



## Estudio de termocronología en el sur de la cuenca Ucayali a partir de muestras de cuttings de pozos exploratorios

Facundo Fuentes

Tecpetrol, Della Paolera 299, Piso 21, Buenos Aires, Argentina

### ABSTRACT

A low-temperature thermochronology study, using (U/Th)-He in apatites and zircons, and fission tracks in apatites (AFT), was performed on cutting samples from four exploratory wells of the Ucayali basin: Mashansha 1X, San Martín X-1, Sepa 1X and Sipan 1-X. The purpose of this study was to attempt to date main exhumation events focusing on the formation time of structures in order to understand possible exploratory plays in the basin.

The most significant results have been:

1) The Sepa structure cooled in the Pliocene-Pleistocene, as registered by  $2.0 \pm 0.5$  Ma AFT ages in the green sands and  $\sim 1.7$ - $1.8$  Ma He apatite ages from basement rocks, suggesting that the Sepa structure is very young.

2) All zircons analyzed for He from the Sepa, Sipan and Mashansha wells, including those from the deepest levels, have not been reset, indicating that they were buried at depths no greater than 6 to 7 km (unless very low thermal gradients are considered).

3) A possible exhumation event between 75 y 90 Ma is recorded by (U/Th)-He ages in apatites from the Ambo Group and Ene Fm in the Sipan 1-X well, with at least 1 km of thickness having been removed.

4) AFT ages on the green sand samples from the Sepa 1X well indicate a cooling episode at  $\sim 190$  Ma.

5) The San Martín X-1 (Camisea) yielded confusing results, with grains of Cretaceous age and others fairly recent. This may be due to the sampled level having been located for apatites in the He partial retention zone and in the PAZ (*partial annealing zone*).

### RESUMEN

Se realizó un estudio de termocronología de baja temperatura, usando (U/Th)-He en apatitas y zircones y trazas de fisión en apatitas (AFT), sobre muestras de *cutting* de cuatro pozos exploratorios en la cuenca de Ucayali: Mashansha 1X, San Martín X-1, Sepa 1X y Sipán 1-X. El objetivo del estudio era tratar de datar eventos principales de exhumación, con foco en los tiempos de formación de estructuras, para ayudar en el entendimiento de los posibles *plays* exploratorios en la cuenca.

Las principales conclusiones de este estudio son:

1) La estructura de Sepa es muy joven. Se enfrió en el Plioceno-Pleistoceno: edad AFT de  $2.9 \pm 0.5$  Ma sobre los *green sands*, y edad por (U/Th)-He de  $\sim 1.7$ - $1.8$  Ma en apatitas del basamento.

2) Todos los zircones analizados de los pozos Sepa, Sipán y Mashansha, incluso los de las unidades más profundas, indican que no fueron reseteados, es decir que han permanecido enterrados a profundidades no mayores a 6 o 7 km (a menos que se consideren gradientes térmicos muy bajos).

3) Un posible evento de exhumación entre los 75 y 90 Ma parece registrado por edades (U/Th)-He en apatitas del Grupo Ambo y Fm Ene del pozo Sipan 1-X, con al menos 1 km de espesor removido.

4) Las edades AFT sobre los *green sands* del pozo Sepa 1X indican un enfriamiento en  $\sim 190$  Ma.

5) El pozo San Martín X-1 (Camisea) entregó resultados confusos, con granos de edad cretácica y otros muy recientes, posiblemente debido a que las zonas muestreadas se encuentran para apatitas en la zona de retención parcial de He y en la PAZ (*partial annealing zone*).

