

# NUEVOS DATOS EN LA LITOESTRATIGRAFÍA Y TECTÓNICA MIO- PLEISTOCENA EN EL OCCIDENTE AMAZÓNICO: SUR-ESTE PERÚ

Autores:

Víctor Carlotto<sup>1,2</sup>, José Cárdenas, Fredy Jaimes<sup>1</sup>, Darwin Romero<sup>1</sup>, Waldir Valdivia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INGEMMET, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, vcarlotto@ingemmet.gob.pe

<sup>2</sup>Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, UNSAAC

## RESUMEN

Estudios estratigráficos y tectónicos en las unidades superficiales en la parte occidental de la Amazonía del sur del Perú permiten diferenciar 3 unidades estratigráficas: la Formación Ipururo (Mioceno superior), la Formación Madre de Dios (Plioceno medio) y las Terrazas fluviales (Pleistoceno superior). Dataciones Ar/Ar y Trazas de Fisión de diferentes autores, confirman y precisan mejor las edades atribuidas anteriormente. Se pone en evidencia al menos tres eventos tectónicos, uno entre 5 y 4 Ma que produce pliegues y fallas inversas NO-SE. El otro evento, se desarrolla alrededor de 2.5-2 Ma, originando fallas inversas sinestrales y pliegues NNE-SSO, a lo largo del corredor NNO-SSE, Colpayoc-Savaluyoc. Este corredor, durante el Pleistoceno medio va a capturar el río De la Piedras que iba hacia el este y formaba la naciente norte del río Manuripe.

## ANTECEDENTES

Douglas (1933) fue el primero en proponer una estratigrafía básica de las tierras bajas de Madre de Dios, indicando dos grupos, que serían equivalentes de las formaciones Ipururo y Madre de Dios. Oppenheim (1946) ubicó la base de la Formación Madre de Dios en la parte superior de la secuencia terciaria que aflora desde la desembocadura del río Heath, en el límite Perú-Bolivia, aguas arriba incluyendo el valle del río Inambari. Este autor consideró a esta formación como de posible edad Mio-Pliocena. Posteriormente, Campbell & Frailey (1984) describieron los depósitos que afloran a lo largo del río Acre de la frontera Perú-Brasil. Ellos relacionan las capas terciarias, suavemente inclinadas, a las capas rojas y basándose en fósiles vertebrados descubiertos *in situ*, asignaron estos depósitos al Mioceno tardío. Los depósitos suprayacentes fueron relacionados a la Formación Iñapari correlacionable con la Formación Madre de Dios, al que le asignaron una edad Holocena. En resumen, los autores mencionados, han reconocido que dos formaciones de edades diferentes (Fig. 1), constituyen las tierras bajas del departamento de Madre de Dios. La más antigua, tiene fósiles vertebrados mio-pliocenos a la que Palacios et al. (1996) le designa Formación Ipururo. La segunda denominada Formación Madre de Dios (Oppenheim, 1946; Räsänen, 1991; Palacios et al., 1996; Carlotto et al., 1998), cuya edad está en discusión y será analizada en detalle más adelante. Encima de estos depósitos se reconocen 3 terrazas fluviales, que son del Pleistoceno superior y Holoceno.

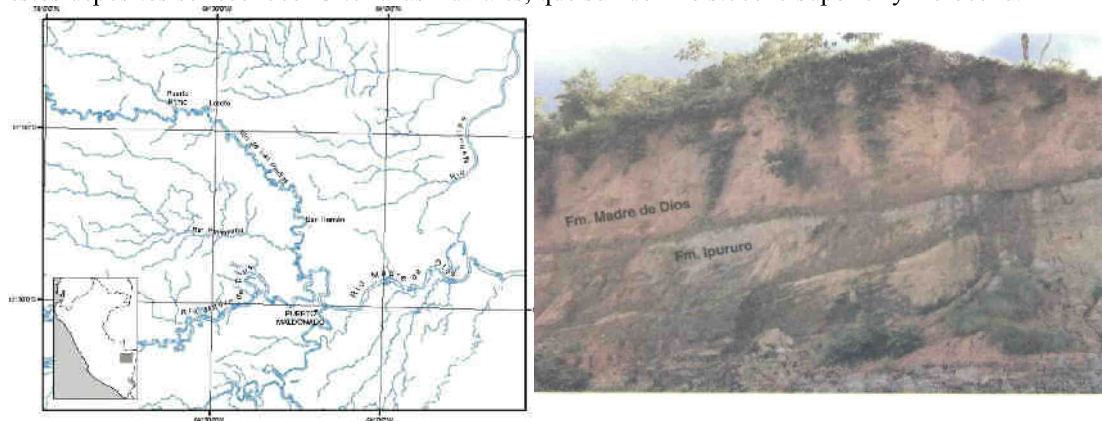


Fig. 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio y foto mostrando las formaciones Ipururo y Madre de Dios en Boca Pariamanu

