

Varela, Augusto Nicolás

Sedimentología y modelos deposicionales de la formación Mata Amarilla, cretácico de la Cuenca Austral, Argentina. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata, 2012. E-Book.

ISBN 978-950-34-0762-2

1. Geología. Sedimentología. 2. Estratigrafía. I. Título
CDD 551

Fecha de catalogación: 30/09/2011

RESUMEN

Este trabajo consistió en el análisis sedimentológico y estratigráfico de los depósitos litorales y continentales de la Formación Mata Amarilla, la cual aflora en el Sudoeste de la provincia de Santa Cruz y forma parte del relleno de la Cuenca Austral. Es identificada litoestratigráficamente por la alternancia muy marcada de areniscas blanquecinas y pelitas grises y negras, que en su parte inferior y superior posee niveles de coquinas y arenas bioclásticas.

Para el desarrollo de esta tarea se relevaron 15 perfiles de detalle (escala 1:100) en los que se identificaron los principales tipos litológicos, las estructuras sedimentarias primarias, las estructuras biogénicas, el contenido paleontológico, la geometría de los cuerpos de rocas, su orientación y jerarquía, la naturaleza de las superficies límites y los contactos con las unidades infra y suprayacentes. Conjuntamente, se efectuó un muestreo sistemático a fin de realizar estudios composicionales mediante petrografía y difracción de rayos X.

El estudio petrográfico de los sedimentos arenosos de la Formación Mata Amarilla permitió caracterizarlos como litoarenitas feldespáticas, a excepción de tres muestras las cuales se clasificaron como feldarenitas líticas. Los análisis de difracción de rayos X de roca total de la Formación Mata Amarilla evidencian un cambio composicional importante respecto de las unidades infra y suprayacentes (Fm. Piedra Clavada y Fm. La Anita). En lo que respecta al análisis de la fracción arcilla se observó que están compuestas principalmente por esmectita y en escasa proporción se observa la presencia de caolinita. Esta última generalmente se halla asociada a la matriz de las facies más gruesas. Por último, se destaca la presencia de abundante a moderada paligorskita en los niveles inferiores de la Formación Mata Amarilla.

A partir de los análisis de las modas detríticas se puede concluir que el aporte principal de las areniscas de la Formación Mata Amarilla es proveniente de un arco magmático y en mucho menor medida desde un área orogénica. Por otra parte, las unidades infra y suprayacentes (formaciones Piedra Clavada y La Anita), también reflejan una procedencia desde un arco magmático.

La porosidad de las areniscas de la Formación Mata Amarilla es mayormente de tipo primaria, aunque en algunos casos se observó porosidad secundaria. El análisis de las secciones delgadas permite determinar que la porosidad primaria es muy alta a alta, principalmente en la sección media de la formación.

Con respecto a la diagénesis, la muy baja proporción de interestratificados de illita/esmectita, sumado a que la abundancia de capas expansivas en los mismos es de alrededor del 90%, permiten indicar que el grado de diagénesis de la Formación Mata Amarilla ha sido muy bajo.

El análisis sedimentológico de la formación permitió reconocer 38 facies sedimentarias, a partir de las cuales se definieron las correspondientes asociaciones de facies /Unidades sedimentarias. En el presente trabajo se definieron 18 unidades sedimentarias de la Formación Mata Amarilla. Las mismas se dividieron en nueve unidades litorales (barras sabulíticas, barras de mediana escala, lóbulos bioclásticos, barras bioclásticas, barras arenosas con estratificación en hueso de arenque o *herringbone*, barras arenosas con estratificación monticular o *hummocky*, canales gravosos de pequeña escala y diamictitas, heterolíticos con fósiles marinos y sedimentación de grano fino con valvas) y en nueve unidades continentales (canales en manto gravosos, canales en manto arenosos, faja de canales complejos, canales simples de gran escala, canales simples de pequeña escala, barras de pequeña escala, lóbulos, sedimentación de grano fino y heterolíticos con fósiles continentales).

A partir de la integración de esta información, se definieron los siguientes ambientes de acumulación: sistema de albufera; sistema de estuario y delta de cabecera de estuario o *bayhead delta*; sistema de planicie costera; sistema fluvial distal; sistema fluvial meandroso de baja sinuosidad con agradación; sistema fluvial meandroso de alta sinuosidad y sistema fluvial entrelazado.

El análisis de la información de subsuelo permitió correlacionar de manera efectiva la estratigrafía de superficie con la de subsuelo, proveniente del Sur y Sudeste del área de afloramientos.

