

ELEMENTOS DE LA ESTRATIGRAFIA MESOZOICA SUR-PERUANA

por JEAN-CLAUDE VICENTE*

Abstract

Firstly, originality of the Mesozoic Stratigraphy of Southern Peru in comparison with Southern Andes is pointed out. So, is emphasized the dominating terrigenous character of the Upper Jurassic and Lower Cretaceous series, the continuity of sedimentation between Dogger and Malm without regressive episode as the Kimmeridgian one known southernmost and the existence of an important Middle Cretaceous marine cycle (Albo-Cenomanian) also specific of Central Andes. From that scope, Southern Peru appears as a key sector to resolve the paleogeographic problems of connexion between central and southern Andes, and to appraise the geotectonic meaning of the Arica-Santa Cruz deflection.

In relation with the morpho-structural elements of the chain, it is possible to differentiate 6 basic facies belts from the Pacific margin to the Selva:

— a coastal belt (I), volcano-sedimentary, largely assimilated by the Coastal Batholith whose best outcrops are restricted to the Tambo Valley, La Yarada and Chala sectors;

— a coastal Pampas belt (II), represented by the Chapi-Omate-Carumas and Majes outcrops;

— a western Cordillera belt (III), the best exposed which include the standard outcrops at the NW of Arequipa up to Colca, Cotahuasi and Huanca Huanca canyons and southward the Pachia-Palca sector at NE of Tacna;

— a western altiplanic belt (IV) constituted by the Rios Ichuña and Blanco outcrops and the famous Lagunillas-Mañazo sector, West of Puno;

— an eastern altiplanic belt (V) represented by the Putina synclorium which bounds the Eastern Cordillera;

— an a subandean belt (VI).

It is pointed out that only the first 4 belts display a Jurassic sedimentary history with well spread marine facies, while the last two exhibit solely Cretaceous deposits in large measure continental.

Essential lithologic, sedimentologic and biostratigraphic characteristics of each representative series are presented. Description begins with the classic *Yura series* of Arequipa (III) which is the most complete and best studied, from which facies changes towards SW and NE are analyzed.

The following succession is registered:

— Chocolate Fm. (>900 m), essentially Liassic (Pre-Toarcian) volcanigenic whole of andesites and dacites with scanty sub-reefal marine ingressions at the top (Sinemurian).

— Socosani Fm. (230 m), transgressive carbonate series, rather fossiliferous, where principal ammonite biozones from Lower Toarcian to

* Departamento de Geología. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú, y Département de Géotectonique. Université Pierre et Marie Curie. Paris. Francia.

Upper Bathonian are individualized; coquinoïd calcilutites somewhat tuffaceous and spongolitic on the top.

Yura Gr.: noteworthy terrigenous sequence over 2000 m thick, divided in 5 formations:

— Puente Fm. (600 m), Callovo-Oxfordian, alternation of greenish-grey gray-wackes with black shales, abundant current structures and vegetal rests;

— Cachios Fm. (600 m), Kimmeridgian to Lower Tithonian, black shales series with sporadic intercalations of channeled sandstones with current erosion and numerous slumping and intraformational conglomerates;

— Labra Fm. (800 m), Tithonian-Neocomian, showy series of white cross-bedded quartzarenites with typical tidal characters;

— Gramadal Fm. (80 m), conspicuous carbonate episode of subreefal facies with oolitic limestones, corals and gastropods assigned to Lower Barremian;

— Hualhuani Fm. (60 m), detached ledge of white supermature cross-bedded quartzites considered Upper Barremian;

Continues the serie with:

— Murco Fm. (700 m), Aptian regressive sequence of red and green pelites with some orthoquartzites and conglomerates levels;

— Arcurquina Fm. (700 m) thick carbonate series of grey calcilutites, cherty with abundant Albian to Coniacian marine fauna;

— Querque Fm. (> 500 m), Santonian red beds composed of red sandstones and gypsic mudstones intercalated by some calcareous and fossiliferous horizons which ends the marine sedimentation in the area.

In the *Omate-Carumas* series (II) the Gramadal Fm. becomes replaced by the Omate Fm. (300 m), succession of positive sequences of quartzites, fossiliferous calcarenites and calcilutites, the Murco Fm. by the "Matalaque Fm., big volcano-sedimentary series more than 2500 m thick which thins quickly towards the NE and the Arcurquina Fm. by the Omoye Fm. (300 m) with red bed facies and some calcareous levels.

In that belt stands out the peculiar *Majes* series by its tremendous thickness of nearly 3000 m for the only Tithonian-Neocomian period, where the Zuñamarca Fm., equivalent to Labra Fm. reaches 1500 m with pronounced river-diminated deltaic characteristics, and the Querulpa Fm. (800 m) tantamount to the Omate Fm. exhibits paralic facies.

In the Coast Range (I) the Chocolate Fm. overruns 3000 m and possibly includes up to part of Dogger, while Upper Dogger and may be a portion of Malm are represented by the coastal volcano-sedimentary facies of the Guaneros Fm. (3000 m).

Whereas in the eastern belts, points out the *Mañazo* series of the western Altiplano (IV) with the famed Lagunillas Gr. (1200 m) whose biostratigraphy allows to characterize the different stages from Lower Sinemurian up to Oxfordian in a remarkable carbonate to lutitic succession. Emphasis is put on the late of terrigenous supplies (lutitic Callovo-Oxfordian) in comparison with Yura sector. The arenaceous upper unit on the contrary recalls quite well the Yura Gr. but in a reduced way (300 m) just as the Arcurquina Fm (100 m).

The Eastern Altiplano (V), whose series are circumscribed to the Cretaceous, appears as a province of mixed facies where spectacular facies changes are registered between the classic Huancane-Moho unit of Juliaca-Pusi area and the Cotacucho Gr. of Putina area.

Lastly, in the Subandean belt (VI) continental and brackish facies prevail with eastern source of coarse-grained torrential deposits (Oriente Gr.) and restricted western marine ingressions (Chonta and Cachi-yacu Fms.).

At the term of the stratigraphic analysis are surveyed the main paleogeographic problems of Southern Peru.

The best reconstructions are discussed and specially the following ones:

— Sinemurian, when the wide andesitic and dacitic volcanism of Chocolate Fm. spread over the West up up to the Pampacolca-Yura-Palca line, while eastwards spread out an already wide marine basin fairly deep at Manazo point in consequence of a marine ingression from Central Peru;

— Callovian, when contrast obviously the nearshore volcanoclastic deposits of the Coast (Guaneros F.) with the Graywackes of Puente

Fm. from Arequipa and the Pyritous black shales from Lagunillas; terrigenous supplies from the West are corroborated by paleocurrents directions and from the petrographic point of view it is layed down the necessity of an extensive continental massif (Precambrian and Paleozoic) in process of erosion westwards of the actual Coast.

An important change in the paleogeographic framework is evidenced between Upper Jurassic and Lower Cretaceous coinciding with the basin warping which makes possible the eastern supplies.

Emphasis is put on the great uniformity of facies for the Arcurquina Fm. and discussed the possible southern ending of the Basin in the Carumas region.

Finally, some correlations with Northern Chile are established and it is concluded on the termination of the marine Kimmeridgian basin in the Pica region.

INDICE DE MATERIAS

Introducción	321
Afloramientos	322
Antecedentes históricos	323
Estratigrafía básica	325
1. <i>Cordillera occidental</i>	325
a) Sector de Yura	325
Serie de Yura	226
Serie de Lluta	329
b) Sector de Pachia-Palca	330
2. <i>Planicies costeras</i>	332
a) Sector de Chapi-Omate-Carumas	332
Serie de Chapi-La Capilla	332
Serie de Omate-Carumas	333
b) Sector de Majes	334
3. <i>Cordillera de la Costa</i>	336
4. <i>Altiplano occidental</i>	337
a) Sector de Lagunillas-Manazo	337
b) Sector de Ichuña	339
5. <i>Altiplano oriental</i>	339
a) Sector de Juliaca-Pusi	340
b) Sector de Putina	341
6. <i>Faja subandina</i>	341
Problemas paleogeográficos	341

Introducción

Para el que ha tenido la oportunidad de conocer y analizar la sedimentación jurásica a Cretácico inferior predominantemente carbonatada que caracteriza la Cuenca externa (unilimnaria) de los Andes meridionales entre los 35° y 23° de latitud Sur, las facies esencialmente terrígenas de la Cordillera occidental sur peruana no dejan de plantear interesantes problemas paleogeográficos en cuanto al tipo de conexión con los Andes meridionales, la evolución de la dinámica de las cuencas y el significado geotectónico del Codo de Arica-Santa Cruz.

En segundo lugar, mientras tanto en la Cuenca aconcgüina-neuquenina como en la Tarapaqueña se diferencia claramente un ciclo marino Jurásico (Lias-Dogger) de uno Cretácico inferior (Tithónico-Neocomiano) por el llamativo y conspicuo episodio continental rojo del Kimmeridge (Facies Tordillo-Río Damas) que los separa, la llamada Cuenca occidental del Sur Peruano muestra una sedimentación marina continua del Dogger al Malm con una clara acentuación de la subsidencia en el momento en que más al Sur se inicia la regresión con las evaporitas del Yeso Principal.

En tercer lugar, cuando el ciclo Neocomiano representa el último episodio marino para la porción geolimitar de los Andes meridionales y el Barremiano marca pues el retiro definitivo de las aguas de este sector, de tal suerte que el resto de la sedimentación andina es exclusivamente continental, los Andes Centrales conocen en el Albiano una última e importante transgresión marina que llega a cubrir hasta el Santoniano extensas áreas del territorio peruano de depósitos carbonatados.

Dentro de este marco, el Sur Peruano aparece pues como un sector clave para resolver muchos de estos problemas básicos de la paleogeografía jurásico-cretácica sudamericana, de modo que su estratigrafía merece toda nuestra atención.

A continuación presentaremos una breve síntesis del conocimiento que se tiene hasta la fecha del Jurásico y Cretácico del Sur Peruano de la frontera con Chile (18° S) hasta Chala (16° S) o sea sobre unos 500 km de la Cadena. Esta contribución, más que una recopilación bibliográfica, trata de dar cuenta de los avances alcanzados por el estudio sistemático del Mesozóico de la Cordillera Occidental que hemos emprendido en 1977 con un destacado grupo de alumnos de post-grado de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, presentar un balance de los principales problemas paleogeográficos que se plantean y sugerir algunas líneas de investigación para resolverlos en el futuro.

Afloramientos

La simple observación del Mapa Geológico del Perú al 1:1.000.000 de 1975, muestra que los afloramientos mesozóicos del Sur no forman franjas continuas sino más bien aparecen como parches aislados o "ventanas sedimentarias" a favor de los grandes cortes naturales que brindan las nacientes de los encañonados ríos Tambo, Majes, Ocoña y Yauca a través de la extensa cubierta volcánica neogena y cuaternaria que cubre gran parte del edificio por estas latitudes.

Sin embargo, en relación a los elementos morfo-estructurales de la cadena y las facies, es posible diferenciar básicamente 6 franjas principales del Borde Pacífico a la Selva (Fig. 1):

— una franja costera (I), volcano-sedimentaria, bastante discontinua, en gran parte asimilada por el Batolito de la Costa, cuyos mejores afloramientos se limitan al sector de la Yarada, el Valle de Tambo y el sector de Chala;

— una franja de las Planicies costeras (II) representada por los afloramientos de Majes y C° Verde-Chapi-Omate-Carumas;

— una franja de los Contrafuertes de la Cordillera Occidental (III), la más continua y mejor expuesta, incluye los clásicos afloramientos del NW de Arequipa que se extienden al Cañón del Colca, Tipan y Pampacolca, reaparece a favor de los cañones de Cotahuasi y Huanca Huanca y se desarrolla por los alrededores de la Laguna Parinacochas y el sector de Pullo, mientras que por el Sur incluye los afloramientos de Pachia y Palca al NE de Tacna;

— una franja altiplánica occidental (IV) integrada por los afloramientos de los ríos Ichuña y Blanco y además el famoso sector de Lagunillas-Mañazo al Oeste de Puno;

— una franja altiplánica oriental (V) representada por el Sinclinorium de Putina que bordea la Cordillera oriental;

— y por último, una franja subandina (VI).

En realidad, sólo las 4 primeras franjas poseen una historia sedimentaria jurásica y muestran facies marinas bien desarrolladas, mientras las 2 últimas se limitan a depósitos exclusivamente cretácicos en gran parte continentales. Por esta razón nos interesaremos preferentemente a las series de la Costa y de la Cordillera occidental hasta su contacto con el Altiplano que son los testigos propios de la evolución de la llamada "Cuenca occidental" de los Andes Centrales.

Antecedentes históricos

A la diferencia de Perú central y norte cuyos terrenos jurásicos y cretácicos respectivos bastante fosilíferos fueron objeto de estudios desde el final del siglo pasado (Steinmann, 1881, 1882, 1891, 1892) y principios de éste (Lisson, 1908, 1911), los terrenos mesozoicos del sur peruano fueron conocidos muy tardíamente. Si bien en 1914 Douglas dio a conocer la presencia de Caloviano marino en el Morro de Arica y al NE de Tacna y en 1915 Jaworski menciona la presencia de Liásico en los alrededores de Palca, es sólo en 1920, a raíz de su cruce geológico de Mcllendo al río Inambari que reconoce la presencia probable del Oolítico inferior al NW de Arequipa y en los sectores de Sumbay-Cailloma y Lagunillas, de tal suerte que estos afloramientos figuran por primera vez en el "Mapa Geológico de la Cordillera del Perú" de Steinmann y Lisson de 1924.

Realmente es en los años 1948-49 que se asientan las bases de la estratigrafía mesozóica sur-peruana con las notables publicaciones de Jenks y Newell sobre la geología respectiva al 200.000 de la Hoja de Arequipa y de la Región del Lago Titicaca. De estos clásicos trabajos proviene lo esencial de la nomenclatura estratigráfica actualmente en uso.