## ESTRATIGRAFÍA

### FORMACIÓN IPURURO

La Formación Ipururo (Kummel, 1948) está restringida a los bordes erosivos de los meandros a lo largo de los ríos, Madre de Dios, De las Piedras y Pariamanu donde alcanza un máximo de 80 m. La formación está principalmente compuesta por arenas que muestran laminaciones oblicuas curvas de medios fluviales de canales entrelazados (Fig. 2); arcillas calcáreas de color verde y gris azulado, y también de colores rojizos, de medios lacustres y llanura de inundación. En algunos afloramientos, en la base de la secuencia se tienen conglomerados de clastos blandos de origen fluvial. Un nivel de areniscas de la parte inferior, se caracteriza por presentar una gran cantidad de troncos de árboles fosilizados de hasta 4 m de diámetro.

En cuanto a la edad, Frailey (1986) en el río Madre de Dios, ha reportado la presencia de un nuevo género y especie de proboscideos en la parte superior de la Formación Ipururo y debajo de la Formación Madre de Dios. En la zona del Acre, en la frontera Perú-Brasil, estos fósiles corresponden a tortugas gigantes procedentes del Huayqueriense (Mioceno Superior-Plioceno inferior, De Lapparent De Broin, et al., 1993).



Fig. 2. Arenas con laminaciones oblicuas fluviales de la Fm Ipururo (izquierda), y conglomerados fluviales en la base de la Fm Madre de Dios (derecha), sector Tipisca, río De las Piedras

### FORMACIÓN MADRE DE DIOS

La Formación Madre de Dios (Oppenheim, 1946) sobreyace en leve discordancia angular regional a la Formación Ipururo y se extiende en la cuenca Madre de Dios desde territorio boliviano hasta aguas arriba del río Madre de Dios y la confluencia con el río Colorado.

Campbell et al. (1985) y Campbell & Romero (1989), reconocieron en la Formación Madre de Dios, tres miembros: A, B y C, las mismas que han sido descritas por Carlotto et al. (1998). El Miembro A ( $\approx 10$  m) puede o no presentar un nivel de conglomerados basal de origen fluvial (Fig. 2), de 2 m de espesor, de color gris o rojo parduzco, con clastos de cuarcitas, intrusivos y rocas metamórficas, de 8 y 15 cm de diámetro. Cuando no existe el conglomerado, el contacto con la Formación Ipururo, está dado por una superficie endurecida. Encima de los conglomerados o de la superficie endurecida, se tiene una secuencia de 5 a 10 m de arenas cuarzosas de grano medio a fino, con laminaciones oblicuas curvas de medios fluviales. El Miembro B ( $\approx 20$  m) comienza por un conglomerado de clastos blandos de origen fluvial, o por una intercalación de arenas y arcillas de color gris amarillento y verdes de llanura de inundación; hacia la parte superior, es principalmente arenosa con algunos canales conglomerádicos de clastos blandos de medios fluviales. El Miembro C ( $\approx 5$  m) está compuesto por arcillas rojas que están fuertemente afectados por procesos edáficos. Respecto a la edad, la Formación Madre de Dios se correlaciona con la Formación Iñapari (Frailey, 1986). El Miembro A contiene como el vegetal fósil *Sapindus* sp. y la bivalvia de la especie *Corbula (Juliacorbula)* sp., que indican una edad Mio-Pliocena (Romero: en Carlotto et al., 1998). En la base conglomerádica de la Formación Iñapari se han encontrado especímenes de tortugas gigantes del género *Chelonoides* y probablemente una especie de *Podocnemidinae* que también definen el piso Huayqueriense (Mioceno superior-Plioceno inferior; De Lapparent De Broin et al., 1993); sin embargo, estos fósiles encontrados en los conglomerados son material retrabajado que proviene de la Formación Ipururo infrayacente. Por lo

tanto, por la posición estratigráfica y la leve discordancia angular basal, la edad de la Formación Madre de Dios era considerada Pliocena superior-Pleistocena (Carlotto et al., 1998).

