

## CONCLUSIONES

-- A continuación se enumeran los resultados más sobresalientes del presente trabajo de tesis doctoral:

-- El mapeo geológico de detalle, la continuidad lateral de los afloramientos, el relevamiento de 15 secciones sedimentológicas de detalle y numerosas secciones sedimentológicas parciales, reflejaron la continuidad litoestratigráfica de la Formaciones Piedra Clavada, Mata Amarilla y La Anita en la zona de estudio.

Como consecuencia de ello se propone lo siguiente:

- Utilizar con el nombre de Formación Mata Amarilla, debido a que es la designación formacional más acuñada en la literatura geológica existente, a la sucesión de limolitas y arcilitas grises y negruzcas que alternan con delgados bancos de areniscas blanquecinas y gris amarillentas, finas, medianas y en ocasiones conglomerádicas, depositadas en ambientes litorales y continentales. Las cuales, sobreyacen a la Formación Piedra Clavada e infrayacen a la Formación La Anita.
- La separación de la Formación Mata Amarilla en tres secciones (Inferior, Media y Superior) se da por un cambio en los ambientes depositacionales y en la arquitectura de los cuerpos sedimentarios (litosomas), pero litoestratigráficamente las diferencias no son suficientes para determinar dos o más unidades litoestratigráficas de jerarquía menor.
- La eliminación por sinonimia de la Formación Pari Aike.
- La eliminación por sinonimia de La Formación Río Guanaco.
- La eliminación por sinonimia de la Formación Cerro Fortaleza.
- Los afloramientos de los alrededores del Cerro Índice, corresponden a la Formación Mata Amarilla, por lo que se recomienda la suspensión del uso de Formación Puesto El Álamo para los mismos.

-- Las areniscas de la Formación Mata Amarilla de acuerdo a la clasificación de Folk *et al.* (1970) son litoarenitas feldespáticas, a excepción de tres muestras las cuales se clasificaron como feldarenitas líticas. Y según la clasificación de Dott (1964) modificada por Petijohn *et al.* (1972) corresponden a arenitas líticas.

-- Los análisis de difracción de Rayos X de Roca Total de la Formación Mata Amarilla muestran que se produce un cambio composicional importante respecto de las unidades infra y suprayacentes (formaciones Piedra Clavada y La Anita). En la Formación Mata Amarilla el cuarzo es abundante, mientras que las plagioclasas y feldespatos alcalinos se encuentran en una proporción escasa a moderada. Por su parte, en la sección inferior y media de la Formación Mata Amarilla hay presencia de calcita en proporciones moderadas. La ocurrencia de hematita, magnetita, pirita y dolomita en ciertos niveles, responde a la presencia de abundantes nódulos y concreciones de origen paleoedáfico. Por último los argilominerales se encuentran siempre en proporción moderada a escasa.

-- En lo que respecta al análisis de la fracción arcilla, la misma está compuesta principalmente por esmectita y en escasa proporción se observa la presencia de caolinita. Esta última generalmente se encuentra asociada a las facies más gruesas. Por último, se destaca la presencia de abundante a moderada paligorskita en los niveles inferiores de la Formación Mata Amarilla.

-- El aporte principal de las areniscas de la Formación Mata Amarilla es proveniente de un arco magmático y en menor proporción 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. La porosidad primaria se preserva debido a que los recubrimientos o *coatings* argílicos inhiben el desarrollo de sobrecrecimientos de cuarzo y de feldespato. La porosidad secundaria resulta de la disolución parcial de fragmentos líticos; en forma menos frecuente hay presencia de disolución total y de fracturación de los mismos, así como también de feldespatos. El análisis de las secciones delgadas mediante uso de comparadores visuales permitió inferir que la misma es muy alta a alta (desde 5 a 25%), con un promedio general de 16%. Cabe destacar que en la sección media de la formación los valores llegan en algunos casos hasta porosidades del orden de 30%.

-- El grado de diagénesis al cual estuvo sometida la Formación Mata Amarilla fue 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 y en nueve unidades Continentales.

