

SOBRE LAS DEFORMACIONES SINSEDIMENTARIAS MESOZOICAS DE LA REGION DE MACHA - POCOATA - COLQUECHACA (NORTE DE POTOSI-CORDILLERA ORIENTAL DE BOLIVIA)

CLAUDE MARTINEZ
ORSTOM - Montpellier

EDGAR VARGAS
UMSA - La Paz

RESUMEN

Con el estudio de la región de Macha-Pocoata-Colquechaca en el Norte de Potosí, se puede entender como se han superpuesto los eventos andinos de edad terciaria a las estructuraciones anteriores dentro de las cuales se observan no solo una tectogénesis hercínica sino también movimientos sinsedimentarios mesozoicos.

Se atestigua la tectónica sinsedimentaria mesozoica desde los primeros depósitos (Jurásico? - Cretácico inferior): con los basaltos incluidos dentro de la Formación arenosa Macha, con la discordancia de los conglomerados (f. Condo) basales de la Formación Kosmina encima de capas inclinadas fracturadas y también, plegadas de la Formación Macha, y con la discordancia de los mismos conglomerados sobre el Paleozoico, eso después que fueron basculados hacia el NE o el SO bloques longitudinales limitados por fallas NO-SE a N-S.

Durante los depósitos de los conglomerados y de las areniscas de la Formación Kosmina, continúa la deformación, manifestándose por variaciones fuertes de potencia de un lado a otro de las fracturas mayores longitudinales, por la presencia de numerosas fallas sinsedimentarias con débil rechazo, directas o directas-diréccionales, las cuales son fosilizadas a medida de su aparición. Algunas de ellas evolucionan como fallas inversas y fallas-plegues cubiertas en discordancias sucesivas por niveles más altos y mas finos de la Formación Kosmina.

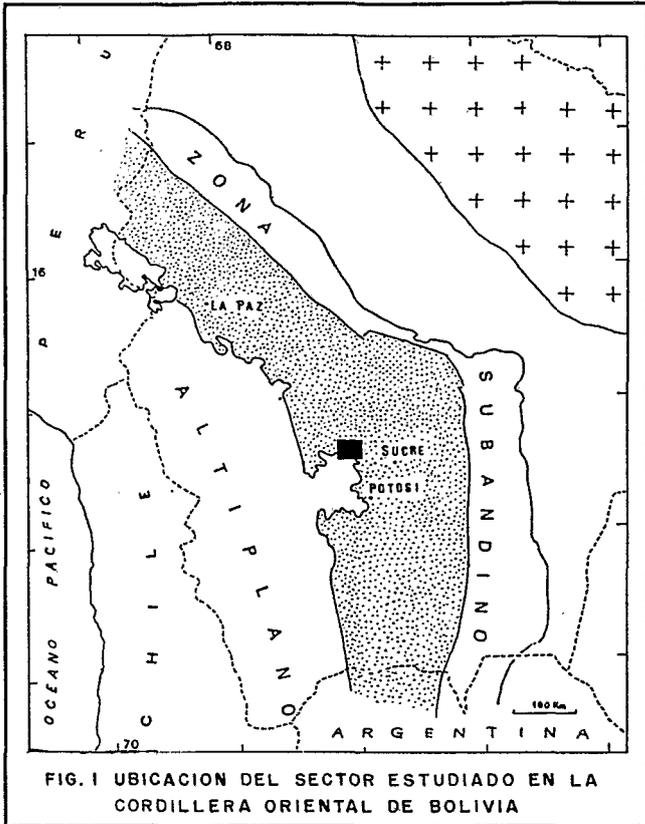
Esta sucesión de deformaciones, durante el depósito de las capas antecenomiananas (pre Formación Miraflores) nos permite encarar la existencia de movimientos distensivos y compresivos, sea que se sucedan rápidamente episodios generales de compresión y distensión, sea que, mas verosimilmente y en un ambiente de apretamiento generalizado, los valores relativos de los esfuerzos varían localmente dando deformaciones sucesivamente compresivas y distensivas. Solo comparaciones con otros sectores de la Cordillera podrían darnos el mecanismo global de la deformación para este período.

ABSTRACT

On synsedimentary Mesozoic Deformations. A study of the region of Macha-Pocoata-Colquechaca, located to the North of Potosí helps to understand how the tertiary andine tectonic has superimposed its effects on existing structures of hercynian tectogenesis and mesozoic synsedimentary movements.

The mesozoic synsedimentary tectonic is attested as by the first deposits (Jurassic? - Lower Cretaceous) of effusion of basaltic lavas intruded into the formation of Macha sandstones, by the basal conglomerates of the Kosmina formation discordant on the dipping, fractured and even folded layers of the Macha formation, as well as by these conglomerate which discordant on paleozoic terraces after tilting of longitudinal elements to the NE or SW via the effects of large faults trending NW-SE or N-S. The deformation is continuous during the deposit of the conglomerates and sandstones of the Kosmina formation. This is indicated by the sudden variations of their thickness on both sides of the large longitudinal faults, by the numerous synsedimentary normal to transverse faults of short duration of activity. Some of the latter faults may evolve into reverse faults and fault folds buried discordantly under the higher and more fine grained levels of the Kosmina formation. This series of deformations permits to postulate the existence of movements of distension and compression during the deposit of the antecenomian layers (anterior to the Miraflores formation) whether through rapid changes of the regime of stress, or more probably - within a frame of generalized compression via successively compressive and distensive local deformation due to local variations of stress. Further comparisons with other areas of the Cordillera will permit to establish a global mechanism for the deformations observed during that epoch.