Así para Arequipa se describe una secuencia mesozoica de más de 8.500 m que se inicia con el "Volcánico Chocolate del Jurásico inferior, separado de la suprayacente Formación Yura de edad Jurásico inferior por una caliza muy rica en fósiles (Caliza Socosani). La Formación Yura, de 3.500 m de espesor, consiste en una secuencia alternada de pizarras oscuras con restos de plantas y Ammonites y areniscas. En aparente conformidad, reposan unas capas probablemente continentales (Formación Murco), terminando hacia arriba la secuencia en la potente Caliza Arcurquina considerada del Cretácico inferior".

Para el área de Puno, Newell (1949) distingue un potente conjunto de lutitas y cuarcitas de edad esencialmente caloviana (Gr. Lagunillas), característico del Altiplano occidental, de una serie cretácica de amplio desarrollo hacia el oriente integrada por las Areniscas Huanané, el Gr. Moho pelítico varicolor con un destacado horizonte de calizas (Ayavacas), y un conjunto de Capas rojas del Cretácico superior integrado por el Gr. Cotacucho y las Fms. Vilquechico y Muñani. Destaca además importantes variaciones de facies y la complejidad estructural del área.

En 1962, Benavides presenta un análisis detallado de la "Estratigrafía preterciaria de la región de Arequipa" en base a secciones típicas. Asigna una edad Toarciano superior a Bajociano inferior a medio a la Fm. Socosani por el hallazgo de asociaciones de *Phymatoceras*, *Dactyloceras*, *Zugodactylites*, *Graphoceras* y *Sonninia*. Propone una subdivisión de la Fm. Yura en 5 miembros (Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani) y señala una fauna caloviana con *Macrocepholites* y *Reineckeia* en la base de Puente y algunos *Perisphintes* del Oxfordiano en el techo. Destaca las "abundantes evidencias de deformaciones penecontemporáneas" en Cachios. Reconoce 4 asociaciones fosilíferas distintivas en la Fm. Arcurquina que le permiten atribuirle una edad Albiano-Turoniano

con posible extensión hasta el Coniaciano. Por encima de estas secuencias carbonatadas menciona una sección de yeso y lodolitas rojas (Fm. Chilcane) que representarían los últimos depósitos marinos de la zona. Por fin, se incluye un notorio mapa al 100.000 de la Región entre los ríos Yura y Sihuas. Constituye pues una obra clásica de consulta obligada.

Por los mismos años (1960), se iniciaba la publicación de los primeros trabajos de levantamiento geológico sistemático del territorio peruano a escala del 1:100.000 por parte de la Comisión de la Carta Geológica Nacional. Los primeros boletines consagrados precisamente al sur y en especial al sector costero contribuyen en divulgar su peculiar estratigrafía.

Es pues con los Cuadrángulos de Punta Bombón y Clemesi (Bellido y Guevara, 1963) que se presenta el primer esquema estratigráfico de la Costa distinguiendo al Volcánico Chocolate de 3.500 m de potencia, el subyacente Grupo Yamayo atribuido tentativamente al Triásico superior y la suprayacente Fm. Guanero volcano-sedimentaria, de más de 3.000 m de potencia, con fauna caloviana en la base. Este esquema se generaliza rápidamente aplicándose a los cuadrángulos siguientes de La Yarada (Jaen y Ortiz, 1963) e Ilo-Locumba (Narváez, 1964).

→ Por otro lado, el levantamiento por Wilson (1962) de los Cuadrángulos de Pacha y Palca al NE de Tacna da a conocer una estratigrafía bastante parecida a la de Arequipa. En efecto, encima de una secuencia basal volcánica (Fm. Junerata = Fm. Chocolate) se describe un conjunto carbonatado integrado por la Fm. Pelado, calcárea, de edad Sinemuriana (*Arnioceras*) a Toarciano inferior (*Dactyloceras*) y la Fm. San Francisco, calcilitítica, de edad Toarciano superior a Bajociano medio (*Sonninia*). ↗ *Socorani*

Chocolate Sup. =

→ Termina la serie con la característica Fm. Yura que Wilson eleva a la categoría de Grupo y la divide en 2 formaciones: la Fm. Ataspaca, con alternancia de areniscas y lutitas con fauna caloviana en la base, y la Fm. Chachacumane, con cuarcitas blancas consideradas como Cretácico inferior. ↗ Poente-Cachios ↖ Labra-Hualhuani

→ Tras el levantamiento (1963) del área de Puquina-Omate, Szekely presenta un primer cuadro de correlación de las secuencias mesozoicas del sur del Perú y norte de Chile (1966) y prepara para el Coloquio sobre Jurásico de Luxemburgo (1967) una útil reseña de la estratigrafía jurásica del sur peruano donde analiza los antecedentes paleontológicos de los principales pisos.

En 1966, la publicación del Cuadrángulo de Ichuña por Marocco y del Pino trae información sobre la extensión del Gr. Yura a las nacientes del río Tambo e introduce para la estratigrafía cretácica la noción de Volcánico Matalaque de edad aptiano-albiana y amplio desarrollo inmediatamente al sur.

En 1968, con los Cuadrángulos de Aplao (Guizado) y La Joya (García) se informa por primera vez sobre la franja de las Planicies Costeras a facies de transición entre la Costa y la Cordillera occidental. Así, se atribuye al Gr. Yura las cuarcitas del Valle de Majes consideradas hasta la fecha paleozoicas (Rivera, 1950) y se menciona el hallazgo de una fauna Titoniano-Berriasiano con *Berriasella* y Parahoplítidos en el miembro lutítico del Gr. Yura en el Abra de Tiabaya.

El Cuadrángulo de Arequipa de Vargas (1970) presenta por fin una cartografía detallada de las diversas formaciones que integran la clásica franja mesozoica del NW de Arequipa. De paso menciona el hallazgo de *Arnioceras* en los niveles superiores, sinemurianos, de la Fm. Chocolate. Además, figuran algunos de los razgos estructurales básicos de la serie destacando la presencia de capas invertidas e incluso la existencia de una klippe tectónica.

En 1973, Audebaud *et al.* (figs. 2 y 3) y Mégard (fig. 46), en su sintética presentación de los razgos geológicos esenciales de los Andes centrales figuran

interesantes mapas de repartición de litofacies del Perú para respectivamente el Trias superior, Lias, Dogger, Malm, Cretácico inferior y superior que visualizan los antecedentes paleogeográficos de entonces.

La monografía de Portugal (1974) del área de Puno-Santa Lucía trae importantes precisiones sobre la estratigrafía del Altiplano. Destaca la división del Gr. Lagunillas en 3 formaciones, la individualización del Sinemuriano con *Vermiceras* en los niveles inferiores calcáreos, la abundante fauna caloviana de *Reineckeia* hallada en los niveles medios lutíticos y los argumentos a favor de una sedimentación continua del Sinemuriano al Caloviano.

Con motivo del comentario a su Perfil Geológico de los Andes del Sur del Perú, Audebaud et al. (1976) hacen un análisis crítico de los movimientos nevadianos y de su incidencia en la paleogeografía jurásica.

Introducen la noción de "Umbral de Santa Lucía" para separar en el Neocomiano las facies marinas de la cuenca occidental de las facies mixtas de la cuenca altiplánica. Muestran la existencia de importantes cambios de facies en el Cretácico entre el Altiplano occidental y oriental que los lleva a proponer un nuevo cuadro de correlación y mapas paleogeográficos detallados del Cretácico del SE del Perú (Laubacher 1977, fig. 52).

En las Actas del II Congreso Latinoamericano de Geología aparece en 1976 una reseña por Portugal y Gordon de la historia geológica del Sur del Perú ilustrada de mapas de litofacies con isopacas reconstituidas para el Triásico, Jurásico y Cretácico, mientras que los aspectos esenciales de la estratigrafía son discutidos por Mendivil en base a interesantes cuadros de correlaciones.

Recientemente, la puesta en evidencia de un importante y espectacular sobre-
escurrimiento al NW de Arequipa nos ha llevado (Vicente et al., 1979) a distinguir 2 unidades tectónicas, diferenciar facies y discutir sus implicancias sobre la paleogeografía mesozoica. Además, en vista de su desarrollo regional se elevó al rango de Formaciones los miembros del Gr. Yura.

Por último, cabe mencionar la serie de tesis que estamos patrocinando con miras a la reconstitución de los paleoambientes mesozoicos y de su dinámica mediante estudios de microfacies y análisis de las estructuras sedimentarias (Sequeiros, 1979; Valdivia, 1979; Huaman, 1980; Pérez, 1980; León, 1980; Cabrera, 1980, etcétera).

Estratigrafía básica

Nos limitaremos en presentar las características esenciales, litológicas, sedimentológicas y bioestratigráficas de las series representativas de cada una de las principales franjas de facies que hemos definido. Iniciaremos la descripción por la franja de la Cordillera occidental (III), por ser la más completa y con mejor control estratigráfico que brinda de hecho el esquema estratigráfico básico a partir del cual analizaremos las variaciones a través de las otras franjas.

1. Cordillera occidental

Los mayores afloramientos se sitúan al NW inmediato de Arequipa, forman una notable franja continua de Yura hasta Pampacolca, de más 100 km de extensión. El segundo sector con serie completa y buena exposición corresponde al de Pachia-Palca, al NE de Tacna. Los otros afloramientos sólo brindan secciones parciales de interés para correlaciones.

a. Sector de Yura

Es el sector clásico por excelencia para la estratigrafía mesozoica de Arequipa desde los estudios de Jenks (1948) y Benavides (1962), por su accesibi-

lidad, a escasos 25 km de la ciudad, y la calidad de los afloramientos a lo largo del río Yura.

Recordamos que el análisis tectónico ha mostrado que en realidad la franja mesozoica se compone de 2 unidades tectónicas a causa del sobreescurreamiento de Cincha-Lluta (Vicente *et al.*, 1979), que ha acarreado en más de 15 km hacia el NE la *unidad alóctona de Lluta* sobre la *unidad autóctona a para-autóctona de Yura*. No es posible pues limitarse a una sola columna generalizada para presentar las particularidades estratigráficas de la región, ya que existen notables diferencias entre el autóctono y el alóctono que traen un hondo significado paleogeográfico.

Es precisamente la unidad autóctona (Serie de Yura) en una actitud homoclinal de típica morfología de cuesta que aflora al nivel del río Yura, mientras que hacia el NW lo hace predominantemente la unidad alóctona (Serie de Lluta) en una posición básicamente invertida, reapareciendo el autóctono sólo a favor de algunas ventanas tectónicas y por el Cañón del Colca (Huaman, 1980).

La *Serie de Yura* presenta la siguiente sucesión litoestratigráfica:

Fm. Chocolate, conjunto volcánico de más de 900 m de potencia (base no visible) y marcada coloración chocolate a marrón rojizo; predominantemente volcánico en su base (derrames y aglomerados andesítico) y con estratificación incipiente, se torna volcano-sedimentario y mejor estratificado en su techo (conglomerados, volcarenitas y tobas líticas) con delgadas y muy localizadas intercalaciones calcáreas de carácter arrecifal; entre éstas destaca el pequeño arrecife de hexacorarios explotado como mármol de la famosa Cantera Chocolate que precisamente dio su nombre a la Formación (Jenks, 1948); la fauna de corales analizada por Wells (1953) permitió reconocer los siguientes géneros: *Astrocoenia sp. cf. A. lissoni* Tilm, *Thammasteria sp.*, *Oppelismilia sp. cf. O. victoriana* (Duncan), *Lepidophyllia sp. aff. L. hebridensis* Duncan, *Lepidophyllia peruviana* Wells, *Lepidophyllia chocolatensis* Wells, *Margarastraea jenksi* Wells y *Cladoropsis sp. cf. C. mirabilis* Félix y concluir en una edad liásica para la asociación; posteriormente Vargas (1970) halló *Arnioceras sp.* en los niveles superiores de la Fm. cerca de la localidad de Socosani, y últimamente hemos confirmado la presencia del Sinemuriano inferior con el hallazgo de algunos Arietítidos (det. Hillebrandt, 1979) en volcarenitas de cemento calcáreo del camino a la cantera Chocolate; con estos antecedentes se considera una edad en esencial liásica para la Formación y pre-toarciense (Pre-Socosani).

Fm. Socosani, notable secuencia marina carbonatada de carácter transgresivo de unos 230 m de potencia; se inicia con un conglomerado basal andesítico de color verde y espesor variable (0,20 a 8 m) que indica una transgresión progresiva hacia el W sobre una paleotopografía irregular; le sucede una alternancia en bancos gruesos de felsarenitas verdes y calcilitas coquináceas arenosas (Biomicitas) de color gris, caracterizadas por la presencia de grandes pelecípodos del género *Plicatostylus* asociados a *Pinna*, *Pecten*, *Terebratula* y *gastropodos*; en los niveles superiores aparecen algunos horizontes stromatolíticos (tipo LLH de Logan et la., 1964) y oolíticos antes de pasar a calcilitas tobáceas lenticulares de estratificación mediana; remata la serie con secuencias rítmicas de calcarenitas grises (biosparitas) crinoidales y spongolíticas con felsarenitas a micro-conglomerados verdes en pequeños paleocanales de orientación E-W (León, 1980) afectados de fenómenos de slumping; en los niveles más superiores se pasa a una alternancia de lutitas ricas en Ammonites (*Macrocephalites sp.*, *Choffacia sp.*) y Posidonias con areniscas en capas delgadas que aumentan progresivamente de potencia en transición a la Fm. Puente. Desde el punto de vista bioestratigráfico, la presencia en la base de la Formación de *Plicatostylus*, guía del Toarciense inferior según Hillebrandt (1973), y en el techo

de *Choffacia*, característico del Batoniano superior según Hillebrandt (1970-1972), permite asignar una edad Toarciano inferior a Batoniano superior a la Fm. Socosani. De hecho, la revisión por Hillebrandt (1979) de los pequeños afloramientos del río Chili (Bocatoma de Charcani IV) al norte de Arequipa, de facies un tanto más profundas y más fosilíferas (Benavides, 1962) permitió identificar las siguientes biozonas del Toarciano: zona de *D. tenuicostatum* con *Dactylioceras* sp. y *Plicastotylus*, zona de *H. falcifer* con *Harpoceras* sp. y *Hildaites* sp., zona de *H. bifrons* con la subzona de *P. Fibulatum* con *Peronoceras* cf. *bolitoense* V. Kill., *P. moerickei* y *Harpoceras* sp. y también la zona de *G. thourasense* por el hallazgo de Westermann y Riccardi (com. epist., 1979) de *Phymatoceras* cf. *copiapense*.