#### Unidades Litorales

- Barras sabulíticas
- Barras de mediana escala
- Lóbulos bioclásticos
- Barras bioclásticas
- Barras arenosas con hueso de arenque
- Barras arenosas con estratificación *hummocky*
- Canales gravosos de pequeña escala y diamictitas
- Heterolíticos con fósiles marinos
- Sedimentación de grano fino con valvas de moluscos

#### 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
- Heterolíticos laminados con fósiles continentales

-- La Formación Mata Amarilla posee un extenso desarrollo de paleosuelos apilados. El análisis macroscópico y microscópico condujo al reconocimiento de 4 tipos de paleosuelos: Histosoles, Vertisoles, Alfisoles e Inceptisoles.

-- Los paleosuelos de la Formación Mata Amarilla poseen características de suelos hidromórficos y se los podría agrupar dentro del grupo de los “gleysoles” o suelos de tipo *gley*, poseen características compatibles con climas tropicales húmedos estacionales, lo cual está en concordancia con el comienzo del período de óptimo climático o “*greenhouse*” del Cenomaniano.

-- Las secciones inferior y superior de la Formación Mata Amarilla, están caracterizadas por la presencia de histosoles, histosoles de tipo ácido y vertisoles, asociados a ambientes costeros de baja pendiente.

-- El comienzo de la sección media de la Formación Mata Amarilla de carácter fluvial, está signado por la ocurrencia de un espeso nivel de paleosuelo de gran desarrollo (alfisoles vérticos y vertisoles), asociado al bosque petrificado “María Elena”. El resto de la sección media está compuesta de vertisoles e inceptisoles.

-- Las variaciones verticales del tipo de paleosuelo desarrollado y las condiciones de drenaje en las tres secciones de la formación respondieron a factores extrínsecos, mientras que las variaciones laterales dentro de cada sección fueron producto de factores intrínsecos de los sistemas deposicionales (como por ejemplo la posición dentro de la planicie de inundación y la distancia a los canales principales).

-- El estudio del grado de desarrollo de los paleosuelos, permitió detectar las avulsiones de los sistemas fluviales. De esta manera se concluye que las frecuencias de avulsión son mayores en la sección inferior de la Formación Mata Amarilla, disminuyen en la sección media y bajan aún más en la sección superior.

-- Finalmente se desarrolló un modelo estratigráfico secuencial para la sucesión de paleosuelos de la Formación Mata Amarilla, el cual podría ser extrapolado a otras secuencias depositadas durante óptimos climáticos.

-- Los análisis tafonómicos de la fauna de moluscos de la sección inferior de la formación, sumado a la sedimentología de detalle, permitieron identificar depósitos de tsunamis y caracterizar una secuencia de eventos depositacionales.

-- El reconocimiento de trazas fósiles continentales, marinas y de mezcla, fue una herramienta de suma importancia en la caracterización de los paleoambientes sedimentarios.

-- Los paleoambientes reconocidos en la Formación Mata Amarilla son los siguientes:

- 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
- Sistema fluvial entrelazado

-- La paleogeografía para la sección inferior de la Formación Mata Amarilla, está caracterizada por un cambio Oeste-Este de los paleoambientes sedimentarios. En el Oeste hay presencia de ambientes fluviales distales, hacia el Este hay estuario elongado en dirección Oeste-Este. La sección media de la Formación Mata Amarilla es de carácter netamente continental y la paleogeografía está signada por la variación Oeste-Este de la paleored de drenaje, los sistemas fluviales son proximales en la zona occidental pasando a sistemas distales en el sector oriental. Por último la sección superior de la Formación Mata Amarilla, también posee un cambio Oeste-Este de los paleoambientes sedimentarios, con una configuración paleogeográfica muy similar a la sección inferior, pero con una migración de la línea de costa hacia el Este.

-- Se concluye que para poder establecer las posibles áreas de aporte, hay que tener en cuenta no sólo las modas detríticas, sino también analizar conjuntamente los paleoambientes sedimentarios, sus variaciones, la paleogeografía y fundamentalmente los datos de paleocorrientes de cada uno de los paleoambientes.