### EDADES RECIENTES Y CORRELACIONES

Los estudios de Campbell et al. (1996, 2001, 2006) y Hermoza (2004) indican que la Formación Madre de Dios está dividida en 3 unidades (A, B y C). Sin embargo, las unidades A y B corresponden a la Formación Ipururo descrita líneas arriba, mientras que la Unidad C a la Formación Madre de Dios. Según estos autores, La unidad A está caracterizada en su base por un conglomerado (Conglomerado del Acre) marcado localmente por guijarros de lodo (clastos blandos) y ocasionalmente rico en fósiles (Campbell et al., 2001). En la base de esta unidad, una toba ha sido datada por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sobre feldespatos en  $9.01 \pm 0.28$  Ma (Campbell et al., 2001). Este nivel es el descrito por Carlotto et al. (1998) para la base de la Formación Ipururo (Fig. 3). Otra edad, en este caso por Trazas de Fisión en apatitas de unas areniscas tufáceas da  $8.8 \pm 3.2$  Ma (Hermoza, 2004). En consecuencia, la edad de la Formación Ipururo de la zona de estudio, es Miocena superior, pudiendo llegar al Plioceno inferior, pero su parte superior está erosionado.

La Formación Madre de Dios (Unidad C de Campbell et al., 2001, 2006) está en discordancia angular débil sobre la Formación Ipururo (Unidades A y B). La base de esta Unidad C o mejor dicho Formación Madre de Dios, también ha sido datado por  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sobre feldespatos de una toba en  $3.12 \pm 0.02$  (Campbell et al., 2001). En conclusión, la edad de la Formación Madre de Dios es Plioceno medio (Fig. 3).

Regionalmente, la parte superior de la Formación Ipururo puede correlacionarse con la Formación Charqui del subandino norte de Bolivia y del sur de Perú, donde una edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  sobre biotitas en tobas, en el techo de la unidad da  $3.23 \pm 0.3$  Ma (Gil, 2001). En este caso, los conglomerados de la Formación Charqui representan la parte proximal y la Formación Ipururo la parte distal de la cuenca de antepaís del Mioceno superior- Plioceno inferior?. La Formación Madre de Dios se correlaciona con la Formación Iñapari del Acre de Perú y Brasil y la Formación Tutuma del subandino norte de Bolivia, la que ha sido igualmente datada en 3.3 Ma (Baby, 1995). Igualmente, la Formación Madre de Dios puede correlacionarse con la Formación Mazuko de la Zona Subandina, siendo estos interpretados como depósitos proximales y la Formación Madre de Dios como la parte distal de la cuenca de antepaís en el Plioceno medio. (Carlotto et al., 1998).

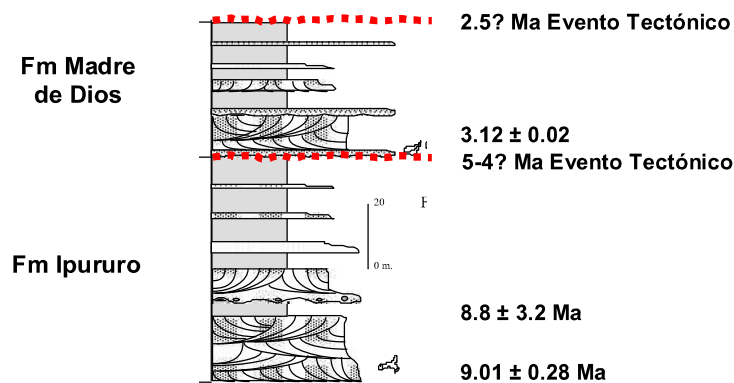


Fig. 3. Columna estratigráfica generalizada mostrando las formaciones Ipururo y Madre de Dios con las dataciones recientes (referencias en el texto) y las discordancias que marcan los eventos tectónicos

### GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Formación Ipururo está deformada por pliegues NO-SE, NE-SO y fallas inversas o de rumbo. La Formación Madre de Dios sobreyacente es discordante y está igualmente deformada por pliegues y fallas de rumbo (Fig. 4).