INTRODUCCION

En la región de Macha -Pocoata - Colquechaca (Provincia Chayanta, Departamento de Potosí), correspondiente a la zona centro-occidental de la Cordillera Oriental de Bolivia, se observan importantes afloramientos del Mesozoico (Fig 1 y 2). Estos afloramientos sobreyacen discordantemente sobre rocas del Paleozoico Inferior plegado y fracturado, y ocupan fajas alargadas, más o menos estrechas, muchas veces sobrepuestas a fosas paralelas a la dirección general de la cadena andina.

No existen dudas sobre el carácter sintectónico de la sedimentación cretácica, lo que explica las variaciones faciales y de espesor que ocurren muchas veces en forma rápida de un afloramiento a otro como también dentro de una misma zona. La movilidad del substrato pudo manifestarse de varias maneras: desplazamiento de las áreas de subsidencia en el transcurso del tiempo, movimientos tectónicos de distensión (fallas directas, diques clásticos, magmatismo básico) o de compresión (pliegues y fallas inversas).

CUADRO ESTRUCTURAL

A la fecha, el conocimiento de esa región estaba limitado a la descripción de aspectos estratigráficos y geométricos de las grandes estructuras (tesis de grado de la UMSA y Bra-

nisa, 1968). Los primeros resultados con enfoque estructural muestran que la tectogénesis andina se superpone ampliamente a estructuras anteriores. El mapeo y los perfiles realizados (fig. 2a y 2b) revelan que la zona considerada presenta un aspecto estructural relativamente sencillo en su conjunto. Un análisis más detallado permite, sin embargo, reconocer los efectos de un plegamiento pre-mesozoico al cual se suma una fracturación con rumbo NW-SE, paralelo a la cadena, y con rumbo NE-SW, ortogonal.

La mayoría de esas fallas tuvieron un movimiento contemporáneo a la sedimentación mesozoica; ellas son retomadas por las deformaciones compresivas andinas: las fallas longitudinales se reactivan como fallas inversas con volcamientos hacia el NE o el SW, o sea por ambos lados de las zonas de fosas y pilares; ellas guían la formación de anticlinales estrechos, fallados y volcados que separan vastos sinclinales con gran radio de curvatura.

LA DEFORMACION HERCINICA

No tenemos pruebas directas para atribuir a la tectónica hercínica las deformaciones que afectan al Paleozoico, cubierto y sellado por las primeras capas mesozoicas discordantes. Por comparación con otros sectores de la cadena (Andes septentrionales de Bolivia) atribuimos a la tectogénesis hercínica los pliegues amplios, los cuales hacen que los terrenos mesozoicos cubran diferentes niveles del Paleozoico inferior (Ordovícico-Silúrico). Se observa frecuentemente una discordancia regional, como también es muy nítido identificar que las fallas longitudinales mayores cortan oblicuamente a estructuras plegadas del Paleozoico (falla Esquena, falla al oeste de Macha, etc...) (fig. 2).

El plegamiento hercínico es relativamente de menor intensidad en esta región, lo que puede ser explicado por una situación muy externa en relación con el eje de la cadena. Pliegues con grandes radios de curvatura y pliegues encofrados son así recubiertos por los terrenos posteriores con discordancia angular nítida o enmascarados por efecto de la erosión. Esto se debe fundamentalmente a que las grandes fracturas posteriores podrían corresponder en su mayoría con fallas profundas reactivadas por encima de las cuales se amoldarían los pliegues hercínicos (anticlinales estrechos y agudos, flancos de pliegues encofrados).

RELACION TECTONICA - SEDIMENTACION MESOZOICA

Todos los depósitos mesozoicos están casi siempre controlados por movimientos sin-sedimentarios.

1.- Contexto estratigráfico

Los primeros depósitos mesozoicos pertenecen al Grupo Cochabamba (Formación Macha (Sempere, 1986) y al sub-grupo Sucre del Grupo Puca (formaciones Condo-