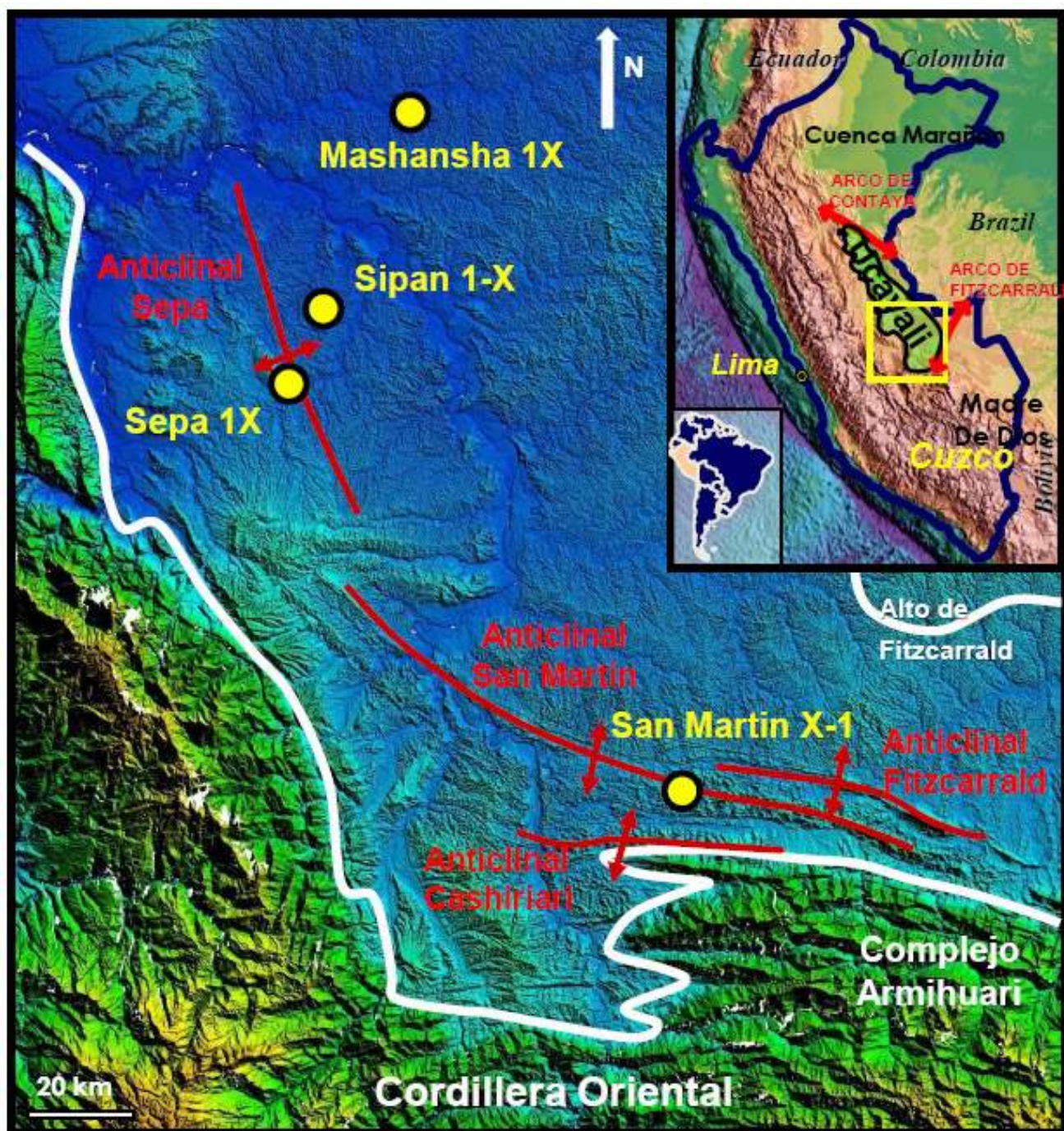


Figura 1. Mapa de ubicación de los pozos estudiados (en amarillo). Modificado de Disalvo et al., 2008.

## 1. Introducción y objetivos

La edad precisa de levantamiento de estructuras anticlinales del frente de la faja plegada en la cuenca de Ucayali es clave para entender los sistemas petroleros de la región por dos razones. Conocerla permite estimar la edad de formación de las trampas, y el tiempo en el cual las vías de migración desde la cocina hacia posibles trampas estratigráficas ubicadas al este quedaron interrumpidas.

Si bien se considera que la generación y migración de hidrocarburos y la formación de trampas estructurales en esta región de la cuenca de Ucayali ha ocurrido principalmente desde el Mioceno medio o tardío, poco se

conoce de la evolución temporal relativa entre los distintos procesos. Por ejemplo grandes estructuras anticlinales pueden estar cargadas (ej.: complejo de estructuras de Camisea) o aparentemente vacías (ej.: Sepa), con la posibilidad de que el tiempo de generación de la estructura tenga alguna influencia sobre ello.

Por otra parte, un tipo de *play* aún no explorado en esta cuenca es estratigráfico, como por ejemplo el caso de reservorios paleozoicos truncados por la discordancia pre-cretácica, con sello en depósitos pelíticos cretácicos. Unos de los riesgos mayores de este *play* es la carga: es necesario que las vías de migración hayan permanecido



intactas desde el *pod* de generación al momento de la expulsión-migración. Por ejemplo, la estructura de Sepa interrumpe en la actualidad este camino de migración desde lo que se considera como el *pod* principal de generación hacia posibles trampas estratigráficas ubicadas al este. Si se puede demostrar que esta estructura es muy reciente (post-migración), se bajaría el riesgo de la carga dentro de estos *plays* estratigráficos.