A este episodio carbonatado sucede el notable y muy peculiar conjunto terrígeno de más de 2.000 m de potencia del *Gr. Yura* (Wilson, 1962), originalmente definido como Formación (Jenks, 1948) y subdividido en 5 Miembros (Benavides, 1962) que actualmente se consideran Formaciones (Vicente et al., 1979) en vista de su mapeabilidad y extensión regional (Fms. Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani):

Fm. Puente, 600 m de una alternancia de grauwacas finas gris-verdosas a marrones aceitunadas muy características y lutitas negras; sobreyace en claro contacto gradacional a la Fm. Socosani, la serie se inicia con bancos delgados (30 cm) de areniscas cuya proporción y potencia va progresivamente en aumento hasta alcanzar 6 m de espesor; la base de los bancos presentan abundantes marcas de corrientes (Flute, bounce, prod, brush, casts) y pequeñas estructuras de slumping que señalan paleo-pendientes hacia el Este (León, 1980); las lutitas presentan abundantes restos vegetales y contienen nódulos calcáreos con *Ammonites* (*Macrocephalites* sp. y *Reineckeia* sp.), además se observan algunos diques clásticos contorcidos por la compactación del sedimento; en la parte media llegan a predominar fuertemente las grauwacas a expensas de las lutitas reducidas a delgadas (5 cm) intercalaciones, destacando las estructuras de sobrepeso (load-casts) y los pseudo-nódulos (ball and pillow structures); mientras que hacia el techo las lutitas aumentan notablemente y muestran en los niveles superiores nódulos calcáreos con grandes *Perisphinctidos*, cuando las areniscas van rellenando paleocanales con una estratificación gradada muy característica y se muestran más cuarzosas y mejor seleccionadas; en cuanto a la edad de la Fm. Puente, la presencia de *Macrocephalites* cf. *M. diadematus* Stehn., *Reineckeia* cf. *brancoi* Steinm. y *R. multicosata* Stehn en los estratos basales y de *Perisphinctes* sp. en el techo permite asignarle un rango Caloviano inferior a Oxfordiano (Benavides, 1962).

Fm. Cachios, 600 m de una contrastante serie de lutitas negras y gris oscuro, ricas en materias orgánicas y restos vegetales con intercalaciones esporádicas fuertemente lenticulares de areniscas finas y siltitas con abundantes marcas de corrientes e importantes estructuras de deslizamiento; en función de estas estructuras sedimentarias es posible diferenciar 3 Miembros (León, 1980): una inferior, caracterizado por la presencia de grandes paleocanales (40 m de profundidad, 400 m de ancho) rellenos por paleocanales menores, niveles de slumping y conglomerados infraformacionales arcillosos (mud-pebble), testigos de una fuerte paleopendiente hacia el Este; uno intermedio, con grandes bloques y masas derrumbadas de areniscas (Olistolitos) algunos deformados, otros conservando su estratificación intrínseca e imbricados hacia el este, y uno superior, marcado por grandes slumping, la presencia de algunos niveles fosi-

① Generalizando, al parecer, prematuramente la noción de hiatus batoniano, Benavides (1962) creyó reconocer una discordancia erosional aunque paralela entre ambas formaciones.

líferos con Ammonites y en los niveles más superiores bancos de areniscas con huellas (burrows) de bioturbación de tipo thalassinoides que indican una merma en el dinamismo de la cuenca y una reducción de la batimetría. En cuanto a la fauna de Ammonites de estos últimos niveles, aunque abundante y buena conservación, cabe señalar que ha resultado de una diagnosis un tanto difícil que apunta hacia los géneros *Aulacostephanus* y *Taramelliceras* del Kimmeridgiano (Hillebrandt, com. espist., 1980).

Fm. Labra, potente (800 m) alternancia de areniscas cuarcíticas de color blanco a gris en estratos medianos a gruesos de frecuente estratificación oblicua con niveles de pelitas verdes a grises y escasos bancos lenticulares de calizas pardas; del punto de vista sedimentológico, la serie se divide en 2 Miembros principales. El Miembro inferior, cuya base muestra todavía algunos slumping importantes, rápidamente pasa a un conjunto de pequeños y medianos paleocanales rellenos por wackas arkósicas de estratificación oblicua, ricas en restos vegetales, y colmatados por niveles de ondulitas (Ripple-marks) y algunos bancos lenticulares de calcarenitas bioclásticas con Gastrópodos y Pelecípodos. El Miembro superior, llamativo conjunto de cuarcitas blancas en bancos potentes, de estratificación paralela finamente laminada (Parting lineation) en la base y estratificación oblicua y entrecruzada con polaridad hacia el sureste en el resto de la secuencia; aparición de niveles pelíticos verdes y púrpuras en el techo. Hasta la fecha esta serie de Tidalitas no ha brindado ningún fósil diagnóstico, se le asigna tentativamente sólo en base a su posición estratigráfica una edad titónico-neocomiana.

Fm. Gramadal, reducido pero conspicuo episodio carbonatado de unos 80 m de potencia de facies sub-recifales, que separa las cuarcitas de Labra de las de Hualhuani; compuesto de 3 niveles principales de calizas separados por niveles de cuarcitas con estratificación oblicua: el primero, secuencia de Biomicruditas a Biosparuditas arenosas en bancos gruesos de color pardo a gris caracterizada por una abundante fauna de Gastrópodos (Nerinea, Turritella) y Hexacorales solitarios; el segundo, constituido de Biopelsparitas oolíticas con Gastrópodos y grandes (\varnothing 40-50 cm) colonias de Madreporas (*Astrocoenia*); el último, oosparitas grises intercaladas de algunos delgados bancos de Biosparuditas con grandes Pelecípodos; fuera del coral *Astrocoenia sp.* identificado por Wells (Jenks, 1956) que sugiere una posible edad Neocomiana, no se dispone de mayores antecedentes bioestratigráficos; por su posición se le atribuye una edad Barremiano inferior (Vicente et al., 1979).

Fm. Hualhuani, llamativa secuencia de 60 m de potencia de cuarcitas blancas muy puras y supermaduras, en bancos macizos con estratificación oblicua característica que representa la última Formación del Gr. Yura y forma una destacada arista topográfica; no se encontró rastro de fauna alguno, pero por su situación estratigráfica se le atribuye tentativamente una edad Barremiano superior (Vicente et al., 1979).

Fm. Murco, contrastante serie transicional de marcada tendencia a "capas rojas" de unos 700 m de potencia con 5 miembros bien diferenciados; uno inferior (100 m), de pelitas abigarradas verdes, marrones y grises con delgados niveles de cuarcitas blancas, algo ferruginosas con estratificaciones oblicuas; una primera corniza (100 m) de cuarcitas de grano medio a grueso de aspecto sacaroideo y color blanco a marrón amarillento en bancos potentes con estratificación cruzada; una alternancia (200 m) regular de pelitas purpúreas con cuarcitas en estratos delgados con estratificación cruzada; una segunda corniza (150 m) de cuarcitas medianas a gruesas bien maduras, levemente glauconíticas y calcáreas; un miembro superior (200 m) de pelitas varicolores purpúreas, verdes y marrones que remata con un notable paquete de areniscas gruesas pur-

púreas; a excepción de restos vegetales no se han encontrado fósiles en esta Formación. Por subyacer a la Fm. Arcurquina, de edad albo-cenomaniana, se le atribuye una edad en esencia aptiana.

Fm. Arcurquina, reducida tectónicamente en el sector de Yura a sólo unos 80 m de calizas micríticas, más o menos arenosas, de coloración beige a gris con estratificación mediana que afloran escasamente por el sector de Cincha bajo el contacto tectónico con la unidad alóctona (Vicente et al., 1979; Valdivia, 1979); por el contrario bien desarrollada más al NW en el sector de Huambo (Huaman, 1980), donde alcanza más de 700 m de potencia con facies de calcilutitas grises, chertosas, biomicritas de estratificación gruesa con Pelecípodos, Braquiópodos y Echinoideos en la base y micritas oscuras laminadas en bancos medianos a delgados en el techo. Se atribuye una edad Albiano a Coniánico por correlación con la unidad alóctona datada por Benavides (1962) y subyacer en Huambo las capas rojas con Tissotia steinmanni del Santoniano (Fm. Querque).

Fm. Querque (Vicente, et al., 1979), llamativas capas rojas que afloran en el sector exclusivo de Huambo sobre las calizas Arcurquina, marcando el fin de la sedimentación mesozoica; serie de cerca de 500 m de potencia de areniscas gruesas a media-finas y lodolitas de color rojo ladrillo y verde, yesíferas en la base y en el techo con una docena de intercalaciones y lentes calcáreos de color plomo claro, gris amarillento y gris rojizo en capas medias a gruesas de facies colíticas, bastante fosilíferas en los niveles inferiores (Gastrópodos naticidos y nerineidos, Pelecípodos y Echinoideos). De estos niveles proviene (Pardo, 1967) una Tissotia steinmanni Lisson característica del Santoniano, zona de Lenticeras balti (Benavides, 1956) que ha permitido datar la Formación. Por último, dentro de estos depósitos de muy poca profundidad, cabe destacar la abundancia de ondulitas (Repple-marks) y estratificaciones cruzadas.

La Serie de Lluta, si bien muestra una sucesión básicamente muy comparable a la de Yura, presenta, sin embargo, algunas diferencias notorias que merecen ser destacadas brevemente por sus implicancias paleogeográficas:

Fm. Chocolate, reducida a unos 350 m de volcanitas y tobas verdosas predominantemente dacíticas y de textura esencialmente vitrofídica fluidal a cuarzos automórficos corroidos.

Fm. Socosani, de espesor muy parecido (240 m) pero en facies más bien calcilutíticas, ricas en Ammonites, que han permitido diferenciar claramente 6 biozonas (Hillebrandt com. epist., 1979, 1980): Toarciense inferior con Dactylioceratidae, Aaleniano medio (z. de L. murchisonae) con Fontannesia sp., Bajociense inferior (z. de S. sowerbyi con Sonninia sp. y z. de O. sauzei, con Otoides sp.), Bajociense medio (z. de S. humpriesianum) con Stephanoceras sp. y Dorsetensia sp. y muy probablemente el Batoniano superior con Macrocephalitidae y Epistrenoceras sp.

Fm. Labra, más potente (1000 m), con más intercalaciones lutíticas y hasta algunos delgados horizontales calcáreos coquináceos (Pelecípodos y Gastrópodos) de color marrón amarillento en el tercio superior de la Formación.

Fm. Gramadal, reducida a unos cuantos bancos de calcarenitas (oomicritas) bastante dolomitizadas y sucias de color marrón con escasa fauna que se intercalan en una serie predominantemente arenosa que difiere claramente de la facies subrecifal de la Serie de Yura.

Fm. Hualhuani, más potente (110 m) con 2 miembros (Sequeira, 1979); uno inferior, alternancia heterogénea en capas delgadas a medianas de areniscas amarillentas a rojo púrpura y limolitas blanco sucio a rojizo con abundantes troncos fósiles; uno superior de cuarcitas blancas, macizas con estratificación cruzada muy parecidas a las de la serie autóctona.

Fm. Murco, conforme a la descripción original de Benavides (1962) de la localidad tipo; limitada a 300 m de potencia y subdividida en 3 miembros: uno *inferior*, pelítico, abigarrado, con algunas intercalaciones de cuarcitas blancas a amarillentas; uno *medio*, arenoso cuarcítico, de grano medio a grueso, en capas macizas con estratificación cruzada, y uno *superior*, pelítico varicolor, gris, verde, púrpura, rojo y chocolate.

Fm. Arcurquina, clásica serie carbonatada gris-beige de unos 700 m de potencia con 3 miembros básicos: uno *inferior* (300 m) de calizas arcillosas de estratificación fina con conspicuas intercalaciones de areniscas tobáceas verdes; uno *medio* o *principal* (350 m), muy notorio, de calizas micríticas macizas con pedernales que forman 4 destacadas cornisas separadas por calcilititas de estratificación más delgada, de tendencia nodulosa, y uno *superior* (50 m), de calizas arcillosas en estratos delgados nodulares con abundantes niveles de brechas intraclásticas. Se le atribuye edad Albiana a Turoniana en base a 3 conjuntos fosilíferos distintivos (Benavides, 1962): uno *inferior* con *Exogyra minor* Coquand (z. de *K. raimondii*) del Albiano medio, uno *medio* con los equinoideos *Tetragramma malbosii* (Agassiz) y *Holectypus* (*Caenholectypus*) *planatus* indicadores del Albiano superior. Más arriba el ammonite *Neolobites* sp. con el equinoideo *Salenia* indicarían el Cenomaniaco superior, mientras que *Hemiaster* cf. *texanum* señalaría el Turoniano con posible extensión al Coniaciano.