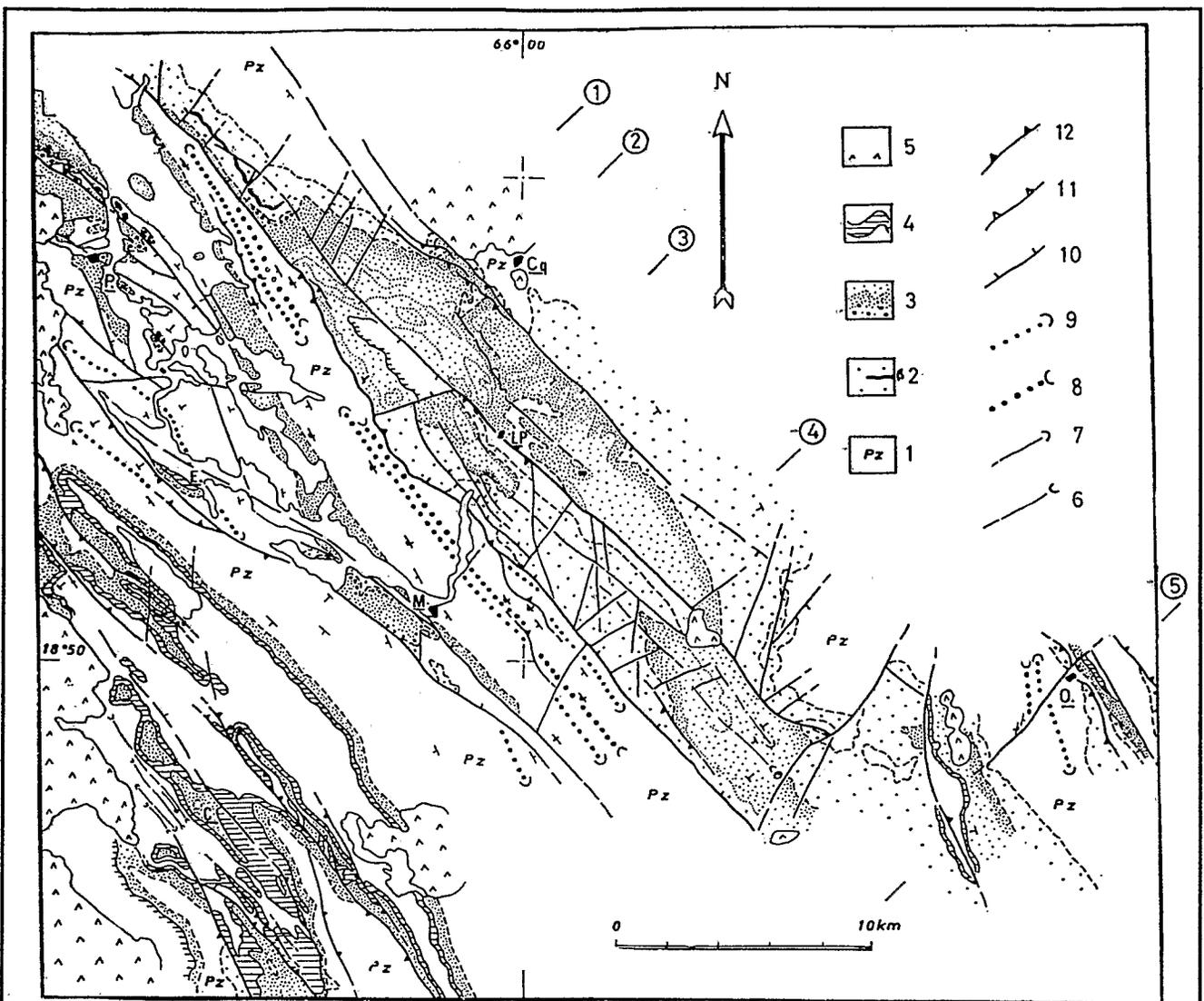


FIG. 2a MAPA GEOLOGICO DE LA REGION DE MACHA

1. Paleozoico indeterminado. 2. Arenisca Macha (Jurásico ? - Cretácico Inferior) 3. Conglomerados, areniscas y pelitas Condo - Kosmina (Cretácico Inferior) 4. Calizas Miraflores (Cenomaniano) 5. Terrenos posteriores.
6 y 7 Ejes anticlinales y sinclinales en el mesozoico. 8 y 9 Ejes anticlinales y sinclinales en el paleozoico.

-Kosmina-Tarapaya). La Formación Macha de edad Jurásico Inferior, según Sempere (1986) (1), está constituida por areniscas medias a gruesas con estratificación oblicua, de color blanquecino a rosado.

La Formación Condo empieza generalmente con conglomerados, y areniscas-conglomeradicas de color rojo violáceo, pasando, tanto lateralmente como verticalmente, a intercalaciones de areniscas y pelitas del mismo color, constituyendo así una secuencia continental nitidamente grano-estratodecreciente.

Las formaciones Macha y Condo-Kosmina son anteriores a la Formación Miraflores, marina y de edad cenoma-

niana (Branisa, 1968) en los afloramientos de calizas ubicadas cerca de la localidad de Esquena (fig. 2a y 2b). La discontinuidad que separa las formaciones Macha y Condo, Sempere (1986a) la compara con la "discontinuidad araucana" de edad kimeridjiana (Stipanovic, 1969) por lo que propone asignarle una edad jurásico terminal por la Formación Condo (1).

2.- La tectónica sinsedimentaria pre-Condo:

No tenemos ninguna certeza sobre la extensión que alcanzaba la "Formación Macha" en la región estudiada, posiblemente ocupaba una superficie más extensa que el área

cubierta por los afloramientos actuales que se observan. Esto puede comprobarse con las remanentes encontradas en el sector Suroeste del área estudiada (Malliri-Macha).

Sin embargo la extensión de las areniscas Macha fué reducida antes del depósito de las formaciones Condo-Kosmina. Admitimos que la reducción resulta de la erosión de amplios sectores de la zona después de los movimientos sin a post-sedimentarios de la Formación Macha.

Durante el depósito de la Formación Macha existe un derrame de basaltos (Cerro Chuñuma-Loma en el camino Pocoata-Colquechaca); se atestigua la existencia temprana de una movilidad tectónica la cual se halla también marcada por la discordancia de las formaciones Condo-Kosmina.

