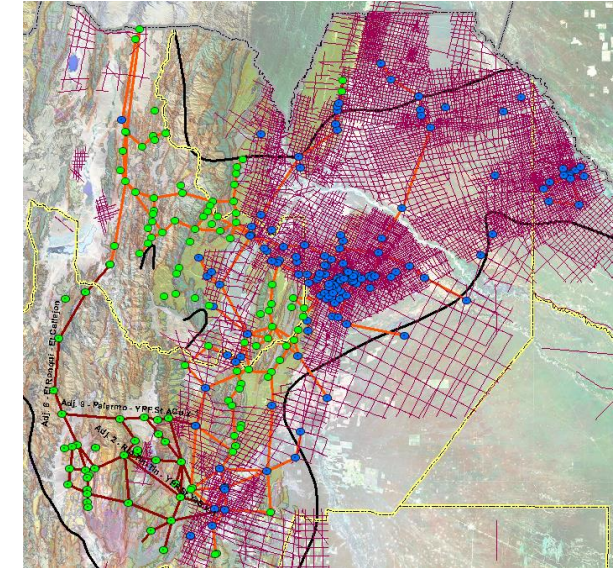
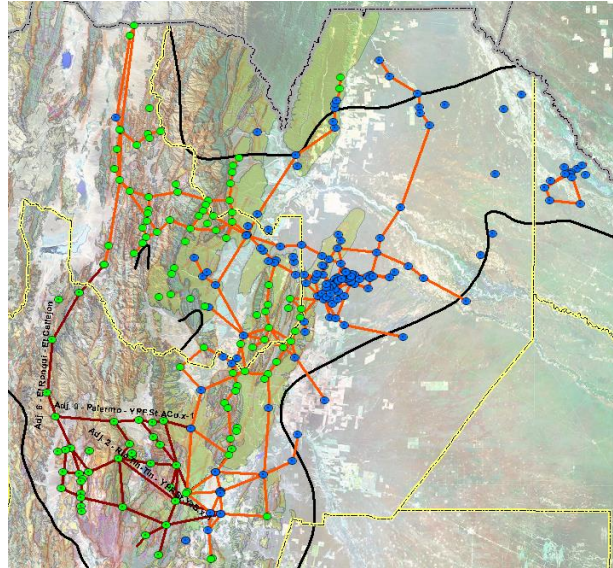
5. Cambio climático a los 66 y 60 MA. • Estudio de lagos someros y cambios del nivel del mar.

Historia de los rellenos de cuencas sedimentarias asociados a los cambios climáticos para investigar mineralizaciones de hidrocarburos en el NOA, Bolivia, Paraguay y offshore del océano Atlántico.

Área de trabajo

Volumen de información relevada, analizada, integrada y modelada.

Y.P.F. 1982-1992 Supersecuencia Balbuena.



Columnas Estratigráficas a detalle E: 1:200 y 1:100	126 Puntos de Control	Columnas carbonáticas y clásticas	21420 metros
Pozos involucrados en el estudio a E: 1:200	148 Puntos de Control	Perfiles eléctricos en pozos	29600 metros
Correlaciones que involucran 274 puntos de control	57 Cierre de ciclos	Sísmica interpretada como Supersecuencia Balbuena	65000 km. D.G.N.

Muestras de mano analizadas	107100 Estimado
Muestras enviadas al laboratorio FV	4284 Estimado
Petrografía	2800 Estimado
Micropaleontología	500 Estimado
Geoquímica	984 Estimado

15 AÑOS DE TRABAJO desarrollado en I+D+i abierta (2010-2025) con Petrobras-YPF y GEOMAP

Cuenca Cretácica superior –Terciaria NOA-NEA-Paraguay

Trabajos Presentados desde 2010 al 2023 derivados de los nuevos datos adquiridos entre Petrobras, Geomap S.A y las maestrías desarrolladas.

BENTO FREIRE, E.; TERRA, G.J.S.; GABAGLIA, G. P. R.; LYKAWKA, R.; HERNÁNDEZ, R. M.; HERNÁNDEZ, J. I.; RODRIGUES, E. B.; CAZARIN, C. L.. Estudo dos carbonatos de origem microbial da Formação Yacoraite na região de Salta sob a ótica da estratigrafia de alta resolução: um enfoque metodológico. In: SEMINÁRIO DE GEOLOGIA DE RESERVATÓRIOS, 2º (seminário interno), 2010, Aracaju. Resumos... Rio de Janeiro: Petrobras, 2010. p.40.