Fm. Chilcane, por último, serie evaporítica de yeso y sal gema con intercalaciones de pelitas rojas y verdes que juegan un papel tectónico muy importante como lubricante ("capa jabón") del sobre-escurrimiento de esta unidad (Vicente *et al.*, 1979). Marca el fin de la sedimentación marina en el área por restricción de la cuenca y, en realidad, muestra muchas analogías con el miembro basal evaporítico de la Fm. Querque; lo suficiente a nuestro juicio para establecer la correlación y atribuirle una edad comparable, en esencia Santoniana.

b. Sector de Pachia-Palca

A pesar de la distancia (250 km), este sector del límite con Chile presenta curiosamente muchas analogías, tanto estratigráficas como estructurales, con el sector que acabamos de analizar. En efecto, de la columna estratigráfica que Wilson y García (1962) han dado a conocer, si excluimos la Fm. Machani, originalmente asignada al Triásico, pero que consideramos más bien atribuible al Paleozoico superior², la sucesión se reduce a lo siguiente:

Fm. Junerata, conjunto volcánico de color verdoso de más de 1000 m de potencia constituido de derrames de carácter mayormente ácido, sin excluir la presencia también de andesitas porfíricas rojizas; descansa en discordancia sobre la Fm. Machani y subyace la Fm. Pelado Sinemuriana; presenta, pues, evidentes similitudes con la Fm. Chocolate de la unidad de Lluta y se la considera de edad Liásico inferior a Triásico superior.

Fm. Pelado, destacada serie marina carbonatada de carácter transgresivo de unos 500 m de potencia; se inicia con un notable (30 m) conglomerado basal con guijarros volcánicos de 30-40 cm de diámetro en franca transgresión sobre las volcanitas de la Fm. Junerata; le siguen unas volcarenitas de grano medio a grueso que luego pasan a un conjunto característico de calcarenitas más o menos arenosas donde se destacan algunas conspicuas cornizas coquináceas ricas en *Rhynchonella*, *Terebratula*, *Spiriferina*, *Weyla*, restos de Equinodermas y algunos corales (*Andenipora*); el hallazgo de algunos *Arnioceras* sp. en los niveles inferiores de este miembro (Wilson y García, 1962) ha permitido caracterizar el Sinemuriano inferior; por último, viene una secuencia de calcilititas y lutitas

² Cf. *infra*, los nuevos antecedentes bioestratigráficos sobre el Gr. Yamayo de la Costa con el cual tradicionalmente (Bellido y Guevara, 1963) se lo correlaciona.

con Ammonites y Belemnites donde se ha podido individualizar el Toarciano inferior con *Dactylioceras* sp. (z. de *H. Falcifer*), (Wilson y García, 1963) y *Perronoceras* sp. (z. de *H. bifrons*) y también el Toarciano superior con *Phymatoceras* sp. (z. de *G. thouarsense*), (Hillebrandt com. oral, 1979); según estos datos paleontológicos, la edad de la Fm. Pelado abarca así desde el Sinemuriano inferior hasta el Toarciano superior, lo que permite correlacionarla cronológicamente con el techo de Chocolate y la base de Socosani, mientras que litológicamente se identifica con esta última, señalando así una transgresión más precoz para este sector.

Fm. San Francisco, definida por Wilson y García (1962) como una unidad litológica infrayacente al Gr. Yura compuesta de 2 miembros: uno inferior³ de areniscas feldespáticas intercaladas con lutitas grises con estructuras de slumping, y uno superior de calizas fisiles y areniscas calcáreas con una fauna de Ammonites que casualmente permite señalar respectivamente el Toarciano superior con *Hammatoceras* sp., el Aaleniano con *Fontannesia* sp. y *Eudmetoceras klimakomphalum* (Vacek) y el Bajociano inferior con *Sonninia* sp., *Witchellia* sp. y *Emilia multiforme*; si a esto aducimos que en una reciente (1979) salida conjunta con Hillebrandt se ha recolectado en los niveles más superiores de esta Formación, en el sector de Copapuquio al norte inmediato del C° Pelado, ejemplares de *Epistrenoceras* sp. diagnósticos del Batoniano superior (Hillebrandt, 1970; Chong, Hillebrandt y Thierry 1978), la edad de la Fm. San Francisco puede considerarse entonces Toarciano superior a Batoniano superior, esta edad exactamente complementaria de la Fm. Pelado, plantea evidentemente el problema de las relaciones estratigráficas entre ambas; pues bien, fuera de sus claras analogías litológicas, la constatación de que han sido mapeadas en zonas diferentes y que en ningún momento entran en contacto, lleva a pensar que la F. San Francisco representa simplemente la parte superior de la Fm. Pelado de modo que a nuestro entender debe caer en sinonimia; de este punto de vista el conjunto Fm. Pelado s. st. Fm. San Francisco o sea Fm. Pelado s. 1. representa el exacto equivalente litoestratigráfico de la Fm. Socosani; mientras se procura encontrar un perfil completo representativo de este episodio carbonatado Sinemuriano a Batoniano, conviene desde ya subrayar la precosidad de la transgresión en este sector y la mayor potencia de la serie con respecto al sector de Yura;

Gr. Yura, por último, con una potencia de más de 1600 m que Wilson y García (1962) dividen en 2 formaciones:

Fm. Ataspaca, 1200 m de una alternancia en capas medianas a delgadas de areniscas pardas y lutitas oscuras, con algunas escasas intercalaciones calcáreas grises en la base; fauna caloviana de *Macrocephalites* sp. y *Reineckeia* sp. en los niveles inferiores asociada a *Posidonia escuttiana* Douglas; evidente correlación con el conjunto Puente-Cachios del sector de Yura;

Fm. Chachacumane, 400 m de cuarcitas blancas de grano medio a grueso, en bancos medios a gruesos con estratificación cruzada, cuya orientación indica corrientes del Norte y Este, intercalados de delgadas capas de lutitas oscuras; abundantes restos de plantas; correlacionable con la Fm. Labra;

En resumen, el sector de Pachia-Palca presenta una sucesión muy parecida al sector de Yura cuyo interés es de encontrarse a muy pocos kilómetros de la frontera con Chile y plantear pues el problema de la extensión de estas facies hacia el Sur. Desgraciadamente se dispone de muy pocos antecedentes

³ Cabe señalar que los afloramientos de la Fm. San Francisco se encuentran en posición tectónica aparentemente compleja donde la polaridad misma puede ser cuestionada. En particular en la localidad misma de Palca todo propende a pensar que dicha Formación aparece en ventana tectónica debajo de la Fm. Junerata.

sobre los afloramientos jurásicos de la Precordillera de Arica (Salas *et al.*, 1966); puesto que la información se limita en señalar cuarcitas y lutitas en el curso medio del Río Lluta en las localidades de Millune y Larrancagua al W de Putre y unas lutitas y pizarras fosilíferas (Perisphinctidos) con intercalaciones de calizas marmorizadas en la localidad de Livilcar de la Q. Azapa. No parece sin embargo suficiente para asimilarlos al Gr. Yura.

2. Planicies costeras

En esta zona los afloramientos mesozoicos son muy escasos y es solo a favor de los profundos cortes de los Ríos Majes y Tambo que el relleno plio-cuaternario de las Pampas deja ver el *substratum*. Se trata, pues, de una franja muy discontinua pero de mucha importancia ya que muestra facies de transición entre las facies sedimentarias que acabamos de describir y las volcano-sedimentarias de la Cadena costera. Además, por situarse a espaldas del Macizo Precámbrico de Arequipa y del sobre-escurrimiento mayor (Vicente *et al.*, 1979) presenta un estilo tectónico bastante sencillo.

Los mejores afloramientos corresponden al sector de Chapi-Omate-Carumas, franja de orientación W-E, de unos 80 km de extensión, que permite reconstituir una columna sintética prácticamente completa y apreciar también variaciones de facies. Mientras que el sector de Majes sólo deja ver una muy potente serie terrígena con interesantes estructuras sedimentarias pero de difícil correlación.

a. Sector de Chapi-Omate-Carumas

A pesar de que este sector ha beneficiado de levantamientos al 100.000 (Szekely 1963, García 1975, García y del Pino 1975), cabe mencionar y reconocer que sus particularidades litológicas han planteado muchas dificultades a sus autores en la aplicación directa del Esquema estratigráfico de Arequipa y obligado a la definición de nuevas formaciones que por falta de elementos bio-cronológicos quedaron de correlación incierta. Es con el fin de aclarar estas dudas que hemos emprendido con un grupo de alumnos (G. Cárdenas, A. Chávez, L. Guillén y W. Loza), un análisis estratigráfico detallado de esta franja. Los resultados preliminares llevan a diferenciar en realidad la serie de Chapi-La Capilla de la de Omate-Carumas por sus estratigrafías un tanto diferentes y complementarias que traducen cambios de facies en el sentido SW-NE.

→ La Serie de Chapi-La Capilla, presenta la siguiente sucesión (Cárdenas y Chávez en prepa.), probablemente por encima de las volcanitas de Chocolate:

Fm. Socosani (?), serie de más de 300 m de potencia (base no visible) que aflora aguas abajo de Sahuanay por el Río Capilla con un miembro inferior de siltitas oscuras, un intermedio de volcarenitas alternando con algunas lavas vesiculares y un miembro superior carbonatado que se inicia con calizas grises arenosas con crinoideos (Biosparites) y pasa a calcilutitas ricas en espículas de Silicospongeas y con nódulos que contienen Ammonites y Posidonias, es decir con una facies muy característica de los niveles superiores de Socosani.

Fm. Puente, 650 m de una alternancia de areniscas sucias mal clasificadas en bancos medianos con estratificación laminar y lutitas abundantes en la base, pero tornándose escasas hacia los niveles medios y superiores, abundantes restos vegetales en toda la serie con orientación preferencial W-E y algunos Ammonites del género *Reineckeia* señalando el Caloviano para los niveles inferiores; llama la atención lo delgado de los bancos de areniscas en comparación con el sector de Yura y la ausencia de slumping y figuras de corrientes.

Fm. Cachios, 300 m de una serie de areniscas finas laminadas de color verde en capas delgadas presentando algunas figuras de corrientes en su base (Groove, Bounce, flute-casts), de sentido SE y ondulitas (fig. 3); lutitas alternan-

do con algunos paquetes (2-4 m) de areniscas en bancos gruesos y pequeñas capas de calizas coquináceas en los niveles superiores; presencia de un nivel con abundante *Anditrigonia eximia* (Philippi) y *Trigonia carinata* Agassiz, asociación que señalaría el Titónico (Reyes y Pérez 1978).

Fm. Labra, reducida a unos 200 m de cuarcitas en bancos lenticulares, formando pequeños paleocanales de 2-4 m de ancho y 1 m de profundidad con estratificación oblicua; existencia de algunas capas de calizas lenticulares intercaladas; García (1978) señala el hallazgo dentro de estos lentes de *Spiticeras* cf. *negrelli* que indicaría una edad Valaginiana para los niveles superiores de Labra en esta zona.

Fm. Gramadal, serie de unos 150 m aflorando en el sector de Chapi que se inicia con un conglomerado volcánico con clastos de andesitas verdosas seguido de un conjunto de volcarenitas verdes de grano mediano a grueso con matriz calcárea y bioclastos intercalado de 2 gruesos paquetes (15-20 m) de calizas arenosas coquináceas (Biosparuditas) ricas en Pelecípodos (*Trigonia*), Gastrópodos (*Nerinea*, *Turritella*) y Corales; digno de destacarse los aportes volcánicos que caracterizan esta formación y contrastan con los aportes silicoclásticos de las series infra y suprayacentes.

Fm. Hualhuani, por último, representada por más de 100 m de cuarcitas en bancos macizos con estratificación oblicua donde se aloja precisamente la mineralización de cobre de la mina Chapi.

La Serie de Omate-Carumas, que ocupa una posición un poco más nororiental, muestra un Gr. Yura mejor desarrollado y tiene el interés de presentar también la parte cretácica de la columna. La sucesión es en efecto la siguiente (Guillén y Loza en prep.).

Fm. Puente, con más de 700 m de potencia, representada por una alternancia de areniscas sucias en bancos medianos a gruesos y lutitas negras en capas delgadas; abundantes figuras de base de bancos (Groove, Brush-casts) señalando sentidos de corriente hacia el E-NE, y numerosos fenómenos de slumping, algunos de gran magnitud que confirman paleopendiente al E-NE, fauna de *Macrocephalidae*, *Reineckeia multicosata* Stehn, *R. antipodum* Gottsche, *Xenoccephalites* cf. *neuquensis* Stehn, *Hecticoceras hecticum* Reinecke y abundantes *Posidonia escuttiana* Douglas (García 1978).

Fm. Cachios, conjunto de lutitas negras en capas delgadas con intercalaciones de areniscas finas de color claro con estratificación gradada y algunas estructuras de slumping.

Fm. Labra, 350 m de una serie esencialmente arenosa; alternancia en bancos delgados de areniscas con lutitas finamente laminadas en la base; areniscas finas laminadas y areniscas calcáreas en la parte media y cuarcitas en bancos medios o gruesos con estratificación oblicua y ondulitas en la parte superior.

Fm. Omate (García, 1978), notable serie de unos 300 m de potencia bien expuesta al Este inmediato de Omate (C^o Pucará) y compuesta de una sucesión de secuencias arenoso-calcáreas positivas muy características; esquemáticamente cada secuencia comprende un *miembro arenoso basal* de unos 20 a 30 m de espesor, representado por cuarcitas de bancos gruesos con estratificación oblicua y un *miembro superior* carbonatado de unos 30 a 80 m de potencia, constituido por calizas macizas bastante fosilíferas y calcilutitas en bancos delgados de tendencia nodulosa con frecuentes superficies de discontinuidad; entre la abundante fauna asociada se señala (García 1978) *Pterotrigonia* cf. *tocaimana* (Leanza), *Protocardia* sp., *Gryphaea* sp., *Lima* (*Plagiostoma*) sp., *Ostreidae*, *Natica singularis* y el equinideo *Holactypus planus* Roemer, bastante común en principio en el Albiano inferior a medio del Perú (Benavidez 1952, pero cuyo rango

cronológico puede ser mucho mayor; en este sentido, por su posición estratigráfica nos inclinamos más en hacer de esta Formación un equivalente lateral de la Fm. Gramadal y en atribuirle un edad más bien barremiana.