Esta discordancia se presenta de la siguiente manera:

- a) Sobre capas inclinadas (Castilla Huma) o sobre capas plegadas (Macha) de la Formación Macha (fig. 2b).
- b) Directamente sobre terrenos paleozoicos, como también en zonas donde la Formación Macha presenta fuertes espesores (fosa La Palca).

Esta discordancia solo puede explicarse admitiendo una separación en bloques del substrato antes del depósito de las formaciones Condo y Kosmina; esta separación en bloques es el producto del juego de grandes fallas longitudinales las

cuales dividen a la región en fajas alargadas con dirección NW-SE. Estas fajas podrían corresponder a zonas de fosas y pilares.

Las fosas donde se conservó la Formación Macha muestran dos aspectos diferentes:

- En ciertos casos son fosas muy estrechas como la fosa de Macha.
- En otros casos, las fosas son muy amplias, de varios kilómetros de ancho y subdivididas longitudinalmente por fallamiento (fig. 3). Este fallamiento estaba acompañado por un movimiento de basculamiento de bloques orientado ya sea al Suroeste (Castillo Huma) o al Noroeste (Ocuri-Colquechaca), que ocurrió antes de la deposición de las formaciones Condo y Kosmina.

Lo dicho anteriormente se corrobora a escala más pequeña: en observaciones de afloramientos de las areniscas Macha, las cuales presentan grietas rellenas con sedimentos de la Formación Condo, acompañadas generalmente de pequeñas fallas selladas por la discordancia de la Formación Condo.

Las grietas y fallas tienen un rumbo general NW-SE con variaciones WNW-ESE lo que demuestra que existió durante este período un alargamiento aproximado de dirección

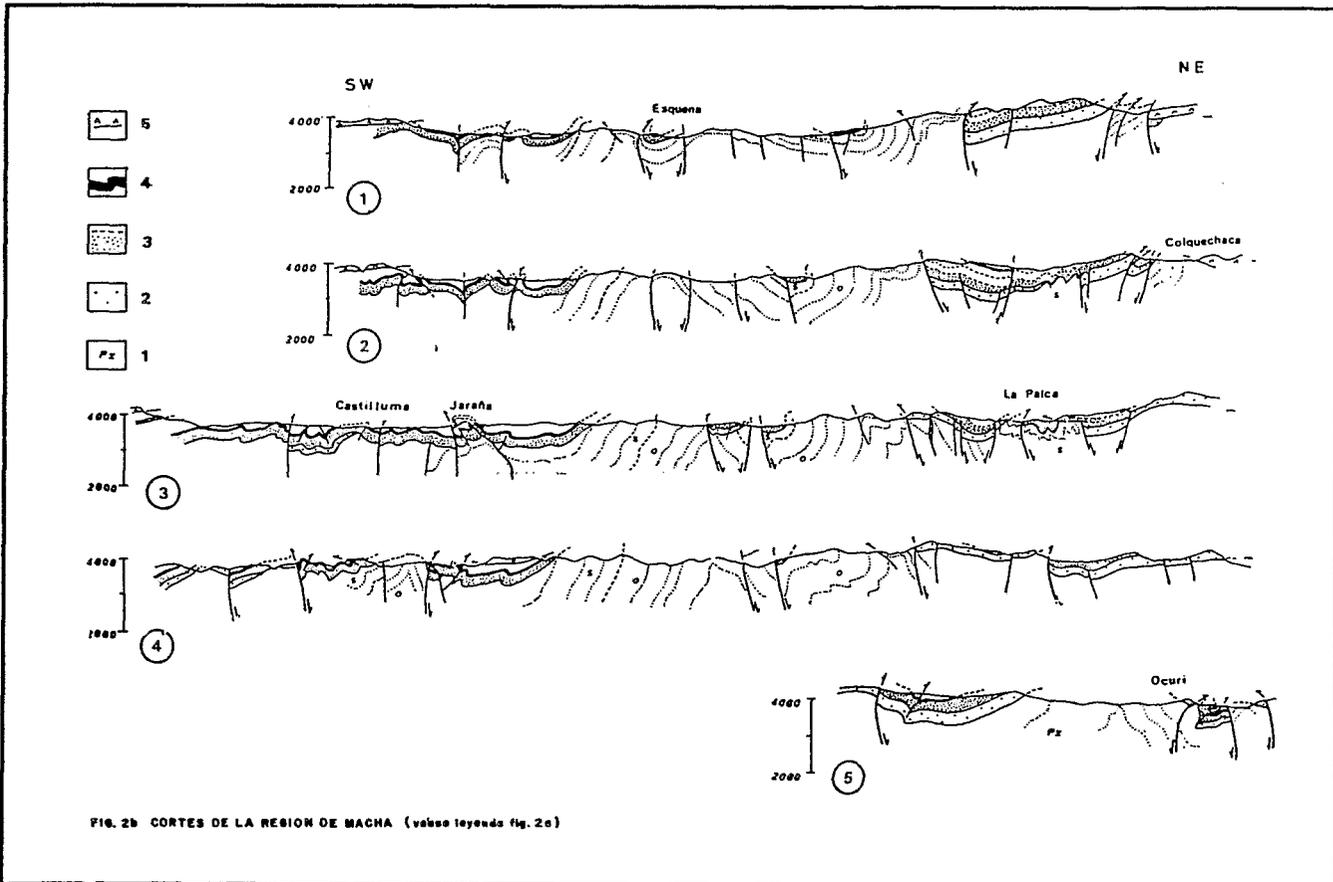


FIG. 2b CORTES DE LA REGION DE MACHA (véase leyenda fig. 2a)

NE-SW. Una fracturación similar se observa en rocas del Ordovícico que subyacen a la Formación Condo que podría muy bien corresponder a la misma fase.