BENTO FREIRE, E. et al, 2011. AAPG ICE. Milán, Italia.

HERNANDEZ, R. M., HERNANDEZ, J. I., LYKAWKA, R. Conferencia. XII Reunión Argentina de Sedimentología. Salta. 2012

LYKAWKA, R.; TERRA, G.J.S.; FREIRE, E. B.; GABAGLIA, G. P. R.; HERNÁNDEZ, R. M.; HERNÁNDEZ, J. I.; RODRIGUES, E. B.. Proposta de um modelo estratigráfico hierarquizado para a porção superior do Subgrupo Balbuena (Paleoceno) na Sub-Bacia Metán-Alemanía (Salta – Argentina): um possível análogo para os depósitos estromatolíticos da seção Pré-Sal das bacias offshore do sudeste do Brasil. In: Reunión Argentina de Sedimentología, XII, Salta. Resumos... RAS, 2012, p.125.

LYKAWKA, R.; TERRA, G.J.S.; FREIRE, E. B.; GABAGLIA, G. P. R.; HERNÁNDEZ, R. M.; HERNÁNDEZ, J. I.; RODRIGUES, E. B.. Multiple-scale stratigraphic analysis of stromatolite-rich deposits from the Maastrichtian/Paleocene Salta Basin, Argentina: characterization of outcropping analogues to support the reservoir modeling of giant Pre-Salt oilfields from offshore Brazil. In: International Geological Congress, 34º, Australia. Resumos..., 2012, p.154.

PIMENTEL, M. et al., 2012. VIII Simposio Sudamericano de Geología Isotópica. Medellín. Colombia.

RAJA GABAGLIA, G.P., TERRA, G.J.S.; GABAGLIA, G. P. R.; LYKAWKA, R., HERNÁNDEZ, R. M.; RODRIGUES, E. B.. Cyclostratigraphy and climatic control on microbial influenced sedimentation (Balbuena Supersequence, Yacoraite Formation, Paleocene, Salta – Argentina. In: IAS MEETING OF SEDIMENTOLOGY, 28º, Zaragoza. Resumos... Krijgslaan: International Association of Sedimentologists, 2011, p. 51.

RAJA GABAGLIA et al., 2011. XVIII Congreso Geológico Argentino. Neuquén.

RAJA GABAGLIA et al., 2014. Corporate High-Resolution Stratigraphy (HRS) Field Education: Practice and Results in Petrobras Hydrocarbon Reservoir Management. GSA Annual Meeting. Vancouver.

TERRA, G.J.S.; FREIRE, E. B.; GABAGLIA, G. P. R.; LYKAWKA, R.; HERNÁNDEZ, R. M.; HERNÁNDEZ, J. I.. Salta Basin, Argentina: a good analog for Phanerozoic Lacustrine Microbialite-Bearing Reservoirs. In: AAPG Hedberg Conference "Microbial Carbonate Reservoir Characterization", Houston. Resumos... 2012.

Hernández, R.M., Hernández, J.I., Raja Gabaglia, G., Bento Freire, E., Lykawka, R., Terra, G., Borges Rodrigues, E., Dalenz Farjat, A., Gallo, L. y Tomezzoli, R.N. 2017. Análisis secuencial de alta frecuencia en el límite Cretácico-Paleógeno del Grupo Salta, subcuenca de Metán, noroeste argentino. Estado actual y perspectivas futuras. En: Muruaga, C.M. y Grosse, P. (Eds.), Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino, San Miguel de Tucumán

Trabajos Presentados desde 1984 al 2008 derivados de este conocimiento adquirido en Y.P.F.

Gómez Omil R., De Muro D., Hernandez S., Navarro C., 1984: Reconocimiento de islas de barrera en la Formación Yacoraite en el flanco suroriental de la subcuenca Lomas de Olmedo. Prov. Salta IX Congr. Geol., Arg.: 102-110.

