

LAS TRANSGRESIONES MARINAS DEL ANTRACOLÍTICO EN LA AMÉRICA DEL SUR

Por ENRIQUE FOSSA-MANCINI

ADVERTENCIA PRELIMINAR

El presente trabajo consta (prescindiendo de este brevísimo proemio) de tres partes. En la primera de ellas (capítulos I a IX) planteo un problema, específico el significado que atribuyo a algunos términos, y expongo mis ideas acerca de los límites entre Carbonífero y Pérmico y de las subdivisiones de ambos sistemas. En la segunda (capítulos X a XIX) trato de rectificar ciertas correlaciones estratigráficas que son comúnmente aceptadas y que, sin embargo, me parecen erróneas; ellas se refieren a formaciones marinas asiáticas, australianas y norteamericanas que distintos autores han tomado por términos de comparación en sus tentativas de determinar la posición estratigráfica de las capas con fósiles marinos del Antracolítico conocidas en la América del Sur. En la tercera parte (capítulos XX a XXXII) examino la posibilidad de determinar la edad probable de los estratos fosilíferos marinos del Antracolítico señalados en varias regiones de este continente y de definir, mediante el conocimiento de la edad, el número probable de las transgresiones marinas.

Aunque sólo esta última parte tiene relación inmediata y evidente con el título del trabajo, las dos anteriores no son menos esenciales, por cuanto proporcionan los elementos de juicio que, en mi opinión, son necesarios para llegar a una solución. Puede decirse que las primeras dos partes contienen las premisas de donde, en la tercera parte, saco conclusiones acerca de la edad probable de tal o cual fauna marina del Antracolítico de la América del Sur.

La extensión del presente trabajo ha resultado mayor de lo que yo suponía al empezarlo. Es probable que algunos de los que lean estas líneas y se interesen en asuntos de estratigrafía no tengan tiempo o paciencia bastante para seguir leyendo página tras página hasta el final. A estos lectores les aconsejo saltar hasta la página 163, para leer de inmediato la sección que he titulado « resumen »; cada uno de sus párrafos contiene lo más esencial de lo que está escrito en el capítulo que lleva el mismo número, de manera que quien encuentre argumentos que considere de especial interés u opiniones que le parezcan heterodoxas puede hallar, sin dificultad, mayores datos acerca de aquéllos y los fundamentos de éstas.

I. CONSIDERACIONES GENERALES

Sabemos que en distintas regiones del continente sudamericano se ha señalado la presencia de sedimentos marinos, fosilíferos, del Antracolíptico que en su mayoría han sido referidos al Carbonífero superior y en pequeña parte al Carbonífero inferior o bien al Pérmico. También sabemos que en algunos lugares estos sedimentos marinos del Antracolíptico descansan sobre depósitos continentales que contienen restos de plantas características del Carbonífero inferior, o bien sobre estratos con fósiles marinos del Devónico o aún más antiguos; pero en otros sitios no ha sido posible determinar con relativa seguridad la edad de las formaciones subyacentes. En ninguno de los casos que recuerdo se ha observado una serie continua de estratos marinos concordantes que sean referibles con seguridad, por sus fósiles, en parte al Pérmico y en parte al Carbonífero o bien en parte al Carbonífero superior y en parte al Carbonífero inferior. Esta circunstancia me parece significativa.

Quien se proponga utilizar lógicamente los datos consignados en la literatura geológica con el objeto de formarse una idea de la distribución de las tierras sudamericanas y de los mares que las rodearon durante el Antracolíptico, debe empezar por escoger entre dos maneras de encarar el problema.

1ª Puede uno tomar por punto de partida de sus razonamientos la suposición de que todos los fósiles marinos del Antracolíptico de la América del Sur han sido determinados correctamente y que estas determinaciones han llevado a correlaciones estratigráficas igualmente correctas. Si uno parte de este postulado, llega necesariamente a la conclusión de que durante el Antracolíptico distintas secciones de este continente se han comportado como otras tantas unidades independientes, hundiéndose algunas de ellas en el Eocarbonífero para levantarse luego en el Neocarbonífero mientras se hundían otras, y produciéndose otra vez análogos ascensos y descensos locales durante el Pérmico. Al parecer, esta conclusión satisface a casi todos los geólogos contemporáneos que se ocupan de la estratigrafía y paleogeografía de la América del Sur, pues no tengo conocimiento de que alguien haya formulado dudas acerca de la supuesta movilidad por secciones del continente sudamericano durante el Antracolíptico. En realidad esta movilidad articulada no es imposible, aunque, a mi modo de ver, es poco verosímil.