-- El análisis de la información de subsuelo permitió correlacionar de manera efectiva la estratigrafía de superficie con la de subsuelo, proveniente del Sur y Sureste del área de afloramientos. A su vez se detectaron variaciones en los ambientes

sedimentarios dentro de cada una de las secciones de la Formación Mata Amarilla, a partir de la comparación y el contraste de los datos provenientes tanto de superficie como de subsuelo.

-- Se detectaron variaciones en la relación entre espacio de acomodación y aporte de sedimento en la Formación Mata Amarilla, generados por fuertes cambios en el nivel de base de los sistemas fluviales. Los mismos son producidos por fluctuaciones relativas 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 lo aprecia a partir del cambio de un sistema fluvial distal a uno 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 propagación 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.

-- Se reconocieron dos tipos de escalas 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 períodos 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 (zona occidental del área de estudio), constituyendo pequeños cambios en los sistemas fluviales, desde proximales a distales.

-- La depositación de la Formación Mata Amarilla marca el comienzo de la etapa de antepaís en la Cuenca Austral.

-- La edad de depositación de la sección media de la Formación Mata Amarilla es de  $96,23 \pm 0,71$  Ma y corresponde al 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.

-- 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. Es así que durante la etapa de antepaís, esta corteza adelgazada tuvo una flexión mayor, generando más espacio de acomodación.

-- 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 antigua que  $96,23 \pm 0,71$  Ma a los  $49.5^\circ$  de latitud Sur (Formación Mata Amarilla) y es menor que  $92 \pm 1$  Ma en la latitud de  $51.5^\circ$  de latitud Sur (Formación Punta Barrosa).

-- Por último, se concluye que la sección media de la Formación Mata Amarilla podría ser un reservorio potencial de alta calidad, debido al alto grado de interconectividad de los litosomas arenosos (migración lateral de los canales en manto y fajas de canales) y a la muy buena porosidad de los mismos. Sumado a esto, la sección media se encuentra entre las secciones inferior y superior preponderantemente pelíticas.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera hacer llegar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me han brindado su colaboración y apoyo tanto en el marco profesional como en el personal y que de una manera u otra han participado de la realización de este trabajo de tesis. Del mismo modo, agradecer a quienes me dieron sostén afectivo, y que asistieron a mis solicitudes en el transcurso de estos años.

A mi familia, hoy constituida por Celina, mi mujer y compañera de todos los días. A ella quiero agradecerle por acompañarme y comprenderme durante los momentos buenos y malos que transcurrimos en el desarrollo del presente trabajo. Asimismo, al resto de los integrantes de mi familia, y especialmente a mis padres y a mi hermano por su apoyo durante mis estudios.

A los amigos de mi ciudad natal Carhué y a los amigos de La Plata que estuvieron y estarán emocionalmente a mi lado.

Me encuentro muy agradecido al Dr. Daniel G. Poiré, mi director de tesis, por proponerme la idea de desarrollar este trabajo, por haber compartido momentos de aprendizaje en el campo y laboratorio, por depositar en mi toda su confianza desde el primer momento y muy especialmente por procurarme de total libertad para expresar todas y cada una de los párrafos que conforman este estudio.

Agradezco a los directores del Centro de Investigaciones Geológicas, en la primera etapa el Dr. Carlos Rapela y actualmente el Dr. Sergio Matheos, por avalar mi permanencia en el instituto, y por su constante apoyo e incentivo durante el desarrollo de esta investigación.

A los Dres. Gonzalo Veiga y Ernesto Schwarz, quienes fueron mis primeros guías y referentes más cercanos de los que recibí mucha colaboración y un gran aprendizaje, pero lo más importante sin duda fue contar con su amistad.



Al Dr. Juan Franzese, por las discusiones sobre la tectónica y evolución de la cuenca y por su transmisión de buen humor y buena predisposición, sin dejar de lado las charlas de los lunes que tanto me motivaron.

Muy especialmente le agradezco al Lic. Sebastián Richiano con quien compartimos una historia laboral similar, quien me acompañó durante las tareas de campo y con quién discutimos gran parte del presente trabajo.