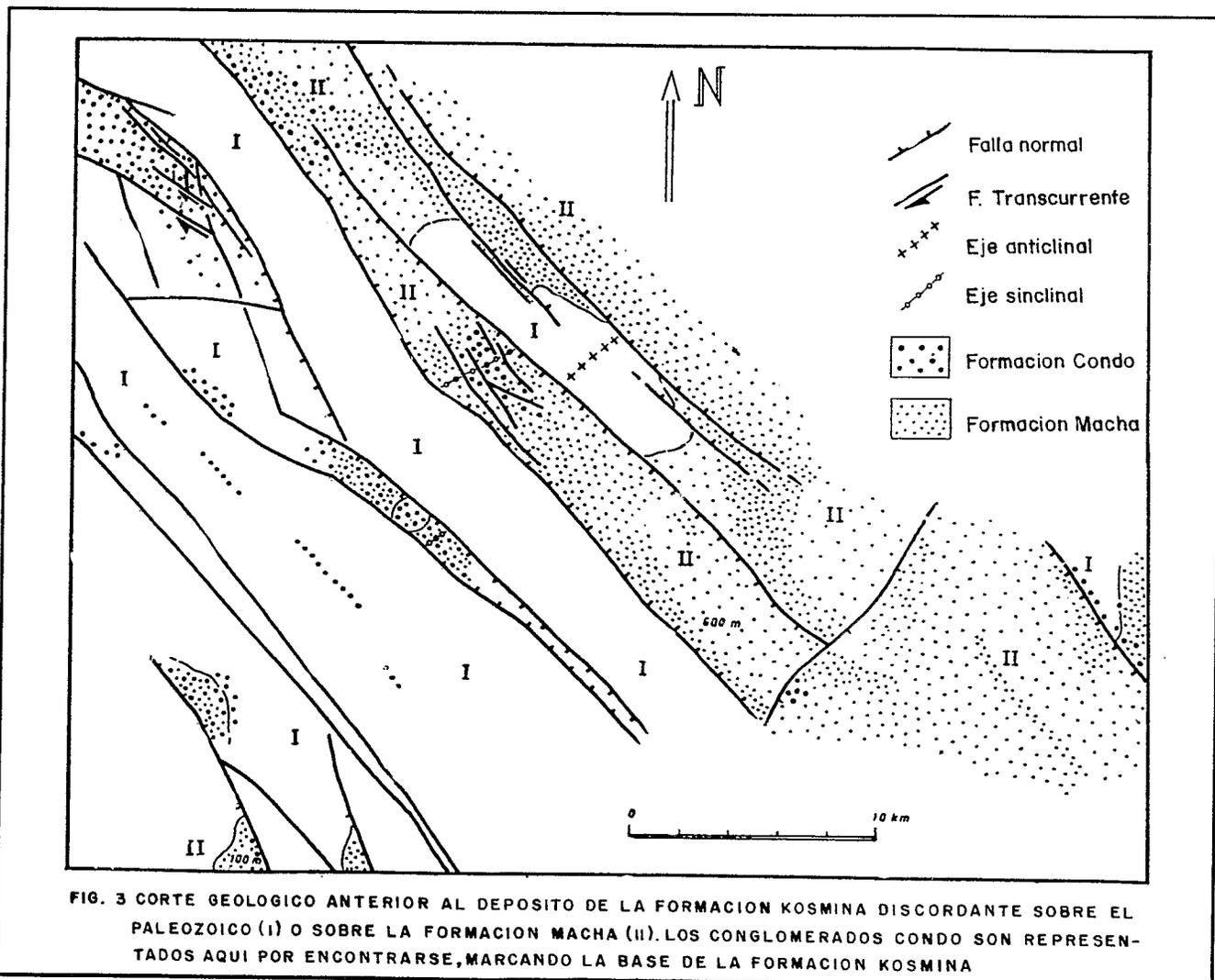
Sin embargo se debe recalcar la existencia de otro mecanismo de deformación, ya que no es posible explicar con una sola distensión los siguientes hechos observables:

- a) El plegamiento de las areniscas Macha, cubierto por la discordancia de la Formación Condo se observa al Oeste de Macha donde una estructura sinclinal hectométrica tiene un eje NNE-SSW.
- b) La discordancia que se observa en la región de Palca donde la Formación Kosmina reposa directamente sobre el Paleozoico (Formación Uncía del Silúrico); que no es normal por existir contiguamente, tanto al Norte como al Sur, potentes espesores de la Formación Macha discordante sobre el Paleozoico (Formación Uncia). En esta zona, con rumbo NW-SE, se observa el rápido adelgazamiento de la Formación Macha.