Gómez Omil R., A. Boll, Hernández R.M., 1987: CUENCA CRETACICA-TERCIARIA DEL NOROESTE ARGENTINO" (Grupo Salta)". X Congr. Geológico Argentino. Tucumán 9/87.

Gómez Omil R., A. Boll, 1999: Sistema Petrolero de la Cuenca Cretácica del Noroeste Argentino. IV Cong. Explora. Y Desarrollo de Hidrocarburos. Simposio de Sistemas Petroleros. T.1: 101.

Hernández R.M., A. Disalvo, A. Boll, R. Gomez Omil, C.I. Galli, 1999: ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL DEL GRUPO SALTA, CON ENFASIS EN LAS SUBCUENCAS DE METAN-ALEMANIA, NOROESTE ARGENTINO. Relatorio CGA 1999

Gómez Omil R., A. Boll, 1999: Sistema Petrolero de la Cuenca Cretácica del Noroeste Argentino. IV Cong. Explora. Y Desarrollo de Hidrocarburos. Simposio de Sistemas Petroleros. T.1: 101.

Gómez Omil, R. y Boll, A. 2005: Cuenca Cretácica del Noroeste Argentino. In Frontera Exploratoria de la Argentina. Pag: 63 a 76.

Hernández R.M., R. Gomez Omil, A. Boll, 2008: Estratigrafía, Tectónica y Potencial petrolero del rift cretácico en la Provincia de Jujuy. Relatorio del XVII Congreso Geológico Argentino, Jujuy 2008.



Certificado de Reconocimiento en el Workshop de AAPG Geoscience Technology al desarrollo de este curso. Carbonate Plays Around the world – Analogues to Support Exploration and Development. 4-5-2015 New Orleans.



6. La aplicación de las metodologías desarrolladas condujo a Modelos Geológicos más robustos

Input en modelizaciones petroleras, mineras.

Estableciendo
4 Niveles
Reológicos

22

Hernández, Roberto M., Juan I. Hernández, Alejandra Dalenz Farjat, Luis A. Álvarez, Ernesto O. Cristallini, Renata N. Tomezzoli, Adolfo Rosales, and Jaime Soria Galvarro, 2018, Deformation and stratigraphic models of the Bolivian and Argentinean sub-Andean system: Evolution of knowledge and current trends, in G. Zamora, K. R. McClay, and V. A. Ramos, eds. Petroleum basins and hydrocarbon potential of the Andes of Peru and Bolivia: AAPG Memoir 117, p. 605–632.

Deformation and Stratigraphic Models of the Bolivian and Argentinean Sub-Andean System: Evolution of Knowledge and Current Trends

Roberto M. Hernández, Juan I. Hernández, Alejandra Dalenz Farjat, and Luis A. Álvarez
XR GEOMAP, Av. Ricardo Durand 397, 4400 Salta, República Argentina (e-mails: hernandezr@xrgeomap.net; hernandezj@xrgeomap.net; alejandra@xrgeomap.net; luis@xrgeomap.net)

Ernesto O. Cristallini
Universidad de Buenos Aires, Laboratorio de Modelado Geológico LaMoGe, Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber. Intendente Güiraldes 2160, Ciudad Universitaria, Pabellón II, C1428EGA. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina. LA.TE.ANDES, Las Moreras 510, Vaqueros A4401XBA, Salta, Argentina (e-mail: ernesto@gl.fcen.uba.ar)

Renata N. Tomezzoli
Universidad de Buenos Aires, IGEB, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160, Pabellón II, Piso 1. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP1428. Buenos Aires República Argentina (e-mail: renata@gl.fcen.uba.ar)

Adolfo Rosales and Jaime Soria Galvarro
YPFB Chaco S.A. Ed. Centro Empresarial Equipetrol, 6to. Piso. Av. San Martín N°1700, Equipetrol Norte, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (e-mails: Adolfo.Rosales@ypfbchaco.com.bo; jaime.soriagalvarro@ypfbchaco.com.bo)

ABSTRACT

The sub-Andean system through Argentina and Bolivia is composed of a fold-and-thrust belt developed from 9 Ma until today, as a result of an east-northeast-verging compressive stress field. Depending on the area evaluated, thin- or thick-skinned deformation characterizes the structural style throughout this orogenic system.