2ª En cambio, puede uno basarse en la consideración de que la extensísima regresión que se produjo a mediados del Carbonífero en varias partes del hemisferio boreal debe haber sido compensada por una transgresión de comparable magnitud en otras partes del globo. Quien parte de esta premisa no puede llegar a una conclusión categórica, pero no puede abstenerse de sospechar que la opinión corriente sea errónea y de dudar de la exactitud de aquellos datos paleontológicos y biostratigráficos que han inducido a admitir la existencia de transgresiones de la época eocarbonífera y de la pér-

mica (además de aquellas de la neocarbonífera) en una u otra región de la América del Sur. Es evidente que para establecer la fe que aquellos datos efectivamente merecen, se impone una revisión crítica de los escritos en que están consignados.

No me consta que una revisión de esta índole haya sido intentada anteriormente por otros; por consiguiente, creo conveniente exponer en el presente trabajo algunos resultados de los estudios que he realizado en los últimos dos o tres años con el propósito de comprobar si hay o no buenas razones que militen en favor de la pluralidad de las transgresiones del Antracólítico.

A pesar del mucho tiempo que he gastado en investigaciones bibliográficas, no me ha sido posible consultar todas las obras que se refieren a la paleontología y a la estratigrafía de las formaciones marinas del Antracólítico. Seguramente algunos lectores notarán omisiones, que son debidas o al desconocimiento de algunas publicaciones o bien a la imposibilidad de consultar otras. Estaré agradecido a quien advierta y subsane estas omisiones involuntarias, aportando así nuevos datos en favor o en contra de mis opiniones, pues deseo promover la discusión sobre un problema al que, en el pasado, no se ha reconocido toda la importancia que, a mi parecer, tiene.

II. EL CONCEPTO DE TRANSGRESIÓN

Decimos que se produce una transgresión cuando el mar invade regiones que anteriormente eran tierras emergidas; y que se produce una regresión marina cuando el mar abandona regiones que anteriormente cubría. Esto equivale a decir que cada transgresión está necesariamente ligada a una sumersión de tierras y a un desplazamiento negativo de las líneas de costa; y que cada regresión está necesariamente ligada a una emersión de tierras y a un desplazamiento positivo de las líneas de costa. Así el significado de estos términos queda perfectamente definido.

Esta advertencia, que puede parecer superflua, encuentra su justificación en el hecho de que los geólogos aún no han llegado a un acuerdo completo referente al término que corresponde usar para designar la invasión, por el mar, de tierras anteriormente emergidas.

Dos eminentes geólogos italianos contemporáneos, Rovereto (1924, 174) y Vinassa (1933, 44), han empleado, en este sentido, el vocablo « *ingressione* » que seguramente es más feliz desde el punto de vista de la etimología, pues en latín *transgressio* significa primeramente tránsito o pasaje, e *ingressio* significa ingreso o entrada. Esta innovación no ocasionaría inconvenientes si todos los autores italianos usaran el mismo término con el mismo significado. Desgraciadamente otro ilustre geólogo italiano, Parona (1924, 248, 269), empleó la palabra *trásgressione* para significar la invasión por el mar (exactamente como lo hacemos nosotros), Rovereto (1924, 175),

la usó para designar el conjunto de las condiciones determinadas por una transgresión (en el sentido que hemos adoptado) y por la regresión siguiente, y Vinassa (1933, 128) la consideró, al parecer, sinónimo de « *discordanza* ».

El término « *ingresión* » también ha sido empleado en otro sentido. Más de cincuenta años atrás Richthofen (1886 ; 1901, 606, 607) distinguió dos tipos de transgresiones : las *transgresiones en sentido estricto* (que llamaba *Transgressionen auf Abrasionsflächen*), que se producen cuando el mar invade grandes extensiones de tierras que anteriormente ya estaban poco menos que niveladas ; y las *ingresiones* (*Transgressionen ohne Abrasion oder Ingressionen*) que se producen cuando el mar penetra sólo en valles y bajos, o bien en cuencas que se están hundiendo, sin llegar a cubrir las partes más elevadas de las regiones de topografía más o menos accidentada.