Un rasgo similar ocurre al Oeste de la Falla longitudinal de Palca donde la Formación Macha, en su sector Norte (cerro Chunuma Loma), alcanza espesores hasta de 500 m mientras que en el mismo sector de Palca (camino Palca-Colquechaca) el espesor de esta formación se reduce a espesores menores a 100 m para volver a aumentar hasta los 600m en su prolongación Sur (abra Omaicuri Pampa), ocurriendo un nuevo adelgazamiento más al Sur.

Estas variaciones de espesor en sentido longitudinal se pueden explicar admitiendo la existencia de pliegues amplios de gran radio de curvatura, con orientación similar a la estructura sinclinal desarrollada en la Formación Macha y mencionada en el inciso (a).

Esto permite concluir la posible superposición de un sistema de pliegues y fracturas transversales al sistema de falla longitudinales generadoras de pilares y fosas alargadas, lo que ocurrió con anterioridad a la deposición de la Formación Condo-Kosmina.



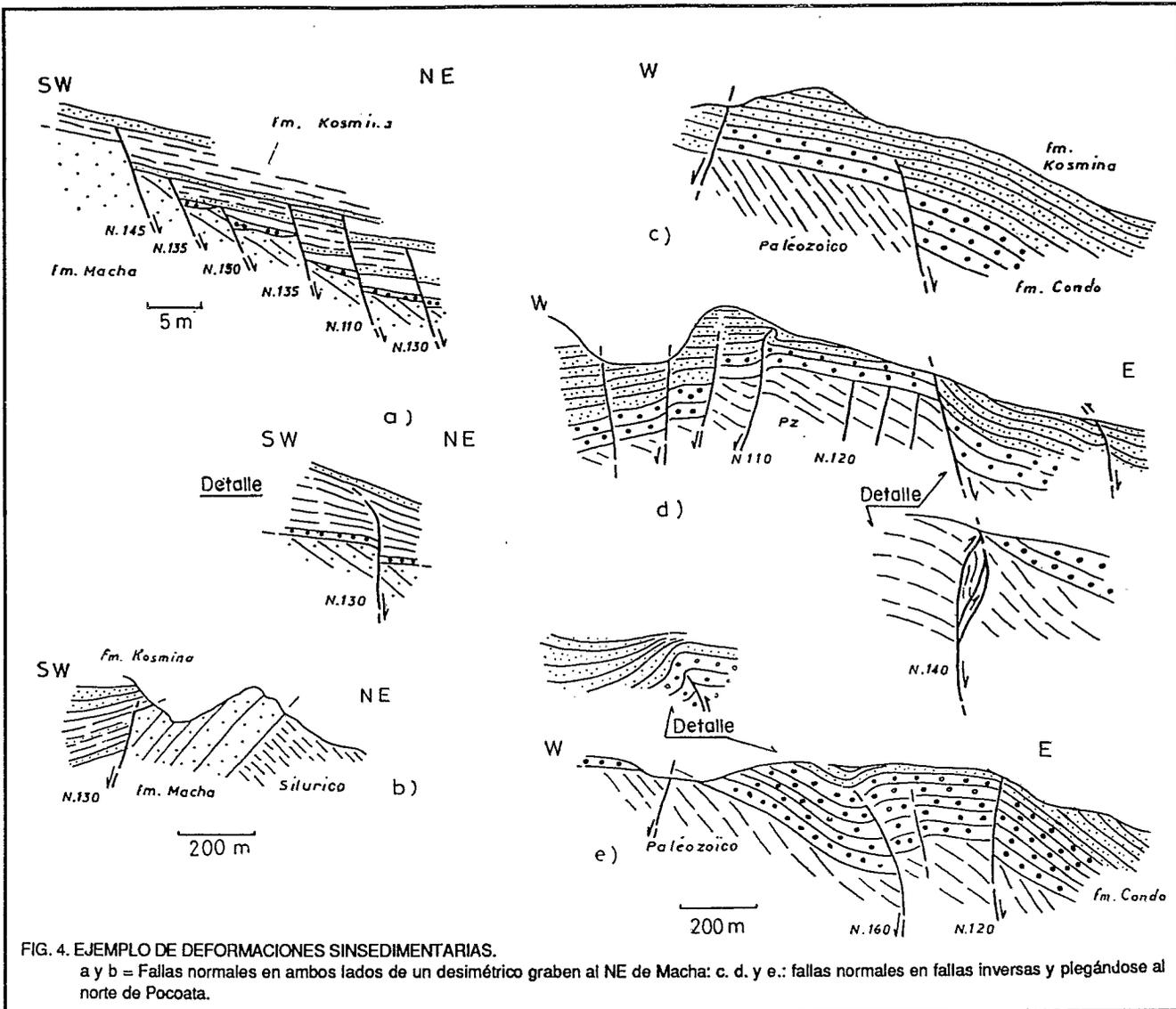


FIG. 4. EJEMPLO DE DEFORMACIONES SINSEDIMENTARIAS.

a y b = Fallas normales en ambos lados de un desimétrico graben al NE de Macha; c, d, y e.: fallas normales en fallas inversas y plegándose al norte de Pocoata.