The differences in structural styles depend on variables such as the sedimentary column involved, internal facies and thickness changes, detachment level features, climatic influence, and the presence of inherited extensional and compressional structures. The existing balanced structural cross-sections sometimes present difficulties for solving the rate and chronology of the deformation.

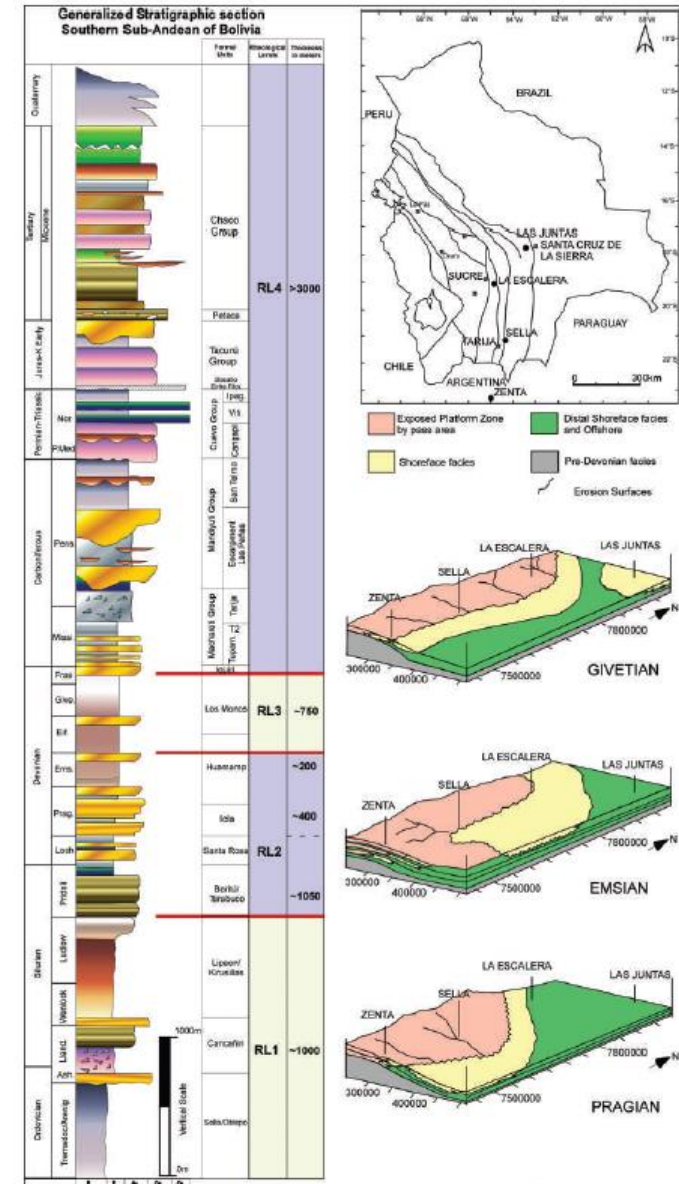
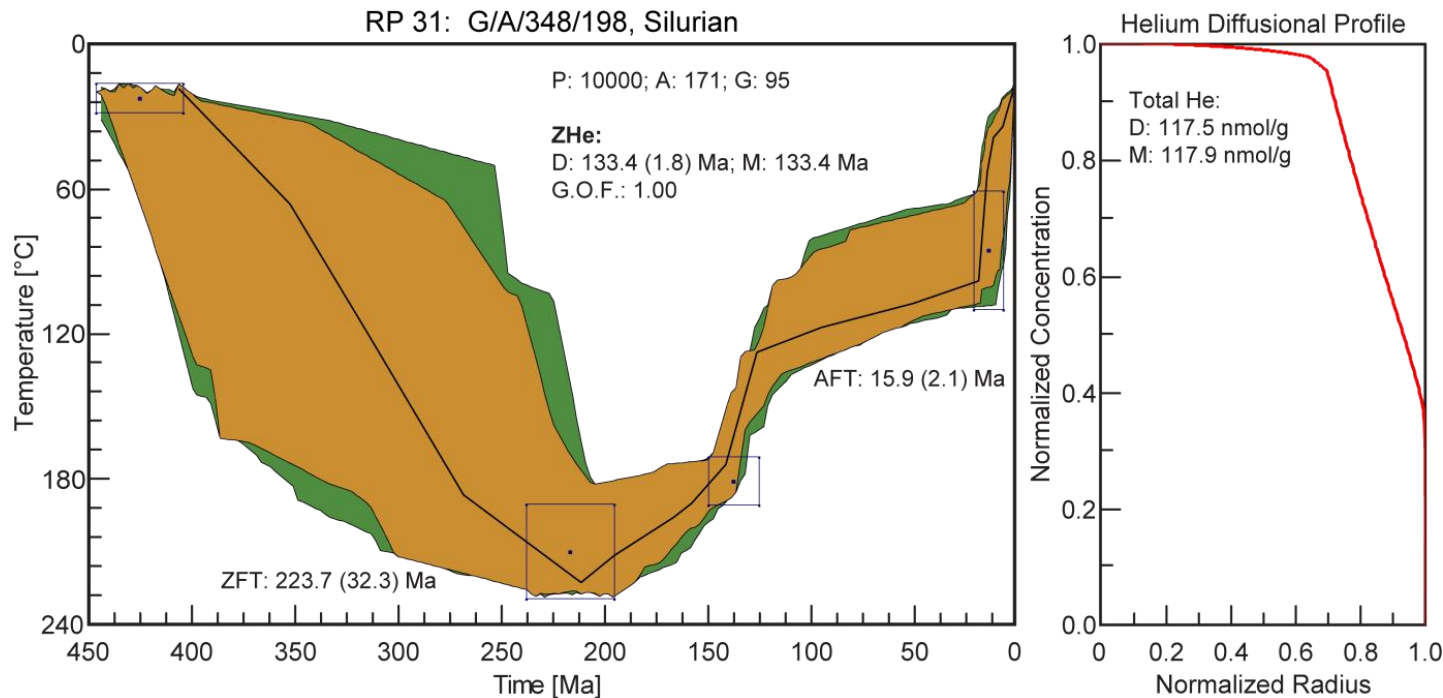