Fm. Hualhuani, más de 150 m de cuarcitas en bancos medios a gruesos con estratificación entrecruzada en paquetes de 25-30 m separados por intercalaciones de 1-2 m de lutitas hacia el techo.

Fm. Matalaque (Marocco y del Pino, 1966), potente serie volcano-sedimentaria cuyo espesor supera los 2.500 m en la Q. Pachas pero que se reduce rápidamente hacia el Este de tal suerte que en Carumas ya sólo mide 400 m de potencia; suprayace en concordancia las cuarcitas de la Fm. Hualhuani; se distinguen 2 miembros bien diferenciados: uno *inferior*, lávico, con andesitas gris verdosas en la base y dacitas pardo-rojizas hacia el techo, y un miembro *superior* de aglomerados, brechas volcánicas, conglomerados y volcañitas tobáceas; cabe además señalar la presencia de algunos niveles de calizas arenosas en el miembro inferior del sector de Carumas y en un nivel de conglomerados con clastos bien redondeados de 10-40 cm de \varnothing del sector de Pachas, la existencia, además de las andesitas que son predominantes, de rodados de cuarcitas y calizas de la Fm. Omate y granito; por su posición estratigráfica suprayacente a las cuarcitas de Hualhuani e infrayacente a las calizas Omoye, consideramos esta serie como un equivalente lateral volcánico de la Fm. Murco y le atribuimos una edad esencialmente aptiana.

Fm. Omoye (García, 1978), por último, llamativa serie carbonatada de unos 300 m de potencia que aflora a lo largo del río Carumas destacándose unas cornizas calcáreas que desarrollan lindos "chevrones"; en realidad estas cornizas sólo representa unos cuantos horizontes calcáreos dentro de una serie compuesta principalmente por areniscas y pelitas rojas que muestra marcadas tendencias a "capas rojas"; los niveles calcáreos que forman paquetes de unos 25-30 m de potencia en la base van disminuyendo rápidamente de espesor e importancia hacia la parte superior de la serie; se trata de calcilutitas (micritas) de color gris castaño en bancos macizos con una escasa microfauna de Miliolideos lamentablemente no diagnóstica; tanto por las características de la facies carbonatada que recuerda mucho las calizas Arcurquina como por su posición estratigráfica hacemos de esta Fm. Omoye un equivalente lateral de facies muy costeras y restringidas de la Fm. Arcurquina y le atribuimos una probable edad Albo-cenomaniense: en cierto modo la Fm. Omoye recuerda mucho también al Gr. Moho con sus calizas Ayavacas del Altiplano que precisamente constituye otro equivalente lateral de la Fm. Arcurquina; considerando además que hacia el SE ningún afloramiento de Arcurquina haya sido señalado tanto en el sur del Perú como en el norte de Chile, existen muchas probabilidades para pensar que el sector de Carumas marca la terminación meridional de la "Cuenca de Arcurquina".

En resumen, si bien la estratigrafía del sector de Chapi-Omate-Carumas muestra todavía bastantes puntos de correlación con el sector de Yura, un hecho fundamental merece ser destacado: es la aparición de importantes aportes volcánicos en 3 oportunidades (Socosani, Gramadal y Matalaque), que vienen a interferir en la sedimentación silicoclástica normal.

b. Sector de Majes

Expone entre Corire y Aplao a lo largo del valle una notoria serie terrígena de actitud monoclinial (25-30° al NNW) de cerca de 3.000 m de potencia sin base ni techo, atribuida al Gr. Yura (Guizado, 1968) pero que, por sus particularidades de difícil correlación, ha motivado una nomenclatura formacional propia (Muñoz Neyra, 1960; Cabrera, 1980):

Fm. Sacramento, serie esencialmente lutítica de más de 450 m de potencia con 2 miembros diferenciados; el *inferior* de lutitas negras finamente laminadas

con escasas y delgadas intercalaciones de grauwacas; el *superior*, secuencia de lutitas negras en paquetes de 15-20 m con niveles delgados de areniscas sucias laminares entre los cuales se observan espectaculares estructuras de slumping con conglomerados intraformacionales, paleocanales derrumbados, olistolitos imbricados y hasta estratificación gradada en el techo, que evidencian una paleopendiente hacia el Sur; cabe reconocer que tanto por sus facies como por las estructuras de slumping asociadas, esta serie recuerda mucho a la Fm. Cachios; desgraciadamente, a pesar del hallazgo de una abundante fauna de Ammonites en el techo del miembro inferior, su difícil diagnosis no ha permitido hasta la fecha una asignación cronológica precisa, a excepción de algunos heteromorfos del género *Bochianites* que según Wiedmann señalan una edad Tithónica a Barremiana.

Fm. Zuñamarca, cerca de 1500 m de una serie predominantemente arenosa que se reduce a una sucesión de 15 secuencias básicas de unos 200 m de potencia en la base y de unos 50 m en el techo separadas por conspicuas superficies de discontinuidad; esquemáticamente cada secuencia elemental se muestra constituida de la siguiente manera: nivel basal de discontinuidad representado por una delgada lamachella (*Biosparudita*) arenosa y ferruginosa rica en Trigonias, Gastrópodos, Crinoideos con huellas de bioturbación, seguido de unas lutitas carbonosas sobre las cuales viene un paquete de 15-20 m de cuarzenitas inmaduras en canales entrecruzados de 8-10 m de ancho y 0,80-1 m de profundidad con estratificación oblicua hacia el Sur y en la base erosiva flute-casts y tool-marks que indican un sentido SSE a SSW de la corriente, en seguida vienen grauwacas en capas medianas para pasar a una alternancia de lutitas con esporádicos paquetes de areniscas en canales, rematando la serie con areniscas de estratificación paralela y lutitas; además en las secuencias terminales se nota una reducción de la potencia de los canales y areniscas, una rotación de las paleocorrientes hacia el SW y W, y un incremento de materia vegetal y orgánica llegando a generar por oxidación llamativos niveles amarillentos de sulfuros asociados con yeso en las superficies de discontinuidad; en cuanto a la edad de la serie, cabe señalar que en la fauna de Trigonias que caracteriza las superficies de discontinuidad se ha podido determinar en los niveles medios superiores *Buchotrigonia steinmanni* (Lisson), indicadora del Valanginiano según Reyes y Pérez (1978), lo que permite ubicar la Fm. Zuñamarca básicamente en el Neocomiano y correlacionarla entonces con la Fm. Labra.

Fm. Querullpa, 800 m de una alternancia de lutitas carbonosas y areniscas sucias de estratificación paralela ricas en restos vegetales, intercalada de 3 saltantes paquetes carbonatados de unos 50-80 m de potencia de calcilitas negras (micritas) fétidas y bituminosas en bancos gruesos (1-2 m), con algunos niveles fosilíferos de pequeños pelecípodos (*Plicatula sp.*); subrayamos la gran abundancia de materias carbonosas en la parte superior de la serie que llega a constituir pequeños mantos de carbón de unos 20 cm de espesor con abundante paleoflora, restos de paleosuelos y raíces en el muro y sulfuros en el techo; las medidas de orientación de estos restos vegetales indican una dirección dominante de paleocorriente NNW-SSE pero sin sentido preferencial; por su posición estratigráfica y sus intercalaciones carbonatadas que recuerdan en cierta forma las de la Fm. Omate, consideramos esta serie como un posible equivalente lateral de la Fm. Gramadal de ambiente parálisis.

Fm. Mamas, más de 500 m de una serie de cuarzenitas limpias con alto grado de selección divisible en 2 miembros; el *inferior* muestra una alternancia de areniscas finas de cemento calcáreo en bancos gruesos de estratificación paralela u oblicua con delgadas capas de calizas arenosas con abundantes Ostras, grandes Nerineas, fragmentos de Equinodermos y algunas oolitas, destaca ade-

más en la parte media unos niveles de brechas intraformacionales de cuarcitas cementadas con el mismo material; el miembro *superior* se inicia con una sucesión de grandes canales de unos 80 cm. de profundidad y 200 m de ancho con estratificación oblicua a veces volcada (overturned), que señalan paleocorrientes hacia el SSW, para seguir con una secuencia de cuarcitas en bancos gruesos (1-1,5 m) de estratificación paralela; por su alto grado de selección y madurez textural esta formación presenta pues muchas analogías con la Fm. Hualhuani sugiriendo una cierta correlación.

Así, la serie de Majes se diferencia notoriamente de las series que hemos analizado hasta ahora por su tremenda potencia y sus direcciones dominantes de paleocorrientes hacia el Sur que contrastan con las esencialmente al ESE de los otros sectores.

3. Cordillera de la Costa

En esta zona, la más occidental, el Mesozoico presenta caracteres fundamentalmente volcánicos y volcano-sedimentarios que contrastan manifiestamente con los de las series anteriores más orientales. A pesar de que se trata de series muy potentes, los afloramientos aparecen muy discontinuos y se reducen en realidad a unos cuantos roof-pendants apenas respetados por el Batolito costero y de todas maneras bastante efectuados por el termo-metamorfismo. Si agregamos a eso su gran monotonía y escasez en fósiles, nos enfrentamos a series estratigráficamente poco atractivas. Por suerte, el sector costero se ha beneficiado de un levantamiento geológico sistemático (Bellido y Guevara, 1963; Jaen y Ortiz, 1963; Narváez, 1964, García, 1968) que ha permitido aclarar la estratigrafía básica del sector comprendido entre Punta Bombón y La Yarada. Siendo los mejores afloramientos brindados por la Q. Guaneros y el río Osmore al NE de Ilo. Más al norte, el sector de Chala a través de las Qdas. Chala-Tocota y Chaparra ofrece también buenos afloramientos volcano-sedimentarios de la Costa, pero lamentablemente su estudio queda hasta ahora inédito (Olchanski, 1973). Por esta razón nos limitaremos al esquema estratigráfico del sector sur.

Antes de empezar conviene hacer una aclaración con respecto a la base misma de la secuencia mesozoica. En efecto, tradicionalmente se ha atribuido al Triásico superior una potente serie de areniscas y limonitas, definida como Gr. Yamayo (Bellido y Guevara, 1963; Narváez, 1964, García, 1968), que ocupa una posición discordante sobre el Complejo Basal de la Costa (Precámbrico) y subyace al Volcánico Chocolate. Pues bien, el reciente hallazgo de una abundante fauna de *Spirifer* en los niveles superiores del Gr. Yamayo permite asegurar que en realidad esta formación pertenece al Paleozoico superior.

En la Costa la columna estratigráfica se reduce entonces a lo siguiente con suave buzamiento general de las series hacia el NE:

Fm. Chocolate, potente conjunto volcánico de color verdoso a chocolate compuesto de una alternancia de derrames andesíticos de textura porfirítica y afanítica, algunos flujos dacíticos y gruesos miembros de aglomerados y brechas; de espesor variable, la serie pasa de 3.000 m en el río Tambo (Bellido y Guevara, 1963), alcanza 1.500 m en el sector de Ilo y más de 2.500 m por Locumba (Narváez, 1964); descansa en discordancia sobre la Fm. Yamayo o directamente sobre las metamorfitas precámbricas; serie prácticamente exenta de toda intercalación sedimentaria, a excepción de algunos escasos y delgados lentes de calizas gris claras arenosas señalados en el C° Tres Puntas al borde SE de la Pampa de La Joya (García, 198), en el C° Airampal al SE del Cuadrángulo de Ilo y en el Morro Sama al S del de Locumba, siempre en la parte superior de la serie; por su posición estratigráfica debajo de la Fm. Guaneros caloviana y sus analogías litológicas con la Formación homónima del área de Arequipa, se le

atribuye una edad esencialmente Jurásico inferior con la posibilidad de que la actividad volcánica se haya continuado hasta los albores del Dogger.

Fm. Guaneros (Bellido y Guevara, 1963), destacada serie volcano-sedimentaria de más de 3.000 m de potencia que recubre en discordancia erosiva al Volcánico Chocolate; compuesta de una alternancia de gruesos derrames andesíticos de textura porfirítica a brechoide con paquetes sedimentarios de areniscas de grano grueso a fino, bien estratificadas, de color variable gris verdosas a rojizas, con abundantes *Posidonia escuttiana* Douglas asociadas en algunos niveles a Ammonites, calizas detríticas gris oscuras a chocolate en bancos delgados y lutitas grises; en la parte inferior se nota una mayor proporción de rocas volcánicas, mientras que en la parte superior predominan los clásticos sedimentarios; lamentablemente hasta el momento no se dispone de estudios petrográficos del material terrígeno; a primera vista predominan las volcarenitas, pero es interesante señalar que se observan también areniscas cuarcíticas; cabe destacar además la mención por Narváez (1964) de un derrame volcánico submarino con estructura en almohadas (Pillow-lavas) en el C° Chololo; en cuanto a la edad media a superior de la Formación y de *Peltoceras* sp. en los horizontes más superiores, caracterizando respectivamente el Caloviano medio y superior, permite considerarla esencialmente Caloviana; sin embargo, el hecho de que los niveles inferiores de la serie quedan todavía sin datar, deja la posibilidad de encontrar alguna fauna diagnóstica un poco más antigua, tal vez Bajociana; a nuestro juicio tampoco se puede descartar la existencia de niveles más altos, puesto que la serie aparece en parte truncada por la discordancia del Terciario (Fm. Toquepala); finalmente subrayamos las evidentes similitudes de facies existentes entre la Fm. Guaneros y la Fm. Camaraca del Sector de Arica (Salas *et al.*, 1966), también con clásica fauna caloviana (Douglas, 1914, Stehn, 1923), y, por otro lado, con la parte media a superior de la Fm. Río Grande del Departamento de Ica (Ruegg, 1962, Caldas, 1978).