La presencia simultánea de estos dos sistemas sobrepuestos podría explicarse mediante un mecanismo de compresión horizontal de sentido NW-SE, acompañada de una distensión horizontal NE-SW, perpendicular a la anterior. En esta primera etapa de deformación sin-sedimentaria, la compresión NW-SE sería el origen de los pliegues y de la rotación de los bloques basculados. La distensión en el sentido NE-SW sería la responsable de la separación de los bloques en pilares y fosas por reactivación de las grandes fallas que ya existían. Es posible que muchas de ellas tenían movimientos de rumbo.

3.- La tectónica sin-sedimentaria durante la deposición de las formaciones Condo y Kosmina.

Luego de las deformaciones y erosiones ocurridas antes

de la deposición de la Formación Condo se produce su deposición sobre un substrato heterogéneo que puede ser el Paleozoico plegado o la Formación Macha deformada. Alcanza un desarrollo máximo de espesores al Norte de Pocoata y un menor desarrollo en la parte Oeste de Macha, en discordancia sobre la Formación Macha plegada. En el resto del área, esta formación desaparece o existe en forma de pequeños lentes con componentes más finos y angulosos. En este caso, la Formación Kosmina puede descansar directamente sobre las areniscas Macha (Sur de Colquechaca) o sobre el Paleozoico (Este de Pocoata).

Las variaciones en la distribución y espesor de la Formación Condo demuestran que su deposición ha sido ampliamente controlada por un movimiento del sistema de fallas sin-sedimentarias. Este movimiento puede observarse en varios lugares entre los que se puede citar los siguientes:

1.- A lo largo del Río Colquechaca, por donde pasa el camino Macha-Colquechaca, en el flanco Suroeste del Sinclinal de Tucuma-La Palca, por encima de las areniscas Macha, se observa el conglomerado Condo con un desarrollo mínimo (20 cm) por debajo de la Formación Kosmina. Simultáneamente a la deposición de las formaciones, actúan pequeñas fallas normales sinestrales (oblicuas) de rumbo NW-SE a WNW--ESE (fig. 1). Ambas formaciones son afectadas de manera que el desarrollo de la Formación Condo aumenta hacia el Noreste mientras que depósitos de la Formación Kosmina cubren y sellan las indicadas fallas a medida que ellas ocurren.

En el flanco Noreste del mismo sinclinal ocurre algo similar aunque con la presencia de una sola falla observable, pero de mayor rechazo geométricamente; la deposición ocurrió en una fosa disimétrica, en la cual la parte oriental sufrió un hundimiento más rápido y con probable rotación (fig 2).

2.- En el tramo del camino de Palca a Colquechaca, en el cañon del río se observa una falla importante de rumbo NW-SE, paralela al río y que fractura las areniscas Macha. Los primeros bancos de la Formación Kosmina la cubren.

Al Suroeste de esta zona fallada es donde la Formación Kosmina se halla fuertemente plegada, contrastando con la zona del Norte de la misma donde se la observa sin formar pliegues.

Esto puede explicarse admitiendo que esta falla, antes de la deposición de la Formación Kosmina, constituye el borde del relieve con rocas silúricas sobre el cual se deposita la Formación Kosmina. Esto justifica la desaparición de la Formación Macha por lo que la deformación es más fácil.

3.- Al Norte de Pocoata, la deformación sin-sedimentaria es también fácilmente observable.

Es esta zona las fallas que afectan al mismo tiempo a la Formación Condo y a su basamento paleozoico, tienen rechazos decamétricos y demuestran ser fallas normales de rumbo NW-SE a WNW-ESE, pero algunas de ellas en niveles superiores, evolucionan a fallas inversas (fig. 3).

El paso de la geometría de falla normal a inversa puede apreciarse tanto en forma lateral como vertical. El movimiento correspondiente a la distensión efectiva esencialmente a la Formación Condo. La deformación con falla inversa se produce cuando aparece la Formación Kosmina afectándola en sus niveles basales; desaparece pasando en los siguientes niveles a pliegues volcados los cuales se van atenuando, acompañados por discordancias progresivas (fig. 4).

Esto permite constatar que en un periodo relativamente corto se pasa de un estado de distensión NS-SW a un estado de compresión, lo que posiblemente podría ser consecuencia de una modificación local de la orientación de los esfuerzos actuantes, en el transcurso de la sedimentación de la Formación Kosmina.

4.- Después de la deposición de la Formación Kosmina

es difícil, al presente, poder definir los acontecimientos tectónicos que ocurrieron durante ese periodo de sedimentación, por no contar con datos precisos.

5.- La tectogénesis andina.

La tectónica andina se superpone a las deformaciones hercínicas y sin-sedimentarias mesozoicas; por lo que la geometría actual que se observa en las estructuras del Paleozoico y Mesozoico son el resultado final de la acción de la tectónica andina sumándose a las deformaciones anteriores.

Durante la tectónica andina ocurrieron varias fases de compresión, cuyas edades no pueden ser datadas, aunque es posible identificar la ocurrencia de los siguientes acontecimientos sucesivos:

Plegamiento y fallamiento inverso tardío, que se superpone a una deformación anterior, como la que se observa en la región de La Palca (cerro Pukara) donde la Formación Kosmina muestra pliegues en "Chevron" con volcamiento hacia el Suroeste, los que son cabalgados por la Formación Macha mediante una falla inversa hacia el Noreste.