La paleogeografía en la sección inferior de la Formación Mata Amarilla, está caracterizada en el sector Norte por un sistema albuférico limitado por barreras arenosas, el cual esporádicamente es afectado por tsunamis los cuales generan depósitos de sobrelavado o *washover*. Estos depósitos presentan desarrollo de paleosuelos hidromórficos intercalados (histosoles, histosoles ácidos y vertisoles), asociados a periodos de oscilación del pelo de agua de la albufera. Hacia el Sur del área de estudio, se identificó una bahía o estuario en el cual desemboca un delta de cabecera de estuario o *bayhead delta*. Por su parte, en el sector occidental se interpretó un sistema fluvial distal, caracterizado por canales simples de gran escala encapsulados en pelitas con pedogénesis sobreimpuesta (histosoles, histosoles ácidos y vertisoles).

En la sección media de la Formación Mata Amarilla, los paleoambientes son de carácter netamente continental, el pasaje entre la sección inferior y media está marcado por un nivel de paleosuelos de gran desarrollo (alfisoles vérticos y vertisoles), asociado al “Bosque petrificado María Elena”, en el resto de la sección media los paleosuelos son de tipo vertisoles e inceptisoles. La paleogeografía está signada por la variación Oeste-Este de los sistemas fluviales que integran la paleo red de drenaje de la zona estudiada. De esta manera, los sistemas fluviales en el área occidental son de tipo entrelazados, pasando hacia el Este a sistemas fluviales meandrosos de alta sinuosidad y en la porción más oriental son de tipo meandrosos de baja sinuosidad con agradación.

Por último, la configuración paleogeográfica para la sección superior de la Formación Mata Amarilla, también presenta un cambio Oeste-Este de los paleoambientes sedimentarios. Esta sección superior es muy similar a la sección inferior pero hay una migración de la línea de costa hacia el Este.

Se detectaron cambios en la relación entre espacio de acomodación y aporte de sedimento en la Formación Mata Amarilla, estos cambios son generados por fuertes cambios en el nivel de base de los sistemas fluviales. Estos cambios del nivel de base son producidos por cambios relativos del nivel del mar. Desde el punto de vista de la estratigrafía secuencial, la sección inferior de la Formación Mata Amarilla representa una transgresión marina, la sección media una regresión forzada, y la sección superior una nueva transgresión. La regresión forzada de la sección media de la formación, se evidencia en el sector oriental por el pasaje abrupto de un sistema estuarino a un sistema netamente fluvial. Mientras tanto, en el Oeste se evidencia a partir del cambio de un sistema fluvial distal a un sistema fluvial proximal con canales en manto. Esta regresión forzada de la sección media se da conjuntamente con el desarrollo del bosque petrificado María Elena, el cual posee árboles en posición de vida en el sector oriental del área de estudio y árboles pseudotransportados en el sector occidental. Es de destacar que el fuerte cambio Oeste-Este en la evolución de los sistemas fluviales, sumado a la dirección de paleocorrientes de los mismos, está en concordancia con la dirección de progradación de la faja plegada y corrida de la Cuenca Austral. Es por ello que las variaciones relativas del nivel del mar responderían a controles tectónicos, más que a fluctuaciones puramente eustáticas. De esta manera, la depositación de la Formación Mata Amarilla marca el comienzo de la etapa de antepaís en la Cuenca Austral.

Se reconocieron dos tipos de escala de variación en la relación de acomodación /aporte de sedimentos controladas por la actividad tectónica. Una variación de gran

escala, que genera la depositación de las tres secciones de la Formación Mata Amarilla, y una variación de menor escala que ocurre como respuesta a periodos puntuales de corrimiento y plegamiento de la faja plegada y corrida, es decir cargas locales. Estas variaciones de menor escala fueron reconocidas en la zona más cercana a la faja plegada y corrida, corresponden a la zona occidental del área de estudio. Estas variaciones generan pequeños cambios en los sistemas fluviales, desde proximales a distales. Durante los periodos puntuales de corrimientos se produce un incremento de carga adicional, lo cual deriva en una mayor subsidencia flexural en las áreas contiguas o cercanas al cinturón corrido y plegado.

La Formación Mata Amarilla incrementa notablemente su espesor hacia el Sur. Esto se debe a que durante el desarrollo de la cuenca marginal, la apertura se produjo desde el Sur hacia el Norte. De esta manera, la corteza en el sector Sur (áreas de subsuelo y unidades correlacionables del área de “Última Esperanza”, Chile), se encuentra más adelgazada, ya que se generó corteza oceánica durante el estadio de hundimiento termal de la Cuenca. Por su parte, en la zona de afloramiento estudiada en el presente trabajo no se generó corteza oceánica. Es decir que la corteza es más gruesa y más antigua. Durante la etapa de antepaís, hay un cambio de un régimen extensivo a uno compresivo. Al someter a compresión dos cortezas con comportamientos reológicos diferentes (rigidez flexural), el resultado de la flexión de las mismas es también diferente. La rigidez flexural representa la rigidez de la placa y depende del grosor de la misma. Así, cuando la placa es más gruesa posee mayor rigidez flexural y viceversa. Esto explica la variación de los ambientes depositacionales hacia el Suroeste del área de estudio, lo cual coincide con el depocentro de la Cuenca Austral.