En esta columna estratigráfica de la Costa sur peruana, llama la atención la ausencia de antecedentes sobre Jurásico superior y Cretácico inferior. Tanto más que inmediatamente al norte (Departamento de Ica) se conoce en la costa Titónico marino (Fm. Jaguay, Ruegg, 1961) y hasta Neocomiano (Fm. Yauca, Caldas, 1978), como también al sur (Departamento de Arica), donde se ha caracterizado el Oxfordiano marino (Fm. Los Tarros, Cecioni y García, 1960) y el Berriasiano marino (Fm. Blanco, Cecioni y García, 1960), separados por un episodio continental discordante (Fm. Atajaña, Cecioni y García, 1960). Quedan pues fuertes presunciones para un significado paleogeográfico de esta laguna.

4. Altiplano occidental

Esta zona dista unos 80-100 km de la clásica franja de Yura y permite apreciar la evolución de las facies mesozoicas hacia el oriente. Los afloramientos se limitan a dos angostas franjas, la de Ichuña y la de Lagunillas-Mañazo, que emergen localmente debajo de la extensa cubierta terciaria (Gr. Puno) que caracteriza este sector del Altiplano. A pesar de estar separados por unos 20 km, sus series aparecen notablemente complementarias. A excepción del profundo corte del río Ichuña, los demás afloramientos se muestran más bien regulares en razón de la suave topografía imperante y de los fenómenos de solifluxión que atenuan los contrastes litológicos.

a. Sector de Lagunillas-Mañazo

Representa en realidad el único sector del Altiplano donde aflora el Jurásico en forma completa. Sector clásico desde los trabajos de Newell (1943) y Por-

tugal (1974), el llamado *Gr. Lagunillas* constituye una franja sedimentaria de más de 50 km de longitud al W de Puno, cuyos mejores afloramientos se observan de hecho al sur de Mañazo. Además, la serie se encuentra fuertemente plegada y escamada hasta tal punto que muchas veces resulta difícil reconstituir la sucesión estratigráfica original. Sin embargo, gracias al perfil clave de la Q. Antayajc observable a 10 km al SW de Mañazo, es posible diferenciar claramente cuatro unidades litoestratigráficas principales y presentar la siguiente columna sintética del *Gr. Lagunillas* bastante cercana a la de Portugal (1974):

Unidad inferior calcárea de más de 600 m de potencia, constituida de una alternancia de calcarenitas finas gris azules en bancos medianos con lutitas negras, presentando algunos niveles de slumping y unas intercalaciones de areniscas con estratificación gradada ricas en crinóideos retrabajados; la serie se muestra bastante rica en Ammonites de forma que ha sido posible reconocer los siguientes pisos (Perello com. oral, 1980): Sinemuriano inferior con *Arnioceras* sp. y *Vermiceras* sp., Pliensbachiano inferior con *Uptonia* sp., Toarciano inferior con *Dactyloceras* sp. y *Harpoceratidae*, y el Bajociano inferior con *Sonninia* sp.; se confirma entonces la edad Sinemuriana de los niveles inferior señalada por Portugal (1974) en base a *Vermiceras* cf. *V. stubeli* Tilmann, *Metophioceras?* sp. y *Cruciloboceras?* sp. y se muestra las notables condiciones de la serie para un estudio bioestratigráfico detallado.

Unidad lutítica (150 m) de color gris oscuro a negra, piritosas con llamativos niveles con nódulos y concreciones calcáreas con abundantes Ammonites y Posidonias; es la unidad más fosilífera y característica de la serie, conocida desde Lisson y Boit (1942) y Newell (1949) por su fauna Caloviana de *Reineckeia*; más tarde Portugal (1974) cita las siguientes especies determinadas por Imlay: *Reineckeia* cf. *R. paucicostata* Tornquist, *R. (Reineckeites)* cf. *eusculpta* Till., *R. (R)* cf. *stuebeli* Steinmann, *R. (R)* cf. *multicostata* Stein., *R. cf. branconi* Steinmann, *Eurycephalites* sp.; además, últimamente se han recolectado (Santander, en prep.) *Macrocephalites s. l.*, *Reineckeia (Kellawaysites)* sp. y *Perisphinctes* sp., este último en los niveles superiores de la serie, lo que sugiere que también el Oxfordiano pueda estar representado.

Unidad calcárea intermedia de unos 60 m de potencia representada por unas calcarenitas de color claro en bancos gruesos con Corales y Ostreas que remata con unos niveles dolomíticos; en realidad, esta unidad tiene un carácter netamente lenticular, de modo que no es constante en toda la zona y puede faltar como en el sector de Queirane, situado inmediatamente más al este.

Unidad superior de cuarcitas estimada a 300 m de espesor; serie eminentemente terrígena compuesta por areniscas cuarcíticas y cuarcitas blancas bastante bien clasificadas en bancos gruesos con frecuente estratificación oblicua y ondulitas alternando con lutitas negras e intercaladas de algunos bancos más calcáreas con Trigonias y Ostreas, y delgados niveles de conglomerados de cuarzo.

En realidad, la serie se completa inmediatamente al este, mostrando en Queirane, por encima unos 100 m de calcilutitas y calcarenitas en bancos medianos a gruesos de color gris claro ricos en *Nerinea* (Biosparudita), que recuerdan bastante las facies de Arcarquina.

En resumen, es muy probable que el *Gr. Lagunillas*, tal como está definido hasta ahora, abarque del Sinemuriano hasta el Albiano-Cenomaniano. Es evidente que del punto de vista formal, la noción de *Gr. Lagunillas* es demasiado amplia y necesita una subdivisión en por lo menos 3 formaciones para diferenciar los dos episodios carbonatados (Sinemuriano a Oxfordiano y Albo-Cenomaniano), del terrígeno (Jurásico terminal a Cretácico inferior). En este sentido, nos parece que lo más simple es restringir la noción de *Gr. Lagunillas* (s. str.) a la serie carbonatada que va del Sinemuriano al Oxfordiano, atribuir al *Gr. Yura* la uni-

dad de cuarcitas y lutitas suprayacentes e incluir en la *Fm. Arcurquina* (?), el paquete carbonatado superior. En resumidas cuentas, la *Serie de Lagunillas* se caracterizaría por una transgresión marina precoz, una sedimentación fina de lutitas durante el Calovo-Oxfordiano \neq con Puente) y una reducción del Gr. Yura y de la *Fm. Arcurquina*.

b. Sector de Ichuña

Situado a escasos 20 km al SW del precedente sector, constituye un útil jalón intermedio entre la clásica columna de Arequipa y la Serie de Lagunillas que permite entender mejor la evolución de las series hacia el oriente. Lamentablemente esta franja no ha beneficiado hasta la fecha de estudios detallados apareciendo el Gr. Yura indeferenciado en el cuadrángulo de Ichuña (Marocco y del Pino, 1966). El breve reconocimiento que hemos realizado por este sector muestra que es posible en realidad distinguir 5 unidades litoestratigráficas:

-- una *unidad inferior*, limitada al núcleo del Anticlinal de Yunga y con plegamiento fuertemente disarmónico, compuesta de lutitas negras intercaladas con bancos de 0,5-3 m de potencia de areniscas sucias, microconglomerados, algunas cuarcitas y unas cuantas intercalaciones delgadas de carbón;

-- una *unidad carbonatada* de unos 50 m de potencia de calcarenitas y calcilutitas gris oscuras en bancos medianos con una abundante fauna de Nerineas, Ostreas, pequeños corales y restos de Equinodermos;

-- una *unidad cuarcítica* de unos 500 m de potencia constituida por cuarcitas de grano fino a medio de color blanco o gris rosado en bancos medios a gruesos con frecuente estratificación cruzada con ondulitas y algunos niveles delgados de conglomerados intraformacionales (Marocco y del Pino, 1966) y además unas intercalaciones escasas y muy irregulares de lutitas negras; esta Formación se destaca muy bien en la morfología por su carácter macizo formando los flancos del Anticlinal de Yunga;

-- una llamativa *unidad de color predominantemente rojo*, compuesta de una alternancia de areniscas volcánicas en bancos medios a gruesos con pelitas que indudablemente recuerda mucho a la *Fm. Murco*;

-- una *unidad superior* de calizas pellizcadas en el corazón del sinclinal del Palture (Marocco y del Pino, 1966, fig. 4 y foto 6) que muy probablemente pertenecen a la *Fm. Arcurquina*.

Hasta que no se disponga de algunos controles bioestratigráficos, estamos limitados a correlaciones litológicas. Sin embargo, las notables analogías de las últimas unidades de la serie de Ichuña con las *Fms. Murco* y *Arcurquina*, respectivamente, lleva a intentarlo con las unidades infra-yacentes. En este sentido, la unidad de Cuarcitas tanto por sus facies que por su posición, recuerda bastante a la *Fm. Hualhuani*, mientras que el episodio carbonatado que está por debajo se asemeja bastante a la *Fm. Omate* y por extensión se correlacionaría básicamente con la *Fm. Gramadal*. De modo que la unidad inferior de lutitas y areniscas debe representar en esencia un equivalente más lutítico de la *Fm. Labra* (Tithónico-Neocomiano). A propósito de eso, recordaremos que inmediatamente al NE, en Lagunillas, la serie permanece lutítica hasta prácticamente el final del Jurásico y que los aportes arenosos son muy tardíos en comparación del sector de Yura. Por último, dentro de este marco de comparaciones, cabe destacar el notorio acunamiento de las facies continentales de Murco hacia el NE.

5. Altiplano oriental

Esta zona posee una sedimentación exclusivamente cretácica y se caracteriza por importantes variaciones de facies de marino a continental hacia el NE (Audebaud *et al.*, 1976; Laubacher, 1977). Ya la ausencia de Jurásico plantea un problema, puesto que entre Mañazo, donde el Jurásico pasa los 800 m y la

Hda. Taya Taya donde conglomerados del Cretácico inferior descansan directamente sobre el Devónico, existe una distancia de apenas 15 km. Resulta, en efecto, difícil admitir cambios de facies tan rápidos en el Jurásico cuando la edad Sinemuriano de la base de Lagunillas y las propias facies con turbiditas señalan más bien la parte más profunda de la Cuenca para el Jurásico⁴. Se hace pues necesario admitir una apreciable erosión del Jurásico sobre el Altiplano oriental, previa a los depósitos cretácicos.

En cuanto a la estratigrafía cretácica, los espectaculares cambios de facies han llevado (Laubacher, 1977) a distinguir un sector meridional (Juliaca-Pusi) de un sector septentrional (Putina), separados sensiblemente por la línea Moho-Huancané-San Antón.

a. Sector de Juliaca-Pusi

Este sector muestra la clásica serie del Altiplano establecida por Newell (1949). En el detalle presenta bastantes variaciones de facies, cuyo análisis está dificultado por la misma complejidad estructural de la zona (Newell, 1949; Chanove, Mattauer y Megard, 1969). Sin embargo, básicamente se reconoce la siguiente sucesión:

Fm. Sipin, 20-40 m de calizas arenosas de color pardo a marrón rojizo un tanto dolomíticas en bancos delgados con estratificación laminar u oblicua intercaladas con areniscas cuarzosas de grano grueso.

Fm. Muni, 50-125 m de pelitas rojas a chocolates yesíferas con delgadas intercalaciones calcáreas nodulosas y arenosas con *Ostreas*, *Trigonias* y abundantes pequeños pelecípodos.

Fm. Huancané, muy conspicua serie de unos 100 m de espesor de areniscas cuarcíticas de color rosado a marrón de aspecto macizo con estratificación oblicua; se le reconoce 3 miembros (Newell, 1949): uno *inferior* conglomerádico a microconglomerádico, con rodados de cuarzo filoniano y cuarcitas devónicas; uno *intermedio* macizo de cuarcitas de grano medio a grueso muy redondeado y uno *superior* de grano fino con estratificación más bien paralela.

Fm. Moho (s. Laubacher, 1977 = unidades a, b, c de Newell, 1949), 100-200 m de pelitas rojas violáceas yesíferas, con una llamativa intercalación de 25-30 m de calizas macizas gris azules escasamente fosilíferas (calizas Ayavacas); serie considerada de edad Albiano a Santoniano inferior, correlacionable cronológicamente con la Fm. Arcurquina y litológicamente con la Fm. Yuncaypata de Cuzco en cuyas calizas se ha encontrado *Neolobites* sp. del Cenomaniano (Kalafatovich, 1957).

Fm. Hanchipacha (Audebaud et al., 1976 = unidades d a j del Gr. Moho de Newell, 1949), 500 m de una serie de Pelitas y areniscas cuarcíticas de típico color gris aceitunado a marrón intercalada de muy delgados (< 25 cm) horizontes calcáreos con escasos pelecípodos pero algunos persistentes niveles de Carófitas que han permitido datar estas capas del Campano-Maestrichtiano (Grambast et al., 1967); esta Formación es considerada equivalente de la Fm. Vilquechico del sector de Putina (Audebaud et al., 1976) (fig. 2).

Evidentemente, la falta de antecedentes bioestratigráficos sobre los niveles inferiores de esta serie dificulta las correlaciones. Sobre Huancané sólo se sabe del hallazgo de una microflora wealdiana (neocomiana) en unas intercalaciones lutíticas de la Formación al SE de Cuzco (Doubingér y Marocco, 1976) y de su probable correlación con las Cuarcitas Halhuani (Jenks, 1948; Benavides, 1962), mientras que para las Fms. Sipin y Muni subyacentes se duda entre el Cretácico basal y Jurásico terminal.