En las imágenes satélites y los mapas geológicos se pueden ver los sistemas de fallas de escala kilométrica de Colpayoc-Savaluyoc que controlan los bordes del río de la Piedras en su último tramo. Estas fallas son NO-SE y muestran evidencias de movimientos sinestrales, además que delimitan la depresión por donde discurre el río de la Piedras, sugiriendo un encajonamiento anterior a las terrazas que están estimadas de tener edades que van del Pleistoceno superior al Holoceno (Terrazas T3  $\approx 176,000$ ? años, terrazas T2  $\approx 32,000$  a  $40,000$ ? años y Terrazas T1  $\approx 13,000$  a  $10,000$ ? años, Carlotto et al., 1998). Estas fallas sinestrales han producido una extensión NE-SO que ha generado una depresión NO-SE, haciendo cambiar el curso original del río De las Piedras, que era E-O. Estos efectos, se interpretan como debidos a cambios ligeros en los esfuerzos E-O, en relación a un nuevo evento tectónico, en este caso de edad Pleistocena inferior-medio.

## CONSECUENCIAS MORFOLÓGICAS RECIENTES

La apertura de la depresión NO-SE donde se instala el último tramo del río De Las Piedras, en el Pleistoceno inferior, va a tener consecuencias en la evolución morfológica de este río y también del río Madre de Dios. En efecto, el análisis de las imágenes satelitales muestra que el río De las Piedras de dirección E-O hasta la comunidad de Loreto, cambia bruscamente, primero a una dirección NO-SE hasta Aguajal y de allí hasta el río Madre de Dios, a una dirección Norte Sur (Fig. 6). Es el segmento NO-SE que está controlado por recientes fallas de rumbo que jugaron en el Pleistoceno inferior y la causante del cambio de rumbo. Es decir que a esta época se produce el cambio de rumbo de las aguas del río De las Piedras a su configuración actual. En las imágenes satélites se puede ver que el afluente norte del río Manuripe sería la continuación E-O del río De las Piedras (Fig. 6).

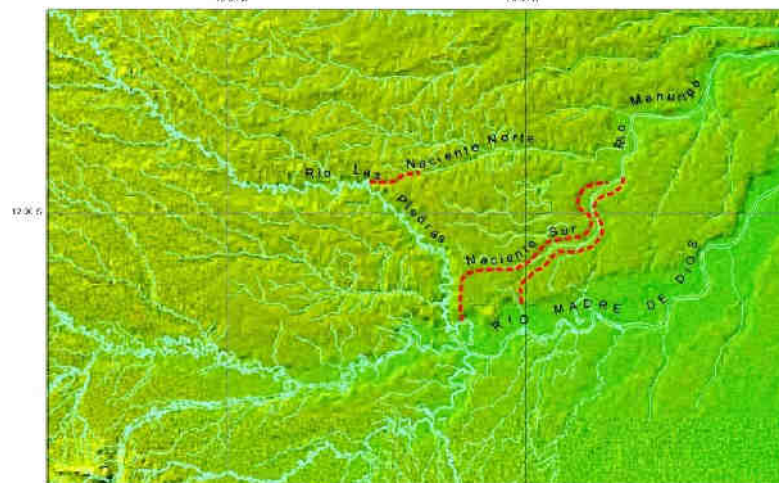


Fig. 6. Imagen satélite mostrando los cursos antiguos del río De las Piedras y Madre de Dios

Este cambio no es único, ya que en las mismas imágenes, se aprecia que el afluente sur del río Manuripe, parece ser la continuación del río Madre de Dios, que habría sufrido un cambio o migración más al sur, es decir a su estado actual. Por eso, en las nacientes norte y sobre todo sur, el río Manuripe tiene ancho que no guarda relación con la pequeña cantidad de agua que transporta. Esto quiere decir que el río Madre de Dios, antes de Pleistoceno inferior, seguía por el actual cauce del río Manuripe, donde la naciente norte correspondía a la parte final del río De las Piedras.

Lo que no se sabe si el cambio del curso del río Madre de Dios se debió a la llegada del río De las Piedras a su nueva desembocadura, o es una consecuencia de un levantamiento regional de la parte norte de la cuenca Madre de Dios y en relación al Arco de Fitzcarral (Hermoza, 2004). Nosotros planteamos que estos fenómenos fueron más o menos simultáneos.