Este trabajo consistió en un estudio de termocronología de baja temperatura sobre muestras de *cutting* de cuatro pozos (Mashansha 1X, San Martín X-1, Sepa 1X y Sipán 1-X), básicamente tratando de datar eventos principales de exhumación y tiempo de formación de estructuras.

## 2. Metodología

Se aplicaron tres métodos de baja temperatura: (U/Th)-He en apatitas, (U/Th)-He en zircones, y trazas de fisión en apatitas (AFT). Cada uno de ellos tiene una temperatura de cierre distinta.

Los intervalos de muestreo fueron definidos a partir del análisis de perfiles de pozo y litológicos, tratando de identificar los niveles de areniscas más gruesas. Muestras de rocas de basamento fueron incluidas en los pozos que lo alcanzaron. El muestreo fue realizado en Lima sobre fragmentos de *cutting*, mientras que los análisis fueron realizados en la University of Arizona.

## 3. Resultados

A continuación se describen los principales resultados obtenidos sobre las muestras de cada pozo.

### 3.1. Sepa 1X:

Se muestrearon y obtuvieron datos del basamento, Grupo Ambo, y "*green sands*" (tradicionalmente ubicados en el Grupo Tarma). Las muestras de este pozo arrojaron los datos más significativos de este estudio.

- Los resultados de (U/Th)-He en zircones del basamento indican que han estado "fríos", por debajo de 180 °C (~6 km con un gradiente térmico de 30 °C/km), desde el Devónico (edades obtenidas: 439, 396, y 368 Ma), o sea que el basamento no estuvo enterrado a más de 6 km en ningún momento, a menos que se consideren gradientes térmicos más bajos.
- Las AFT sobre muestras de *green sands* indican un episodio de enfriamiento en ~190 Ma. Esto sugiere que estas muestras fueron soterradas y calentadas a más de 110 °C (unos ~4 km, o algo menos si se considera un gradiente térmico muy alto) antes de los 190 Ma, y que luego se enfriaron (conservando aproximadamente 2 km de columna por encima ya que los resultados de (U/Th)-He en apatitas no muestran registro de esa edad de enfriamiento, sino

que indican que las muestras entraron en la *partial retention zone*, residiendo allí por bastante tiempo).

- Se detecta un episodio de enfriamiento en el Plioceno-Pleistoceno: una edad de  $2.9 \pm 0.5$  Ma está registrada por los AFT en los *green sands*, y otra de ~1.7-1.8 Ma por (U/Th)-He en apatitas del basamento. La diferencia temporal tiene sentido debido a dos factores: la diferente posición estratigráfica de los niveles muestreados, y las distintas temperaturas de cierre. Los niveles de *green sands*, siendo menos profundos, tienen necesariamente que haber registrado el enfriamiento a edades más antiguas. Estos datos arrojados por las muestras de este pozo son importantes porque resaltan la edad joven de levantamiento (o al menos reactivación) de esta estructura.
- No resulta claro el significado de algunas edades miocenas (10, 16, 24 Ma) obtenidas por (U/Th)-He en apatitas de basamento y *green sands*. Hay que resaltar que durante la separación y análisis de las muestras que arrojaron estos tres valores existió una confusión en la nomenclatura de las muestras.
- Los datos de AFT del Grupo Ambo sugieren un reseteo parcial en aproximadamente 30 Ma, con significado poco claro también.

### 3.2. Sipán 1X

Se muestrearon niveles de las formaciones Vivian y Ene, *green sands*, y Grupo Ambo, obteniéndose resultados de las unidades Ene y Ambo.

- Mediante (U/Th)-He en zircones, las muestras del Grupo Ambo (Carbonífero) arrojaron edades de ~243, 248, y 413 Ma. Las edades más jóvenes parecen indicar un evento de enfriamiento en el Triásico (rift?).
- Hay un importante evento de exhumación entre los 75 y 90 Ma registrado mediante (U/Th)-He en apatitas del Grupo Ambo y Formación Ene. Se deduce al menos 1 km de espesor removido. El Grupo Ambo presenta edades de 81 (2 muestras) y 89 Ma, mientras que la Formación Ene muestra edades de 74 y 86 (2 muestras) Ma. Estos valores son muy consistentes.
- Las edades por AFT obtenidas sobre muestras de la Formación Ene varían entre 38 y 160 Ma, lo que sugiere que esta unidad parece haber residido en la PAZ (*partial annealing zone*) sin llegar a resetearse antes del evento de enfriamiento del Cretácico tardío. Más específicamente, dos edades, de  $115 \pm 9$  Ma y  $102 \pm 7$  Ma, sugieren que estas muestras residieron en la PAZ durante el Albiano-Cenomaniano.