Figure 3. Generalized stratigraphic section of southern sub-Andean of Bolivia (left). Devonian paleogeography in 3-D model showing variation of facies during Pragian, Emsian, and Givetian times (right) following Albarino et al. (2002). Black square in the map shows the location of the 3-D models.

Estableciendo
“constraints”
a los S.P.

APORTE DE LA GEOTERMOCRONOLOGIA

La trayectoria de esta muestra presenta un intervalo de importante calentamiento de manera posterior a su depositación alcanzando los 220° C en el Triásico superior bajo (220 Ma). Tras un complejo *path* de enfriamiento con sucesivos quiebres de pendiente, la muestra silúrica exhibe un certero fenómeno de enfriamiento con posterioridad a los 20 Ma, marcando el ascenso final de la muestra a superficie. Este evento podría relacionarse a una posición de *bulge* correspondiente a Cordillera Oriental para esta edad.



Modelado Tiempo-Temperatura de la muestra silúrica localizada en el flanco oriental del sinclinal Río Carrasco-San José.

XR-Petroandina, 2013

Edad de las
Trampas
andinas

APORTE a la cinemática controlada por la exhumación de la GEOTERMOCRONOLOGIA + ANDINO 3D

J.I. Hernandez et al.

Journal of South American Earth Sciences 105 (2021) 102949

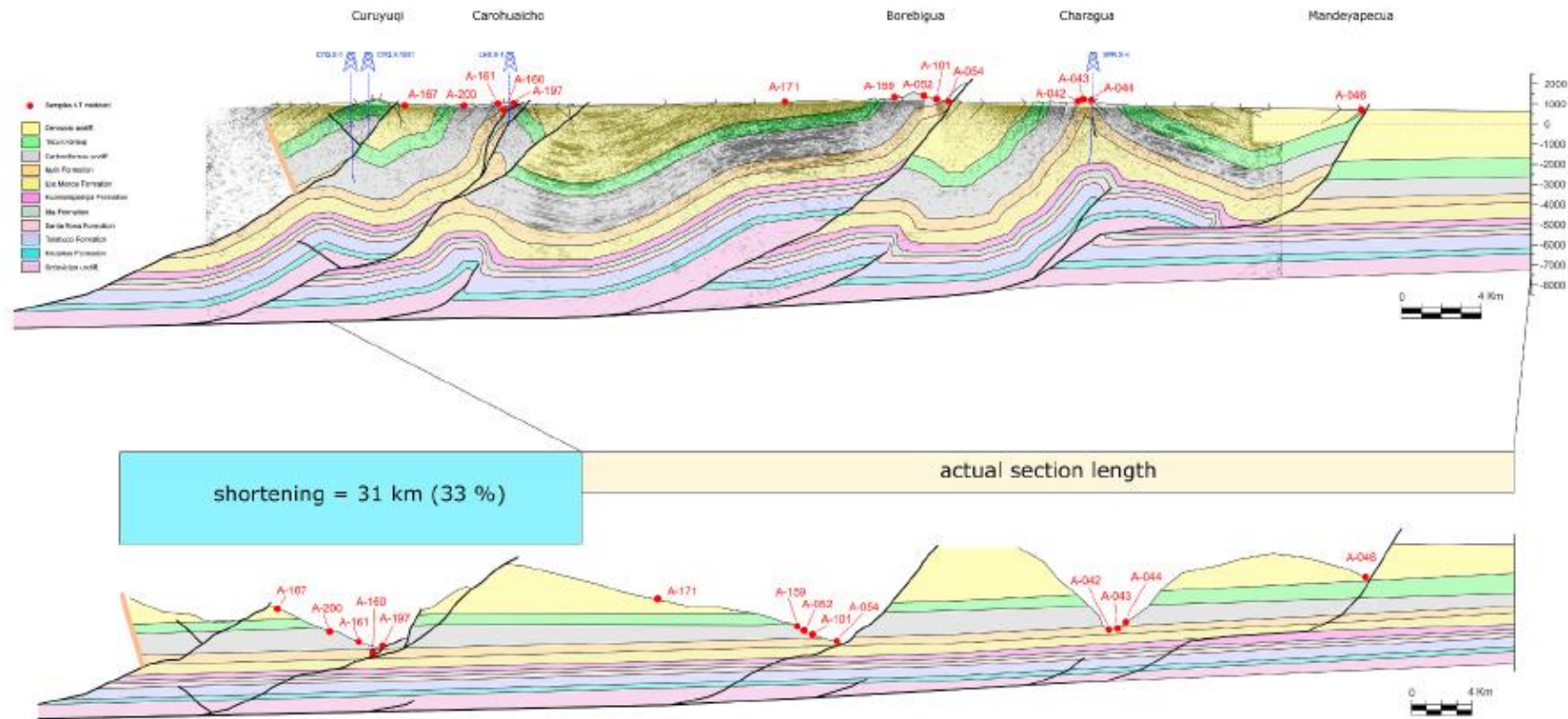


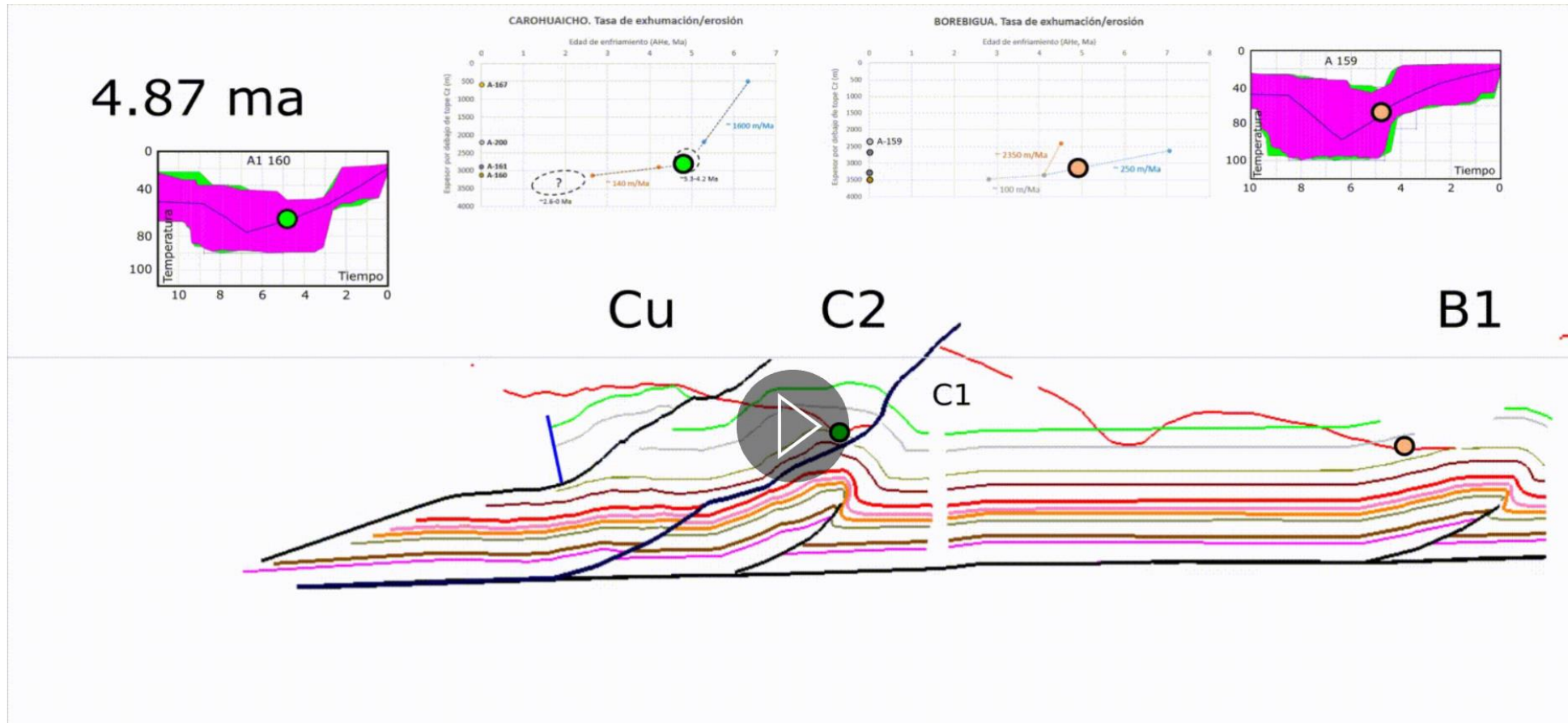
Fig. 5. Balanced cross-section built in the study area with the 2D seismic information (line BO90-05), wells, surface data (see location in Fig. 1 C), and its corresponding restoration. Vertical axis in meters below/above sea level. Samples t-T modeled projected onto deformed and restored cross sections (red dots). (For interpretation of the references to color in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)

Edad de las
Trampas
andinas

APORTE a la cinemática controlada por la exhumación de la GEOTERMOCRONOLOGIA + ANDINO 3D

J.I. Hernandez et al.