Aún en nuestros días hay geólogos, especialmente en Alemania, que adoptan esta distinción de Richthofen, aunque no atribuyen a la abrasión marina la importancia preponderante que él le asignaba. Estos geólogos aplican con relativa frecuencia el término « *ingresión* » a toda transgresión que, en su opinión, ha tenido una extensión moderada, no llegando el mar a inundar una parte considerable de la masa continental a la que se refieren. Pero la opinión que podemos formarnos acerca de la extensión de una transgresión es, en general, tanto más discutible cuanto más antigua es la transgresión a la que nos referimos, por cuanto a medida que transcurre el tiempo las pruebas de la extensión de los antiguos mares están siempre más expuestas a ser destruidas por la erosión, a ser sepultadas por los nuevos sedimentos, o a ser borradas por el metamorfismo.

Está fuera de discusión que podemos dar con toda propiedad el nombre de *ingresión* en el sentido indicado por Richthofen a la transgresión del Pleistoceno por la cual el Atlántico llegó a cubrir, a lo sumo, la décima parte de la provincia de Buenos Aires y la quinta parte de la de Entre Ríos, además de una angosta faja a lo largo del litoral uruguayo ; el conocimiento de los depósitos superficiales recientes y las numerosas excavaciones y perforaciones efectuadas nos dan la certidumbre de que los sedimentos marinos del « *Querandinense* » no han llegado a depositarse mucho más al oeste o mucho más al norte de los sitios donde se ha comprobado su presencia.

Pero cuando se trata de interpretar los vestigios dejados por un mar que existió muchas decenas de millones de años atrás, no siempre puede efectuarse la distinción entre « *transgresión en sentido estricto* » e « *ingresión* ». Así por ejemplo, el hallazgo de restos de *Spiriferina campestris* en la dolomía de Olavarría (Harrington, 1940) indica que durante una parte del período Carbonífero este lugar estuvo debajo del mar ; pero los otros afloramientos de estratos marinos fosilíferos referidos al mismo período se hallan tan lejos de las Sierras Bonaerenses que no podemos saber si la sedimentación se efectuó en una gran cuenca marina única, o bien en distintos mares, o aún, en parte, en valles hundidos e inundados por el mar. Es evidente que en el primer caso se trataría de una « *transgresión en sentido estricto* » y en

los otros de una « ingresión ». Nótese que en el ejemplo aducido no se puede invocar, en favor de la transgresión propiamente dicha, el criterio de la peneplanización de la región invadida por el mar, pues hay razones para suponer que la parte basal de los « Estratos de la Tinta » (que comprenden la dolomía con braquiópodos) no se ha depositado directamente sobre el basamento cristalino peneplanizado sino sobre sedimentos que luego han desaparecido, molidos por acciones tectónicas (Harrington, 1940, 243-244).

Recordando otros casos análogos, creo que la distinción entre « transgresión en sentido estricto » e « ingresión » (en el sentido definido por Richthofen) resulta inaplicable cuando nos referimos a cambios en la distribución de tierras y mares que se produjeron en el hemisferio austral anteriormente al Jurásico. Por consiguiente, he optado por emplear únicamente el término « transgresión » en su acepción más amplia.

Recuerdo que han procedido de igual manera geólogos altamente reputados, aun refiriéndose al Cenozoico, o sea a tiempos en los cuales se han depositado sedimentos que en gran parte son accesibles a nuestras observaciones. Así, por ejemplo, Stappenbeck (1926, 133, 135, 138, cuadro 1 y mapa) quien se ha referido repetidamente a una « transgresión » del Pleistoceno, que es justamente la del « Querandinense », que he citado anteriormente como ejemplo de una típica « ingresión ».

Un argumento que me parece decisivo para inducirnos a emplear únicamente el término « transgresión » es el siguiente: si aplicamos el nombre de « transgresión » a toda invasión marina de una extensa región casi allanada por la erosión, y el nombre de « ingresión » a toda invasión marina de moderada magnitud con sumersión parcial de la región que se ha hundido, ¿qué término nos queda para designar las invasiones marinas cuya existencia es segura, pero cuya extensión y límites no conocemos?

III. IDEAS DE STEINMANN Y DE GERTH

Más de cincuenta años atrás, Steinmann (1891, 856-857) ponía de relieve el hecho de que en la América del Sur los sedimentos del Carbonífero son mucho menos difundidos que los del Devónico y que los estratos del Carbonífero inferior son en gran parte arenáceos y sin fósiles, mientras que los del Carbonífero superior, con restos de gastrópodos y braquiópodos cosmopolitas y de foraminíferos de la familia *Fusulinidae*, son conocidos en varias partes del Perú, de Bolivia y del Brasil.