La edad de depositación de la sección media de la Formación Mata Amarilla es de $96,23 \pm 0,71$ Ma (Cenomaniano medio). Se considera que el inicio de la cuenca de antepaís es claramente coincidente con el inicio de la deposición de la sección inferior de la Formación Mata Amarilla. Por lo tanto, la edad de compresión debe ser mayor de $96,23 \pm 0,71$ Ma y se ubicaría entre el Albiano superior y la parte inferior del Cenomaniano, ya que la Formación Piedra Clavada posee una edad Albiano Inferior. De la comparación con los datos publicados de la región “Última Esperanza” en Chile se concluye que la compresión y el consiguiente desarrollo de la Cuenca de Antepaís se produjo en sentido Norte-Sur, siendo el inicio de la etapa compresiva más vieja que $96,23 \pm 0,71$ Ma a los $49^{\circ} 30'$ de latitud Sur (Formación Mata Amarilla) y es menor que 92 ± 1 Ma en la latitud de $51^{\circ} 30'$ de latitud Sur (Formación Punta Barrosa).

ABSTRACT

This work consisted in the sedimentological and stratigraphic analysis of littoral and continental deposits of the Mata Amarilla Formation, which is cropping out in the southwest of Santa Cruz province and is part of the filling of the Austral Basin. Lithostratigraphically, this formation is identified by the alternation of grey, green greyish and dark mudstones with whitish sandstones, with interbedded bioclastic accumulations in the lower and upper sections.

The Mata Amarilla Formation has been studied in 15 localities (scale 1:100), where different aspects were described in detail, such as: lithology, sedimentary structures, biogenic structures, paleontological content, nature of boundaries surfaces, rock body geometry, and their orientation and hierarchy as well as contact with underlying and overlying units. A systematic sampling was also carried out in order to study the composition through petrography and X-ray diffraction.

The petrographic study of sandy sediments of the Mata Amarilla Formation allowed classifying them as feldspathic litharenites, except for three samples which were labelled as lithic feldarenites. The analyses of X-ray diffraction of Mata Amarilla Formation in whole rock show a significant compositional change on underlying and overlying units (Piedra Clavada Fm. and La Anita Fm.). The clay fraction is composed mainly of smectite and only a low proportion reported the presence of kaolinite. This kaolinite is usually associated with coarse facies. Finally, the presence of moderately abundant palygorskite in the lower section of the Mata Amarilla Formation should be noted.

From the analysis of detrital modes, it can be concluded that the main provenance of the sandstones of the Mata Amarilla Formation is derived from a magmatic arc and to a lesser extent, from an orogenic area. Moreover, underlying and overlying units (Piedra Clavada Fm. and La Anita Fm.) also reflect a provenance from a magmatic arc.

The porosity of the sandstones of the Mata Amarilla Formation is mainly of primary type, although some secondary porosity was observed. The analysis of thin sections leads to infer that it ranges from very high to high, especially in the middle section of the formation.

With regard to diagenesis, both the very low proportion of interstratified illite / smectite and the abundance of 90% of expansive layers suggest that the degree of diagenesis of the Mata Amarilla Formation has been low.

The sedimentological analysis served to identify 38 sedimentary facies, from which the facies associations / sedimentary units were defined. In the present study 18 sedimentary units of the Mata Amarilla Formation have been identified. These were divided into nine littoral units (sabulithic bars, large-scale bars, bioclastic lobes, sand bars with herringbone cross-stratification, sand bars with hummocky cross-stratification, small-scale gravelly channels and diamictites, fine-grained sediment with shells and heterolithic with marine fossil) and nine continental units (gravelly sheet, sandy sheet, complex ribbons, large-scale simple ribbons, small-scale simple ribbons, small-scale bars, lobes, fine-grained sedimentation and heterolithic with continental fossil).

The integration of this information led to the identification of the following palaeoenvironments: lagoon, estuary and bayhead delta, coastal plain, distal fluvial system, low-sinuosity meandering fluvial system with aggradation, high-sinuosity meandering fluvial system and braided fluvial system.

The subsurface data analysis allowed for an effective correlation between surface and subsurface stratigraphy, located in the South-Southeast of the outcrops.