### 3.3. San Martín X1

Fueron muestreados niveles de la Formación Vivian, del conjunto Nia-Noi-Ene, de los *green sands*, y, en la base, niveles del Grupo Ambo. Solo se obtuvieron resultados del conjunto Nia-Noi-Ene y de los *green sands*. Lamentablemente no se pudo obtener buenos granos o resultados de la Formación Vivian, que es la única unidad que se encuentra con temperaturas debajo de los 70°C, y tampoco zircons del Grupo Ambo. Los dos supuestos granos de apatita recuperados de la Formación Vivian dieron resultados sin sentido: uno de ellos presenta una pátina que afecta significativamente al grano, mientras que el otro parecería ser un zircón (Peter Reiners, comunicación personal).

- En general los resultados de (U/Th)-He en apatitas del conjunto Nia-Noi-Ene y de los *green sands* muestran edades muy dispares, posiblemente producto de la mala calidad de los granos analizados (en algunos casos) y de que las muestras se encontraron probablemente en la zona de retención parcial de He para las apatitas. Se obtuvieron edades de 117, 96, 72, 69, 64, 2.9, 2.3 y 0.5 Ma en un intervalo estratigráfico relativamente acotado.
- De forma similar, las edades por AFT muestran dispersión de valores, desde aproximadamente 70 a 410 Ma, indicando edades detríticas y parcialmente reseteadas. En particular los tracks muy cortos de algunas muestras indican que los granos pasaron tiempo en la PAZ, con enfriamiento o enterramiento lento, lo que está de acuerdo con los datos de (U/Th)-He en apatitas explicados arriba.

### 3.4. Mashansha 1X

- Solo fueron recuperados zircons en los *green sands*. Los análisis de (U/Th)-He dieron edades de 352 y 491 Ma, lo que indica que las edades son detríticas y que los *green sands* permanecieron por debajo de la temperatura de cierre del He en zircons (~180°C), desde el Paleozoico.

## 4. Conclusiones

Todos los zircons analizados, incluso los de unidades más profundas, indican que no fueron reseteados, es decir que han permanecido a temperaturas más frías que

~180°C, y por lo tanto enterrados a profundidades no mayores a 6 o 7 km (a menos que se consideren gradientes térmicos muy bajos). Resultados similares fueron encontrados en un estudio regional por dataciones de fission tracks en zircons (Kennan, 2008).

Las edades obtenidas por (U/Th)-He en apatitas del Grupo Ambo y Formación Ene del pozo Sipan sugieren que un sensible evento de exhumación ocurrió entre los 75 y 90 Ma, con al menos 1 km de espesor removido.

Las edades obtenidas por AFT y (U/Th)-He en apatitas apuntan a un evento de enfriamiento de edad Plioceno-Pleistoceno en la estructura de Sepa, la cual es bastante joven.

Para San Martín X1, los resultados parecen confusos, con granos de edad cretácica y otros muy recientes, posiblemente debido a que las zonas muestreadas se encontraron en la zona de retención parcial de He y en la PAZ para apatitas.

Quizás el dato más significativo de este estudio es corroborar la edad joven de exhumación de la estructura de Sepa. Estudios recientes por Espurt et al. (2011) sugieren que las estructuras subandinas de la región de Camisea son más jóvenes que 6 Ma (edad de exhumación en el Pongo de Mainique).

En general la poca cantidad de muestra disponible y la mala calidad de los granos (tamaño, pátinas, etc.) limitó un tanto los resultados obtenidos.

## Referencias

- Disalvo, A., Ching, J.C., Seminario, F., Lúquez, J., Arteaga, M., Gabulle, J., Davis, S., Valencia, K., de Santa Ana, M. 2008. Sistemas petroleros del Gran Camisea, Sur de la cuenca de Ucayali, Perú. VII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Simposio de Sistemas Petroleros de las Cuenclas Andinas, Mar del Plata, Argentina.
- Espurt, N., Barbarand, J., Roddaz, M., Brusset, S., Baby, P., Saillard, M., Hermoza, W. 2011. A scenario for late Neogene Andean shortening transfer in the Camisea Subandean zone (Peru, 12°S): Implications for growth of the northern Andean Plateau. *Geological Society of America Bulletin*, v. 123, p. 2050–2068.
- Kennan, L. 2008. Fission-track ages and sedimentary provenance studies in Perú, and their implications for Andean paleogeographic evolution, stratigraphy and hydrocarbon systems. VI INGEPEP 2008 (EXPR-3-LK-36), Lima, Perú.