En una reunión de la Geologische Vereinigung que se celebró en Frankfurt en 1911, Steinmann habló del contraste que notaba entre los sedimentos del Carbonífero inferior y los del Carbonífero superior conocidos en la América del Sur en aquel entonces: los primeros, de agua dulce, con restos vegetales característicos; los otros, marinos, con una fauna de aspecto muy uniforme (Steinmann, 1911, 50, 51).

En su *Geología del Perú* (1929, 283) Steinmann expuso sus ideas de una manera más definida, diciendo que a principios de la época neocarbonífera la región andina peruana y una gran parte de la masa brasileña pertenecían a una extensa región continental que, por haber sido anteriormente casi aplana-
nada por la erosión, ya no presentaba elevaciones considerables sobre el nivel del mar ; así que, al producirse la transgresión, territorios amplísimos quedaron invadidos por un mar playo que ha dejado aquellos sedimentos del Carbonífero superior cuya difusión geográfica es tan notable, así como lo sería, según Steinmann, su relativa uniformidad de facies. La regresión podría haberse efectuado con igual regularidad al iniciarse una nueva expansión del área continental de la América del Sur, área que luego, durante todo el Pérmico y una parte, por lo menos, del Triásico, no habría sido menor que la actual.

Gerth (1932, 134, 137) ha compartido implícitamente el concepto fundamental de Steinmann, pero ha tratado de extenderlo, con ciertas modificaciones, a casi todo el continente sudamericano. En su opinión, la transgresión se habría efectuado sólo en la segunda mitad de la época Neocarbonífera, o sea en el Uraliano ; y la regresión no se habría producido con relativa simultaneidad en todas las regiones invadidas por el mar del Uraliano sino que éste habría permanecido aún durante una parte del Pérmico sobre ciertas partes de la actual cuenca del Río Amazonas y, posiblemente, de la zona cordillerana.

IV. ARGUMENTOS EN FAVOR Y EN CONTRA DE LA HIPÓTESIS DE STEINMANN

La hipótesis de Steinmann atrae por su sencillez. Un par de movimientos epirogenéticos (uno de descenso y otro de ascenso), o sea una sola oscilación de moderada amplitud vertical y de gran extensión horizontal, sería suficiente para explicar la distribución de los sedimentos fosilíferos del Carbonífero a los que se refería Steinmann.

Se puede notar, además, que en este caso la transgresión en la América del Sur coincidiría con la regresión que ha dejado rastros evidentes en muchas regiones de la América del Norte y de Europa mediante la acumulación de grandes masas de sedimentos continentales del Carbonífero superior, a menudo con valiosas intercalaciones de carbón mineral, encima de depósitos marinos, estériles en carbón, del Carbonífero inferior. Es posible, pues, y me parece verosímil, que el levantamiento relativo (con respecto al nivel del mar) de extensas regiones de la América del Norte y de Europa haya sido compensado por un hundimiento relativo, simultáneo, del continente sudamericano. Esto no significa que yo sea partidario de la teoría pendular (« Pendulations-theorie ») de Reibisch y Simroth que después de haber gozado de cierta fama, unos treinta años atrás, no ha resistido a la crítica

de sus fundamentos teóricos ; me baso simplemente en la consideración de que, al producirse una emersión de masas continentales relativamente extensas, las aguas que anteriormente las cubrían deben ir a alguna otra parte, así que es probable que invadan otras regiones que anteriormente emergían ; de no estar afectadas por movimientos propios, la transgresión se produciría por simple elevación del nivel del mar y resultaría tanto más extensa cuanto más bajas sean las tierras invadidas por el mar. En realidad, es probable que también haya hundimiento de masas continentales para compensar el levantamiento de otras, porque el volumen total de la parte sólida del globo debe mantenerse aproximadamente constante y porque no hay razones para suponer que los levantamientos de masas continentales sean acompañados por hundimientos exactamente equivalentes de fondos oceánicos. Tenemos así dos argumentos en favor de la contemporaneidad de regresiones en ciertas partes de nuestro planeta y de transgresiones en otra. No ignoro que Grabau (1936, 539-540) ha manifestado el convencimiento de que la mayoría de los estratígrafos admiten que las grandes transgresiones y regresiones marinas que afectan a todos los continentes son debidas esencialmente a variaciones en el nivel de los océanos y no a movimientos de una u otra masa continental ; pero observo que en los continentes australes no hay pruebas convincentes de la existencia de tales transgresiones y regresiones universales, por cuya razón la opinión atribuída por Grabau a la mayoría de los estratígrafos no me parece sólidamente fundada, por cuanto queda por demostrar la misma existencia de considerables variaciones en el nivel de los océanos.