⁴ A menos que esta proximidad tenga causas tectónicas.

b. Sector de Putina

Presenta un equivalente lateral oriental más detrítico del conjunto Huancañé-Moho, definido como Gr. *Cotacucho* (Audebaud *et al.*, 1976). Se trata de un conjunto esencialmente arenoso de color rojo ladrillo a rosado de más de 1.000 m de potencia con algunas intercalaciones pelíticas yesíferas en la base y en la parte media un conspicuo nivel dolomítico de color claro (Dolomita Huatasane) de unos 10 m de espesor y de aspecto macizo, considerado como el equivalente lateral de las calizas Ayavacas (Audebaud *et al.*, 1976; Laubacher, 1977). Las areniscas forman bancos gruesos con estratificaciones oblicuas muy pronunciadas y tienen un grano medio a grueso con elevada redondez, buena clasificación y frecuentes superficies deslustradas (Newell, 1949). Deben ponerse en paralelo con las pelitas rojas del Gr. Moho (Fig. 2).

El Cretácico superior (Campano-Maestrichtiano) está representado por la Fm. *Vilquechico*, clásica serie con 600-700 m de potencia de pelitas gris aceitunado a marrón intercaladas de algunos paquetes de areniscas cuarcíticas y delgadas capas calcáreas con concreciones fosfáticas pardas con abundantes carófitas.

6. Faja subandina

En esta última zona el Cretácico tiene más de 1.000 m de potencia (Dávila y Ponce de León, 1971), con facies predominantemente continentales a salobres. En síntesis (Pardo y Zúñiga, 1976), la serie se divide en 4 unidades litoestratigráficas principales:

Gr. Oriente, unidad basal indiferenciada en el sector de Madre de Dios de areniscas blanquecinas de grano medio a grueso a conglomerádico, cuarzosas de estratificación maciza y cruzada de tipo torrencial a fluvio-deltaico, intercaladas de lutitas carbonosas con abundantes restos vegetales; se le atribuye una edad esencialmente Aptiano-Cenomaniano (Pardo y Zúñiga, 1976), que lo correlacionaría con la parte superior del Gr. *Cotacucho* (Laubacher, 1977).

Fm. Chonta, compuesta de lutitas, margas y calizas negras, grises y verdosas con intercalaciones delgadas de areniscas calcáreas, facies marina con abundante contenido fosilífero en Foraminíferos, Ostrácodos, Gastrópodos, Lamelibranchios y algunos Ammonites que a esta latitud le confiere una edad básica Turoniano-Santoniano (Pardo y Zúñiga, 1976).

Fm. Vivian, recurrencia de facies fluvio-deltaicas de litología muy similar a la del Gr. Oriente con areniscas blanquecinas, amarillentas de grano grueso a conglomerádico a estratificación cruzada y lechos delgados de lutitas carbonosas negras con restos de plantas.

Fm. Cachiyacu, reducido episodio de lutitas negras, arcillas margosas y limonitas con restos de fauna marina y de ambiente salobre que marca la transición hacia arriba a las capas rojas terciarias; afinidades litológicas y faunísticas con la Fm. El Molino de Bolivia le confiere una edad cretácica terminal, probablemente campano-maestrichtiana (Pardo y Zúñiga, 1976) que se correlaciona con la parte superior de la Fm. *Vilquechico* (Audebaud *et al.*, 1976).

Cabe destacar que los aportes detríticos en esta zona proceden básicamente de la erosión del Escudo Brasileño (Pardo y Zúñiga, 1976), mientras que las intrusiones marinas provienen del occidente. Hechos que se muestran en aparente contradicción con la clásica noción de Cordillera oriental como área positiva durante el Cretácico (Audebaud *et al.*, 1973, 1976; Laubacher, 1977) y que justificarían un estudio sedimentológico detallado.

Problemas paleogeográficos

Al término de este análisis estratigráfico que hemos querido un tanto exhaustivo a fin de mostrar el estado exacto del conocimiento del Mesozoico sur

peruano, nos parece todavía prematuro intentar una interpretación paleogeográfica detallada de la Cuenca. Esto será materia de una futura publicación cuando concluyan los estudios sistemáticos actualmente en curso. Por el momento nos parece útil destacar brevemente los principales problemas paleogeográficos que se plantean.

Además de la discontinuidad de los afloramientos, lo que más dificulta las reconstrucciones paleogeográficas es la ausencia de líneas de tiempo bien definidas en lo que atañe especialmente al período Jurásico superior-Cretácico inferior, es decir el de depositación del Gr. Yura y sus equivalentes. El otro obstáculo es la falta de interpretaciones paleobatimétricas de las series, que constituyen normalmente el único criterio válido para establecer la paleomorfología de cuencas⁵. Los períodos más demostrativos desde este punto de vista nos parecen ser el Sinemuriano y el Caloviano:

En el *Sinemuriano* se opone el potente y extenso volcanismo andesítico a dacítico de carácter eminentemente continental de la Fm. Chocolate desarrollado sobre toda la costa hasta un poco al NE de una línea Pampacolca-Yura-Palca a la sedimentación marina de calcarenitas finas y lutitas negras con niveles turbidíticos con crinoideos del Gr. Lagunillas; está claro que en este período ya existía una extensa cuenca marina relativamente profunda a la altura de Mañazo, cuyo borde occidental transgresivo estaba jalonado de cuerpos arrecifales como los de la Cantera Chocolate y que se extendía hacia el sur por lo menos hasta Palca; el hecho de que en el Perú central la transgresión del Gr. Pucará se sitúa en el Triásico superior (Megard, 1973, 1978) y que en la costa sur peruana no hubo Triásico marino (cf. infra), es evidente que la ingresión marina vino del NW; resultaría pues interesante poder datar la edad exacta de la transgresión en la zona intermedia al sur de Ayacucho para poder apreciar las etapas de la transgresión hacia el SE.

Es para el *Caloviano* que se dispone de los mejores antecedentes de correlación; en efecto, se puede oponer los potentes depósitos volcano-sedimentarios de la Fm. Guaneros del sector de la Costa, con las grauwacas finas de la Fm. Puente del sector de Yura y las lutitas negras piritosas de Lagunillas; esta última franja impide evidentemente aportes terrígenos del oriente; las fuentes de detrítico tienen obligatoriamente que ubicarse al occidente como lo confirman por lo demás las direcciones de paleocorrientes hacia el ESE y Este, medidas en los sectores de Yura y Omate, respectivamente; llama sin embargo la atención el hecho de que a pesar de la intensa actividad volcánica del sector costero en esta época esto no se refleja en la petrografía de las areniscas de Puente muy ricas en cuarzo y muy pobres en plagioclasas y líticos de origen volcánico; esto lleva a suponer que en realidad en esta época el arco volcánico costero se encontraba ya muy transgredido y por lo menos muy subordinado con respecto a una extensa área emergida situada más al oeste donde afloraban indudablemente complejos metamórficos y series terrígenas paleozoicas para alimentar en cuarzo la Fm. Puente; cabe recordar que la misma Fm. Guaneros presenta muchas areniscas cuarzosas en alternancia con los derrames volcánicos; no se puede prescindir pues para el Caloviano de una *importante masa continental al occidente de la actual costa*.

Para el *Jurásico superior*, durante la sedimentación de la Fm. Cachios (Kimmeridgiano a Titónico), se destaca el fuerte dinamismo de la cuenca que se traduce en la franja de Yura, de Pampacolca a Chapi, por paleocorrientes sistemáticas hacia el ESE. Llama la atención también su gran inestabilidad señalada por los niveles de slumping que indican paleopendientes principales al E. y SE Fig. 3. Estas medidas visiblemente dan el sentido longitudinal de la cuenca con una pro-

⁵ Recordamos que los mapas isopáquicos señalan las zonas de máxima acumulación que en general no inciden con los ejes de cuencas pero más bien con sus bordes.

fundización hacia el SE. Se plantea así el problema de la evolución de la cuenca hacia el NW y del significado de paleocorrientes y paleopendientes hacia el S-SSE en las lutitas Sacramento de la serie de Majes que pueden anunciar la proximidad de un cono deltaico.

Para el *Cretácico inferior* conviene reconocer que las series son de muy poca profundidad, prácticamente se desarrolla una muy extensa plataforma clástica con bancos de arenas y paleocanales que señalan una colmatación total de la cuenca. A partir de este momento, los aportes pueden venir en parte del oriente como lo señala por lo demás (Beaudoin com. oral, 1979) el sentido de corrientes hacia el oeste en los conglomerados torrenciales de la base de la Fm. Huancané en el sector de Taya-Taya y SW en las areniscas cuarzosas con estratificación oblicua suprayacentes (Fig. 4). Siendo un importante corolario de esta observación su incompatibilidad con la prematura noción de "Umbral de Santa Lucía" introducida por Audebaud *et al.* (1976, p. 239, fig. 3) y Laubacher (1977, figs. 47 y 52) como una zona emergida centrada sobre la línea Santa Lucía-Yauri, supuestamente bien marcada en el Neocomiano, separando la cuenca altiplánica continental a deltaica del mar abierto sur-occidental. Además, según su trazo, separaría curiosamente la serie de Mañazo de la Ichuña sobre las cuales precisamente existen grandes afinidades en el *Cretácico inferior*.

En suma, se percibe un notable cambio en el dispositivo paleogeográfico entre el Jurásico superior y el *Cretácico inferior*. Está atestiguado por el mismo cambio que registran las direcciones de paleocorrientes de la Fm. Labra del sector de Yura (León, 1980): hacia el Este en la base, se tornan SE en el medio para terminar hacia el Sur en el miembro superior de cuarcitas con estratificación oblicua y mantener este sentido en la Fm. Hualhuani.

Otro interesante tema de investigación ofrece la misma Fm. Murco (Aptiano) con sus notorios cambios de espesor y facies entre el autóctono y el alóctono del sector de Yura (Valdivia, 1979), la aparición al NW de niveles calcáreos en el autóctono del sector de Huambo (Huaman, 1980) y de derrames volcánicos en el sector de Capiza (Pérez, 1980), y su transición hacia el SE al potente volcanismo de la Fm. Matalaque.

Para el *Cretácico medio* se destaca la gran homogeneidad de facies de la Fm. Arcurquina, que cubre grandes extensiones de una sedimentación carbonatada muy fina de ambiente bastante tranquilo que pasa hacia el techo a un régimen de circulación restringida evaporítico (Fm. Chilcane y Fm. Querque) y que parece reducirse hacia el SE para terminar aparentemente en el sector de Carumas con la Fm. Omoye que presenta muchas analogías con las facies del Gr. Moho del Altiplano oriental de ambiente litoral lagunar.

Por último nos toca señalar algunos problemas de extensión de cuencas hacia el sur. Antes que todo hay que reconocer que mientras se tiene una idea aceptable de la estratigrafía de la cadena costera del norte de Chile (sector de Arica a Iquique) (Cecioni y García, 1960; Salas *et al.*, 1966; Thomas, 1960; Silva, 1972), se dispone de muy pocos antecedentes sobre el Mesozoico de la Precordillera Tarapagueña. Por los notorios cambios de facies de volcánico a sedimentario de oeste a este en la Cordillera de la Costa de Iquique (Silva, 1972), está claro que durante el Jurásico este sector correspondía al borde oriental del importante Arco insular que se extendía más al oeste. En cuanto a la extensión de la Cuenca del Sinemuriano inferior que hemos dejado en Palca cerca de la frontera con Chile, es muy probable que alcanzaba hacia el sur hasta la Sierra de Varas por los 25° S (Jeusen *et al.*, 1976), ya que se tienen varios jalones intermedios como la Fm. Longacho con *Arietites* (Galli y Dingman, 1962) del Sector de Pica (20°30'S) y la Fm. Quinchamale inferior con *Arnioceratinae* (Maksaev, 1978) de la Sierra de Moreno (21°30'S). En lo que atañe a la extensión del Gr. Yura hacia el sur, el hecho de que en la Fm. Chacarilla jurásica superior del Sector de Pica (Galli

y Dingman, 1962) se distingue un miembro inferior marino de areniscas cuarzosas y lutitas y un miembro superior continental rojo de conglomerados, areniscas y pelitas con huellas de dinosaurios, parece indicar que estamos en la zona de terminación meridional de la cuenca y que ya hacia el sur se desarrolla el típico episodio continental del Kimmeridgiano.

Tales son pues a grandes razgos algunos de los problemas que plantea la paleogeografía mesozoica del sur peruano y que los estudios venideros deberán precisar.