## CONCLUSIONES

Estudios estratigráficos y tectónicos de superficie efectuados en la parte occidental de la Amazonía del sur del Perú muestran la Formación Ipururo del Mioceno superior débilmente plegada y afectada por

fallas inversas de un evento situado entre 5 y 4 Ma. La Formación Madre de Dios datado del Plioceno medio, descansa en discordancia angular sobre la Formación Ipururo y está afectada también por uno o varios eventos tectónicos desarrollados en el Plioceno superior y Pleistoceno inferior, creando el sistema de fallas de rumbo NO-SE que controló el río de la Piedras en su último tramo. Estas fallas han originado en el Pleistoceno medio la depresión NO-SE que hizo cambiar la dirección E-O del río De las Piedras a su actual orientación NO-SE y N-S. Esto parece también haber influenciado en el cambio de curso o migración hacia el sur del río Madre de Dios, aunque en este caso la causa principal es el levantamiento del Arco de Fitzcarralt.

## REFERENCIAS

- Baby, P. 1995. Importance du raccourcissement et de la sédimentation synorogénique dans la structuration des zones d'arrière arc des Andes Centrales (Orocline Bolivien). Mémoire d'habilitation a diriger des recherches. Université de Grenoble, Francia, p. 403.
- Campbell, K., Frailey, C. 1984. Holocene flooding and species diversity in southwestern Amazonia. *Quaternary Research* 21, p. 369-375.
- Campbell, K. & Romero, L. 1989. La Geología del Cuaternario del Departamento de Madre de Dios. *Bol. Soc. Geol. del Perú*, 79, p. 53-61.
- Campbell, K., 1996. A new species of giant anhinga (Aves: Pelecaniformes: Anhingidae) from the Upper Miocene (Huayquerian) of Amazonian Perú *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County* 460, p. 1-9.
- Campbell, K., Heizle, M., Frailey, C., Romero, L., Prothero, D., 2001. Upper Cenozoic chronostratigraphy of the southwestern Amazon Basin. *Geology* 29 (7), p. 595-598.
- Campbell, K., Frailey, C., Romero, L. 2006. The Pan-Amazonian Ucayali Peneplain, late Neogene sedimentation in Amazonia, and the birth of the modern Amazon River system, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2006; 239 (1)
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Romero, D., Valdivia, W. & Jaimes, F. 1998. Geología de los Cuadrángulos de Soledad y Alegría, Hojas 25-x y 25-y, *Boletín INGEMMET Nro 107, A: Carta Geol. Nac.* p. 157.
- De Lapparent De Broin, F.; Bocquentin, J. & Negri, F. 1993. Gigantic Turtles (Pleurodira, Podocnemididae) from the late Miocene-Early Pliocene of South Western Amazon. *Bull. Inst. fr. études andines* 1993, 22 (3), p. 657-670.
- Douglas, J.A. 1993. The geology of the Marcapata Valley in Eastern Perú. *Q.J. Geol. Soc. London*, 89(3): p. 308-356.
- Frailey, C. 1986. Last Miocene and Holocene mammals, Exclusive of the Notungulata, of the Rio Acre Region, Western Amazonian. *Natural History Museum of the Angeles Country, Contribution in Science*, 374, p. 46.
- Gil W., 2001. Evolution latérale de la déformation d'un front orogénique: Exemple des bassins subandins entre 0° et 16°S. Phd Thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse, p. 150.
- Hermoza, W. 2004. Dinámica tectono-sedimentaria y restauración secuencial del retro-basin d'avant-pais des Andes Centrales. These de doctorat. Université Paul Sabatier. Toulouse, p. 256.
- Kummel B. 1948. Geological Reconnaissance of the Contamana Region Peru, *Bull Geol. Soc. Am.* Vol. 59
- Oppenheim, V. 1946. Geological reconnaissance in Southern Perú. *Bol. AAPG*, Vol. 30, Nro. 2, p. 254-264.
- Palacios, O.; Molina, O.; Galloso, A. & Reyna, C. 1996. Geología de los Cuadrángulos de Puerto Luz, Colorado, Laberinto, Puerto Maldonado, Quincemil, Masuco, Astillero y Tambopata, hojas: 26-u, 26-v, 26-x, 26-y, 27-u, 27-v, 27-x, 27-y. *Bol. 81, Serie A, Ingemmet.* p. 189.
- Räsänen, M. 1991. History of the Fluvial and Alluvial landscapes of the Western Amazon Andean Foreland. *II Biologica-Geographica-Geologica*, 75, p. 16.