A los Licenciados Martín Muravchik, Leandro D'Elia y Andrés Bilmes con quienes además de compartir una historia laboral en la que discutimos arduamente nuestras problemáticas, compartimos muy lindos momentos de nuestras vidas.

A la Dra. Lucía Gómez Peral que demostró en el último período de desarrollo de esta investigación, su interés incondicional por colaborar en todo momento y por su gratificante comprensión en este lapso de elaboración y redacción.

Al Lic. Jorge Maggi, Lic. Cecilia Genazzini y a Pablo García por su apoyo en la realización de los análisis de rayos X y en la identificación de argilominerales.

A los Sres. Daniel Mártire y Marcos Pausada por la elaboración de láminas delgadas de primera gran calidad.

A Sebastián Richiano, Ari Iglesias, Alba Zamuner, José Cuitiño, Pablo García, Guillermo Pedersen y Ariel Barrueco por su invaluable ayuda y apoyo durante las tareas de campo.

A Alfredo Benialgo por su gran ayuda en el manejo y utilización del sistema de información geográfica.

A cada uno de mis compañeros del Centro de Investigaciones Geológicas, con quienes comparto cada día situaciones diferentes, como la llegada de nuevos integrantes y despedida de otros, todos ellos quienes siempre se muestran participativos y colaboradores hacia mí.

A la Dra. Alba Zamuner y Ari Iglesias por la identificación de la flora fósil y por los buenos momentos vividos durante las tareas de campo.

Al Dr. Marcelo Simões por su ayuda en la interpretación y descripción de la tafonomía de los moluscos.

A Michael Griffin por la identificación e interpretación de taxonomía de la fauna de moluscos.

A la Dra. Zulma Gasparini y el Lic. José O'Gorman por la ayuda en la descripción e interpretación de los plesiosaurios.

A los Dres. Francisco Goin y Javier Gelfo por su incondicional ayuda y estímulo en las tareas de campo y en las interpretaciones paleoecológicas.

Al Dr. Thomas Martín (Universidad de Bonn) por facilitarme las dataciones geocronológicas de la formación.

Al Dr. Tim White por su aporte en las descripciones de los paleosuelos y por los análisis geoquímicos proveídos.

A la Empresa Petrobras Energía S.A. por financiar parte del trabajo de tesis doctoral. Y especialmente al Lic. Francisco Pángaro, representante de dicho organismo privado, quien me brindó su ayuda desde el primer día de trabajo, gestionando el acceso a la información de subsuelo y colaborando con total disposición en la interpretación de los mismos.

A Emilia Fideli por su invaluable ayuda en la traducción del resumen, pero sobre todo por su buena disposición y alegría.

A Miguel Ferrari por mantener nuestro vehículo de trabajo en condiciones, por su alegría, disposición y colaboración con nuestras tareas de campo. A Graciela Ferrari por tener siempre una morada para nosotros.

A la Familia Bertotti, la Familia Pichinini y toda la comuna de la localidad de Tres Lagos por recibirnos siempre con las manos abiertas.

Al Dr. Luis Spalletti por transmitirme su amor por la sedimentología. Y conjuntamente, al Dr. Daniel Poiré, al Dr. Ernesto Schwarz, Dra. Lucía Gómez Peral, Lic. Sebastián Richiano, Lic. Leandro M. Pérez, Lic. Julia Arrouy y Lic. Abril Cereceda, con quienes compartimos las cátedras de Sedimentología y Rocas sedimentarias en la FCNyM, por toda su cordialidad y comprensión.

Al CONICET y a Petrobras Energía S.A., ya que la realización de este trabajo pudo ser posible gracias al apoyo económico brindado por dichos organismos a través de las Becas de de Postgrado con empresas y de Beca interna de tipo II, respectivamente.

A la IAS (International Association of Sedimentologists), por los subsidios otorgados, los cuales permitieron la asistencia a Congresos internacionales donde fue posible interactuar con diferentes referentes de las temáticas abordadas en el presente trabajo.

A la Ford F100 modelo 84, por no dejarnos ir al más allá en el ripio patagónico.