BIBLIOGRAFIA

- Audebaud, E.; Capdevila, R.; Dalmayrac, B.; Debelmas, J.; Laubacher, G.; Lefevre, Ch.; Marocco, R.; Martinez, C.; Mattauer, M.; Megard, F.; Paredes, J. y Tomasi, P., 1973. *Les traits géologiques essentiels des Andes Centrales (Pérou-Bolivia)*. Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn., 15 (1-2), 73-114, 10 figs. Masson Ed., Paris.
- Audebaud, E., Laubacher, G. y Marocco, R., 1976. *Coupe géologique des Andes du Sud du Pérou de l'Océan Pacifique au Bouclier Brésilien*. Geol. Rundschau, 65 (1), 223-264, 8 figs., 1 lám. Stuttgart.
- Benavides, V., 1956. *Cretaceous system in Northern Peru*. Bull. Am. Museum of Nat. history, 108 (4), 353-494, 58 figs., 35 láms., 2 tas. New York.
- , 1962. *Estratigrafía pre-terciaria de la región de Arequipa*. Bol. Soc. Geol. del Perú, 38, 5-63, 5 figs., 18 fots. Lima.
- Bellido, E. y Guevara, C., 1963. *Geología de los Cuadrángulos de Punta Bombón y Clemezi (Hojas 35-s y 35-t)*. Com. Carta Geol. Nac., 2 (5), 92 ps., 10 figs., 10 fots., 2 mapas 1:100.000. Lima.
- Cabrera, C., 1980. *Aspectos de la sedimentación marina terrígena del Gr. Yura del Valle de Majes (Departamento de Arequipa, Perú)*. Tesis UNSA. Arequipa.
- Caldas, J., 1978. *Geología de los Cuadrángulos de San Juan, Acari y Yauca (Hojas 31-m, 31-n, 32-n)*. Inst. Geol. Min. Bol. n° 30, 78, 3 figs., 10 fots., 2 mapas 1:100.000, 1 plano. Lima.
- Cecioni, G. y García, F., 1960. *Observaciones geológicas en la Cordillera de la Costa de Tarapaca*. Inst. Inv. Geol. Bol. n° 6, 28 ps., 2 figs. Santiago.
- Chanove, G., Mattauer, M. y Megard, F., 1969. *Précision sur la tectonique tangentielle des terrains secondaires du Massif de Pirin (Nord-Ouest du Lac Titicaca, Pérou)*. C. R. Acad. Sc., t. 268, ser. D, 1698-1701, 2 figs. Paris.
- Chong, G., Hillebrandt, A. y Thierry, J., 1978. *Antecedentes sobre el Batoniano de los Andes del Norte de Chile*. II Congres. Arg. de Paleont. y Bioestratigrafía, resumen, 16. Buenos Aires.
- Douglas, J., 1914. *Geological sections through the Andes of Peru and Bolivia. I-From the Coast of Arica in the North of Chile to La Paz and the Bolivian Yungas*. Quart. Journ. Geol. Soc. London, v. 70, 53 ps. London.
- , 1920. *Ibid. II-From the port of Mollendo to the Inambari river*. Quart. Journ. Geol. Soc. London, v. 76, 58 ps. London.
- Galli, C. y Dingman, R., 1962. *Cuadrángulos Pica, Alca, Matilla y Chacarilla*. Inst. Inv. Geol., v. 3 (2, 3, 4 y 5), 125 ps., 11 figs., 11 fots., 1 tabl. Santiago.
- García, W., 1968. *Geología de los Cuadrángulos de Mollendo y La Joja (Hojas 34-r, 34-s)*. Serv. Geol. Min. Bol. n° 19, 95 ps., 15 figs., 5 fots., 2 mapas 1:100.000: Lima.
- , 1978. *Geología de los Cuadrángulos de Puquina, Omate, Huaitirc, Mazo Cruz y Pizacoma (Hojas 34-t, 34-u, 34-v, 34-x, 34-y)*. Inst. Geol. Min. Bol. n° 29, 63 ps., 5 mapas 1:100.000. Lima.
- Grambasi, L.; Martínez, M., Mattauer, M. y Thaler, L., 1967. *Perutherium altiplanense nov. gen. sp. premier mammifère mesozoïque d'Amérique du Sud*. C. R. Acad. Sc., v. 264, serv. D, 707-710. Paris.
- Guizado, J., 1968. *Geología del Cuadrángulo de Aplao (Hoja 33-r)*. Serv. Min. Bol. n° 20, 50 ps., 5 figs., 10 fots., 1 mapa 1:100.000. Lima.
- Hillebrandt, A., 1970. *Zur Biostratigraphie und Ammoniten-Fauna des sudamerikanischen Jura (insbes. Chile)*. N. Jb. Geol. Paläont., 136 (2), 166-211, 3 figs., 2 tabls. Stuttgart.
- , 1972. *Sobre la Bioestratigrafía y la Fauna de Ammonites del Jurásico de América del Sur (especialmente de Chile)*. Dep. de Geología. Univ. de Chile, n° 39, 50 ps., 3 figs., 2 tabls. Santiago.
- , 1973. *Neue Ergebnisse über den Jura in Chile und Argentinien*. Münster. Forsch. Geol. Paläont., v. 31-32, 167-199, 4 figs. Münster.
- Huaman, D., 1980. *Geología de los sectores de Andahua-Ayo-Gloriahuasi (Departamento de Arequipa, Perú)*. Tesis UNSA, 114 ps., 23 figs., 2 mapas al 1:50.000 y 1:100.000. Arequipa.
- Jaen, H. y Ortiz, G., 1973. *Geología de los Cuadrángulos de La Yarada y Tacna (Hojas 37-u, 37-v)*. Com. Carta Geol. Nac. Bol. n° 6, 53 ps., 4 figs., 11 fots., 2 anexos, 2 mapas 1:100.000. Lima.
- Jaworski, E., 1915. *Beiträge zur Kenntnis der Jura in Sudamerika*. N. Jb. Miner. Geol., v. 40, 364-456, 31 láms., 1 fig. Stuttgart.
- Jenks, W., 1948. *Geología de la Hoja de Arequipa al 200.000*. Inst. Geol. del Perú. Bol. n° 9, 104 ps., 10 figs., 9 láms., 1 mapa 1:200.000. Lima.
- , 1956. *Perú, in handbook of South American Geology*. Geol. Soc. of Amer. Mem. 65. Boulder.
- Jensen, O., Vicente, J. C., Davidson, S. y Godoy, E., 1976. *Etapas de la evolución marina jurásica de la Cuenca andina externa (mioliminar) entre los paralelos 26° y*

- 29°30'S. I. Congr. Geol. Chileno 1. A 273-A 295. 8 figs. Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago.
- Kalafatovich, C., 1957. *Edad de las calizas de la Formación Yuncaypata, Cuzco*. Bol. Soc. Geol. del Perú, 32, 127-139, 3 figs. Lima.
- Laubacher, G., 1977. *Geologie de l'Altiplano et de la Cordillère Orientale au Nord et Nord-Ouest du Lac Titicaca (Pérou)*. Thèse Univ. Sc. et Tech. Languedoc, 116 ps., 75 figs., 9 láms., 1 mapa 1:500.000. Montpellier.
- León, I., 1980. *Antecedentes sedimentológicos sobre el Jurásico-Cretácico inferior del Sector de Yura (Departamento de Arequipa, Perú)*. Tesis UNSA, Arequipa.
- Lisson, C., 1908. *Contribución al conocimiento sobre algunos Ammonites del Perú*. IV Congr. Cient. Latino-Amer., 66 ps., 23 tabs., 20 láms. Lima.
- , 1909. *Edad del Morro de Arica*. Bol. Min. del Perú, 2 (2), 32-33. Lima.
- , 1911. *Terrenos reconocidos hasta hoy en el Perú y Sinopsis de sus Fauna y Flora fósiles*. Bol. Min. del Perú, 3 (2), 141-192. Lima.
- Lisson, C. y Boit, B., 1942. *Edad de los Fósiles Peruanos y distribución de sus depósitos*. 320 ps. Lima.
- Logan, B., Rezak, R. y Ginsburg, R., 1964. *Classification and Environmental significance of algal stromatolites*. Journ. Geology, 72 (1), 68-83.
- Maksaev, V., 1978. *Geología de los Cuadrángulos Chitigua y Cerro Palpana al Oeste del Curso superior del Río Loa de Antofagasta*. Tesis Univ. de Chile, Dep. de Geología, 235 ps., 28 figs., 36 fots., 1 mapa 1:56.000. Santiago.
- Marocco, R. y del Pino, M., 1966. *Geología del Cuadrángulo de Ichuña (Hoja 33-n)*. Com. Carta Geol. Nac. Bol. n° 15, 57 ps., 5 figs., 8 fots., 1 mapa 1:100.000. Lima.
- Megard, F., 1973. *Etude Géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou central*. Thèse Univ. Sc. et Tech. du Languedoc. 263 ps., 131 figs., 9 láms., 1 mapa 1:500.000. Montpellier.
- , 1978. *Etude Géologique des Andes du Pérou Central*. Memoires Orstom n° 86, 310 ps., 132 figs., 9 láms., 1 mapa 1:500.000. Paris.
- Mendivil, S., 1976. *Aspectos generales de la estratigrafía del Sur del Perú*. Memoria II Congr. Latinoamericano de Geología, 2, 821-847, 5 figs. Caracas.
- Muñoz Neira, P., 1960. *Medidas estratigráficas de la Formación Uruca, Valle de Majes*. Tesis UNSA, 35 ps., 4 figs., 16 fots. Arequipa.
- Narváez, S., 1964. *Geología de los Cuadrángulos de Ilo y Locumba (Hojas 36-t, 36-u)*. Com. Carta Geol. Nacional. Bol. n° 7, 75 ps., 7 figs., 11 fots., 2 mapas 1:100.000. Lima.
- Newell, N., 1949. *Geology of the Lake Titicaca region, Peru and Bolivia*. Geol. Soc. of America Memoir 36, 111 ps., 14 figs., 17 láms., 4 mapas. New York.
- Olchanski, E., 1973. *Mapas geológicos de Chala, Cháparra, Jaqui y Cora-Cora*. Serv. Geol. y Min. Lima. Inédito.
- Pardo, A. y Zúñiga, F., 1976. *Estratigrafía y Evolución tectónica de la región de la Selva del Perú. Parte II: Mesozoica y Cenozoica*. Memoria II Congreso Latinoamericano de Geología, 2, 588-608, 7 figs. Caracas.
- Pérez, V., 1980. *Geología del Sector de Pampacola-Tipan-Uñon (Departamento de Arequipa, Perú)*. Tesis UNSA. Arequipa.
- Portugal, J., 1974. *Mesozoic and Cenozoic stratigraphy and Tectonic Events of Puno-Santa Lucia Area, Department of Puno, Peru*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 58 (6), 982-999, 10 figs. Tulsa.
- Portugal, J. y Gordon, L., 1976. *Geologic history of Southern Peru*. Memoria II Congr. Latinoamericano de Geología, 2, 789-819, 15 figs. Caracas.
- Reyes, R. y Pérez, E., 1978. *Las Trigonías del Titoniano y Cretácico inferior de la Cuenca andina de Chile y su valor cronoestratigráfico*. Inst. Inv. Geol. Chile. Bol. n° 32, 105 ps., 5 tabs., 1 mapa, 5 láms. Santiago.
- Rivera, M., 1950. *Geología del Valle de Majes y Camana*. Tesis UNSA, 62 ps., 4 figs., 28 fots., 3 láms. Arequipa.
- Ruegg, W., 1961. *Hallazgo y posición estratigráfica-tectónica del Titoniano de la Costa sur del Perú*. Soc. Geol. del Perú, 36, 203-208. Lima.
- , 1962. *Razgos morfológicos-geológicos intramarinos y sus contrapartes en el suelo continental peruano*. Bol. Soc. Geol. del Perú, 38, 97-142, 4 figs. Lima.
- Salas, R.; Kast, R., Montecinos, F. y Salas, I., 1966. *Geología y recursos minerales del Departamento de Arica, Provincia de Tarapaca*. Inst. Inv. Geol. Chile. Bol. n° 21, 114 ps., 18 figs., 7 tabs., 8 planos, 1 mapa 1:300.000. Santiago.
- Sequeros, F., 1979. *Geología del área Cerro Redondo-Ojule (Departamento de Arequipa)*. Tesis UNSA, 125 ps., 27 figs., 32 fots., 1 mapa 1:50.000. Arequipa.
- Silva, I., 1972. *Geología de las ojas Pisagua y Zapiga, Provincia de Tarapaca, Chile*. Tesis Univ. de Chile, Dep. de Geología, 97 ps., 27 figs., 32 fots., 1 mapa 1:100.000. Santiago.
- Stehn, E., 1923. *Beiträge zur Kenntnis des Bathonien und Callovien in Sudamerika*. N. Jb. Min. Geol., v. 49, 52-158, 21 figs., 8 láms. Stuttgart.

- Steinmann, G., 1881. *Über Tithon und Kreide in den peruanischen Anden*. N. Jb. Min. Geol., 2, 130-153, 3 láms. Stuttgart.
- , 1892. *Über Jura und Kreide in den Anden*. N. Jb. Min. Geol., 1, 1-4.
- , 1891. *A sketch of the Geology of South America*. Americ. Naturalist, 855-860.
- , 1892. *Geologische Karte von Sudamerika*, in Berghaus, *Physik. Atlas I. Atlas der Geologie* n° 14. Gotha.
- Steinmann, G. y Lisson, C., 1924. *Mapa geológico de la Cordillera del Perú*. In *Geologie von Peru*. Steinmann, 1928. Heidelberg.
- Szekely, T., 1966. *Correlation of mesozoic formations of Southern Peru and Northern Chile*. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 50 (9), 1994-1998, 2 figs. Tulsa.
- , 1967. *Jurassic stratigraphy of Southern Peru*. Colloque du Jurassique, Luxembourg. Mem. BRGM n° 75 (1971), 727-737, 2 figs. Paris.
- Thomas, A., 1970. *Cuadrángulos Iquique y Caleta Molle, Provincia de Tarapaca*. Inst. Geol. Chile, Cartas n°s. 21 y 22, 51 ps., 2 figs., 2 tabs., 2 mapas 1:100.000. Santiago.
- Valdivia, M., 1979. *Geología del área Cincha-Mina Torcontar (Departamento de Arequipa)*. Tesis UNSA, 117 ps., 26 figs., 33 fots., 1 mapa 1:50.000. Arequipa.
- Vargas, L., 1970. *Geología del Cuadrángulo de Arequipa (Hoja 33-s)*. Serv. Geol. Min. Bol. n° 24, 64 ps., 3 figs., 8 fots., 1 mapa 1:100.000. Arequipa.
- Vicente, J. S.; Sequeiros, F., Valdivia, M. y Zavala, J., 1979. *El Sobre-escurrimiento de Cincha-Lluta: elemento del Accidente Mayor Andino al NO de Arequipa*. Bol. Soc. Geol. del Perú, 61, 67-99, 12 figs. Lima.
- Wilson, J. y García, W., 1962. *Geología de los Cuadrángulos de Pachia y Palca (Hojas 38-v, 38-x)*. Com. Carta Geol. Nac. Bol. n° 4, 81 ps., 5 figs., 3 láms., 2 mapas 1:100.000. Lima.