Paleogeography in the lower section of the Mata Amarilla Formation is characterized in the North by a lagoon, limited by a sandy barrier system, which is occasionally affected by tsunamis generating washover deposits. These deposits occur interbedded with hydromorphic paleosols (histosols, histosol with potential acid sulfate properties and vertisols) related to fluctuations in water level of the lagoon. Towards the South of the study area, the deposit corresponds to estuarine or bay environments where a bayhead delta was developed. In the Western part, the palaeoenvironments was interpreted as a distal fluvial system characterized by large-scale simple ribbons encased in floodplain deposits with superimposed pedogenesis (histosols, histosol with potential acid sulfate properties and vertisols).

In the middle section of the Mata Amarilla Formation, paleoenvironments are purely continental, the transition between the lower and middle section being marked by the development of a high maturity paleosol (vertic alfisols and vertisols), associated with "Maria Elena Petrified Forest ". In the rest of the middle section, the types of paleosols are vertisols and inceptisols. The paleogeography is marked by the variation

West-East of the fluvial systems that integrated a paleodrainage network. The fluvial systems in the west are braided, moving eastwards to high-sinuosity meandering fluvial systems, while they are low-sinuosity meandering fluvial system with aggradation in the eastern part of the study area.

Finally, the paleogeographic setting for the upper section of the Mata Amarilla Formation, has also a West-East paleoenvironment change. This upper section is very similar to the lower section, differing only in a migration of the coastline to the East.

Variations were detected in the relationship between accommodation space and sediment supply in the Mata Amarilla Formation, which are generated by strong changes in the base level of fluvial systems. These base level changes were caused by relative oscillations in the sea-level. From the point of view of sequence stratigraphy, the lower section of the Mata Amarilla Formation represents a marine transgression, the middle section being a forced regression and the upper section, a new transgression. The forced regression of the middle section of training is evidenced in the Eastern sector due to the abrupt transition of an estuarine system to a purely fluvial system. While in the West, it is evidenced by the change of a distal fluvial system to proximal fluvial system with sheet channels. This forced regression of the middle section is found together with the Maria Elena Petrified Forest, which has trees in life position in the eastern part of the study area and pseudotransported trees in the western part. It is noteworthy that both the strong East-West change in the fluvial systems and the data of paleocurrent direction are consistent with the direction of progradation of the fold and thrust belt of the Austral Basin. In this way the relative sea-level oscillations might respond to a tectonic control over purely eustatic fluctuations. Hence, the deposition of the Mata Amarilla Formation marks the beginning of the foreland stage in the Austral Basin (Austral foreland basin).

Two types of scale of variation of the accommodation / sediment supply rates were recognized, which were controlled by tectonic activity: a large-scale variation that generated the deposition of the three sections of the Mata Amarilla Formation, and a smaller-scale variation that occurred in response to specific periods of thrusting and folding (i.e. local loads). These smaller-scale variations were recognized in the area closest to the fold and thrust belt, corresponding to the West of the study area. These variations produced small changes in fluvial systems, from proximal to distal. During periods of thrusting, there was an increase of additional load, which resulted in higher flexural subsidence in the areas adjacent the fold and thrust belt.

Mata Amarilla Formation thickness increases markedly to the South. This was caused by the opening which came from the South to the North during the development of the marginal basin. Thus, the crust in the southern area (subsurface area and correlative units in the area of "Última Esperanza", Chile), is more thinned and an oceanic crust was generated during the stage of thermal subsidence of the Basin. In this sense, in the study area of the present work, no oceanic crust was generated. This means that the crust is thicker and older. During the foreland stage, there was a change from an extensional to a compressional regime. If compression is subjected to two crusts with different rheological behavior (flexural rigidity), their result of bending is also different. The flexural rigidity represents the stiffness of the plate and depends on its thickness. Thus, when the plate is thicker it has higher flexural rigidity and vice versa. This explains the variations of the depositional environments to the Southwest of the study area, which coincides with the depocentre of the Austral Basin.

The age of deposition of the middle section of the Mata Amarilla Formation is 96.23 ± 0.71 Ma (middle Cenomanian). It is considered that the beginning of the foreland basin is clearly coincident with the start of the deposition of the lower section of the Mata Amarilla Formation. Therefore, the age of compression should be higher than 96.23 ± 0.71 Ma and should be located between the upper Albian and lower Cenomanian, since Piedra Clavada Formation has a lower Albian age. From the comparison with published data from the region "Última Esperanza" in Chile, it could be concluded that the compression and the consequent development of the foreland basin occurred in a North-South direction, the beginning of the compression stage should be older than $96, 23 \pm 0.71$ Ma at $49^{\circ} 30'$ South latitude (Mata Amarilla Formation) and younger than 92 ± 1 Ma at the latitude of $51^{\circ} 30'$ South (Punta Barrosa Formation).