Un segundo ejemplo se observa en la estancia Jaraña, al Oeste de Macha, donde una estructura anticlinal, de rumbo NW-SE, es acompañada por una falla inversa de alto ángulo que afecta al flanco Oeste. Este conjunto deforma una estructura ya plegada y más compleja dentro de la cual se ha observado que el flanco Suroeste invertido ha sido cabalgado por el flanco Este normal mediante una falla horizontal con un rechazo aproximado de 100 m. Posteriormente el conjunto es replegado y fallado, poniendo en algunos sectores las formaciones Tarapaya y Aroifilla en contacto directo.

Estos dos ejemplos ratifican la acción de sucesivos acontecimientos compresivos que actuaron durante la tectónica andina.

CONCLUSION

Con todos los argumentos presentados se puede concluir que, desde el punto de vista regional, dentro del área, durante la sedimentación de las formaciones Macha y, posteriormente, Kosmina y Condo, existieron manifestaciones distensivas y compresivas simultáneas; sin embargo, esto no permite precisar con exactitud el mecanismo global de deformación. Probablemente estas deformaciones pueden ser debidas a reacciones locales que fueron controladas por la existencia de fracturamientos ocurridos anteriormente.

Esto permite percibir la existencia de una disposición estructural compleja durante el mesozoico, cuyas complicaciones estructurales, tales como la coexistencia de pliegues y fallas normales, pueden incluir también desplazamientos horizontales de tal manera que estructuras anteriores hayan sufrido o desplazamientos muy grandes, o flexiones acompañadas de fenómenos de torsión. Como ejemplo se puede citar las estructuras que, fundamentalmente, afectan al Cre-

tácico ubicado en las serranías Este y Oeste, en ambos lados de la falla de Esquena.

Hasta el presente (Megard, 1978; Dalmayrac et al., 1980; Martines, 1980), se consideraba que, durante el mesozoico, una tectónica distensiva controlaba la sedimentación y el volcanismo. Con este trabajo se quiere señalar que, durante el mesozoico y en esa región de los Andes centrales, ocurrieron en forma simultánea tanto fenómenos de compresión como de distensión. Esto fue ya encontrado por Cordo-

ba (1986) en las capas rojas del Cretácico terminal-Paleoceno de la cuenca de Cuzco (Perú).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades de la Universidad Mayor de San Andrés, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos y ORSTOM por haber colaborado en los trabajos de campo y en la publicación de este artículo.

REFERENCIAS CITADAS

- AHLFELD, F. y L. BRANISA, 1960. *Geología de Bolivia*.- 245 p., 1 carte h.t., Edit. don Bosco, La Paz.
- BARRIOS, J., 1965. *Estudio geológico de la región de Tica Tica Provincia Quijarro, Potosí. Tesis Univ. Mayor de San Andres. La Paz.*
- BRANISA, L., 1968. *Hallazgo del ammonite Neolobites en la caliza de Miraflores y de huellas de dinosaurios de la Formación El Molino y su significado para la determinación de la edad del "Grupo Puca". - Bol. Inst. Boliv. Petr. (I.B.P.), 8, No. 1: 16-29, La Paz.*
- CIRBIAN, M., 1968. *Estudio geológico de la región de Panachi - Moscarí-Pocoata. Tesis U.M.S.A., La Paz.*
- CLAURE, L., 1965. *Estudio de la región de Macha, Provincia Chayanta, Potosí. Tesis U.M.S.A., La Paz.*
- CORDOVA, M., 1986. *Un bassin intramontagneux andin péruvien. Les couches rouges du bassin de Cuzco (Maestrichtien-Paléocène). These. Univ. de Pau et des Pays de l'Adour, 171 p., Pau.*
- DALMAYRAC, B., G. LAUBACHER y R. MAROCCO, 1980. *Géologie des Andes péruviennes.- Trav. et doc. de l'ORSTOM, 501 P., París.*
- FERAUDE, C., 1970. *Estudio geológico minero de la región de Ocuri - Maragua y Marcoma . Tesis U.M.S.A., La Paz.*
- MARTINEZ, C., 1980. *Structure et Evolution de la chaîne Hercynienne et de la chaîne Andine dans le nord de la cordillère des Andes de Bolivie.- Trav. et. Doc. de l'ORSTOM, 352 p., París.*
- MEGARD, F., 1978. *Etude géologique des Andes du Pérou central.- Mem. ORSTOM, No.86, 310 p., París.*
- STIPANICIC, P.N., 1969. *El avance en los conocimientos del Jurásico argentino a partir del esquema de Groeber.- Rev. Asoc. Geol. Arg. XXIV, 4, Buenos Aires.*

Claude Martinez
213, rue La Fayette
75010 Paris, Francia

Edgar Vargas
Universidad Mayor de San Andrés
La Paz - Bolivia

**SOBRE LAS DEFORMACIONES SINSEDIMENTARIAS
MESOZOICAS DE LA REGION DE MACHA - POCOATA -
COLQUECHACA (NORTE DE POTOSI -
CORDILLERA ORIENTAL DE BOLIVIA)**

**Claude Martínez
ORSTOM - Montpellier**

**Edgar Vargas
UMSA - La Paz**



REVISTA TECNICA DE YPF.B. VOL. 11, Nº 1, MARZO DE 1990

100