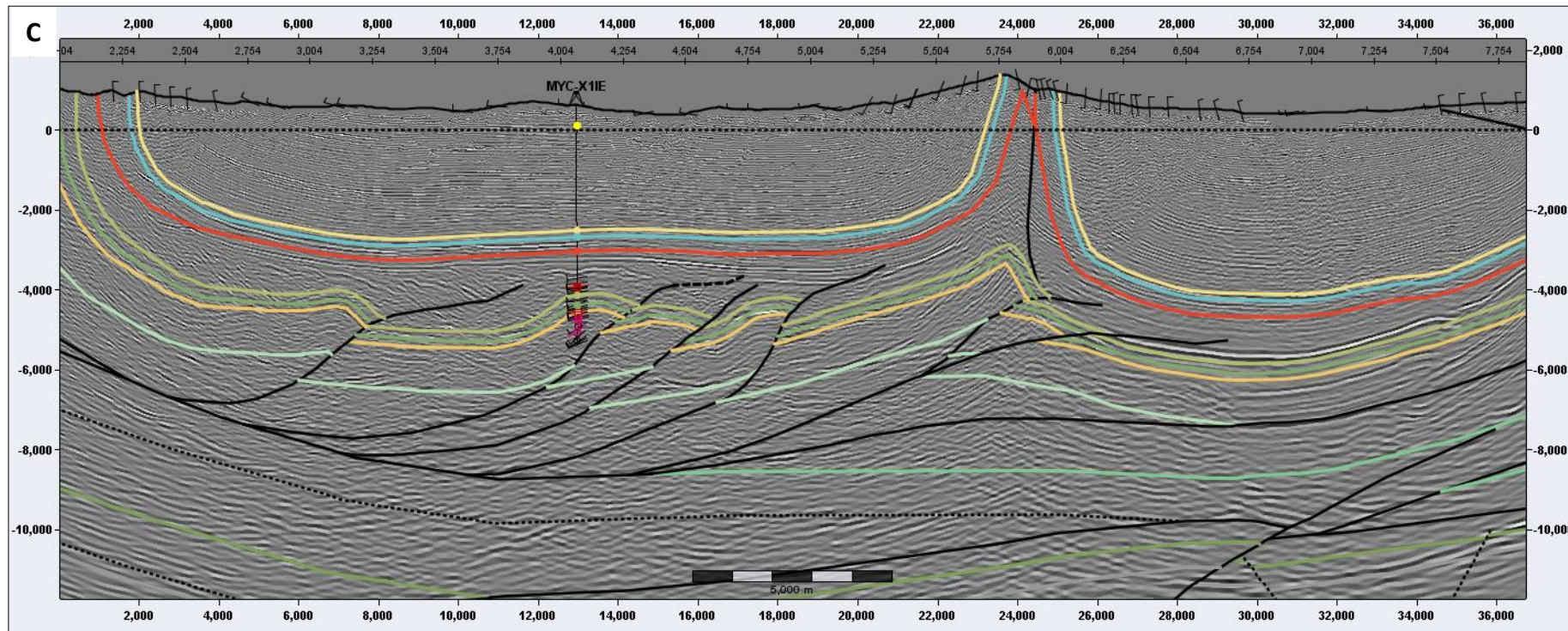
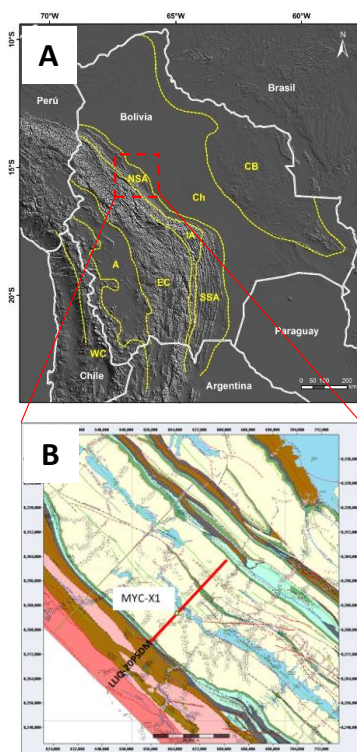
Journal of South American Earth Sciences 105 (2021) 102949



Nuevos
paradigmas
estructurales

APORTE DE LA GEOTERMOCRONOLOGIA + MAPEO DE GEOLOGIA DE SUPERFICIE + NUEVA ESTRATIGRAFIA

Caso del Pozo Mayaya Centro en el Subandino norte de Bolivia. NUEVO DESCUBRIMIENTO con las metodologías desarrolladas



CONCLUSIÓN: Unir lo privado con lo publico con un objetivo común “EL CONOCIMIENTO”



El proyecto de más de 35 años si bien fue reconocido con el premio Robert Berg en mi persona están involucrados un gran conjunto de instituciones y personas que apoyaron para que esto suceda desde L. Spalletti hasta V. Ramos pasando, M. Uliana, A. Boll, R. Viñes, U. Glasmacher, C. Hearing, F. Dzelalija, N. Bolatti, C. Selva, E. Cristallini, T. Jordan, R. Allmendinger, R. Becchio, R. Salvarezza, A. Cecatto junto a mucha más gente que intervino en el proyecto, fundamentalmente Juan Hernández y mi familia en su conjunto.



Todo el Equipo de Los Perseguidores del Tiempo