Ya he dicho que la sencilla y atractiva hipótesis de una transgresión única del mar del Neocarbonífero sobre una gran parte del actual continente sudamericano seguida por una regresión anterior al Pérmico no está de acuerdo con la interpretación que se ha dado a algunos hallazgos paleontológicos. Efectivamente, investigadores de reconocida capacidad dan por comprobada la presencia de fósiles del Carbonífero inferior cerca de la estancia del Leoncito (provincia de San Juan) y en el valle de Vizcachani (departamento de Puno, en el Perú) que atestiguarían transgresiones anteriores al Neocarbonífero ; y también de fósiles marinos del Pérmico en las sierras de Pillahuincó y de las Tunas (provincia de Buenos Aires), en los alrededores de Barreal (provincia de San Juan), cerca de la desembocadura del Río Choapa (provincia de Aconcagua, Chile), en las inmediaciones de Mafra y en el Río Tayó (estado de Santa Catarina, Brasil), en Passinho y Teixeira Soares (estado del Paraná, Brasil) que demostrarían que en ciertas regiones el mar permaneció después de terminado el Carbonífero.

Si los fósiles hallados en los lugares que acabo de mencionar hubieran sido determinados correctamente y si las correlaciones biostratigráficas no dejaran lugar a dudas, la hipótesis de la transgresión única y general resultaría evidentemente inaceptable.

No es posible efectuar una revisión de las determinaciones de dichos fósiles

les basándose sólo en las descripciones y en las figuras publicadas ; por otra parte no habría que esperar que una revisión de esta índole llevara a conclusiones fundamentalmente nuevas, por cuanto los fósiles marinos sudamericanos del Antracolítico han sido estudiados por paleontólogos serios y competentes, que probablemente han sacado todo el provecho posible del material que han podido examinar. Por estas razones nos conviene aceptar sin discusión las determinaciones específicas que hallamos en la literatura, suponiendo que ellas sean correctas, y no atribuir importancia a las discrepancias en las determinaciones genéricas, discrepancias cuyo significado práctico he discutido en otro trabajo (Fossa, 1943, págs. 312-313).

En cambio, no es difícil averiguar si las correlaciones biostratigráficas son aceptables, pues para ello basta ver si las unidades estratigráficas de las regiones que se comparan son efectiva y seguramente equivalentes y si han sido designadas con términos que no presenten ambigüedades. Es evidente que la ambigüedad de los términos estratigráficos lleva necesariamente a correlaciones dudosas o erróneas ; por esta razón hay que empezar por definir aquéllos antes de intentar éstas.

V. SERIES Y PISOS DEL ANTRACOLÍTICO

Habiendo discrepancias entre los geólogos acerca de las subdivisiones del Pérmico y del Carbonífero, como también acerca del límite entre estos sistemas, quien desea contribuir a aclarar problemas relacionados con la estratigrafía del Antracolítico debe empezar por definir el significado que atribuye a los términos estratigráficos que se propone emplear ; pues, de omitirse esta precaución, puede uno agravar involuntariamente el estado de confusión que reina actualmente en este campo. La confusión tiene su origen, a mi modo de ver, en las correlaciones arbitrarias y prematuras hechas por tres afamados paleontólogos austriacos (Feistmantel, Waagen y Diener) que estudiaron los fósiles antracolíticos de la India ; en los últimos dos decenios ha aumentado mucho, debido a la influencia de dos ilustres geólogos norteamericados (Schuchert y Grabau), que han querido incluir en el Pérmico todo el Uraliano, aunque por definición es éste el piso más alto del típico Carbonífero marino de Rusia. Es evidente que quien olvida el carácter eminentemente convencional de las unidades estratigráficas tiende necesariamente a modificar sus límites para hacerlos coincidir con determinadas fases evolutivas de ciertos grupos de plantas o de animales, o con ciertas discordancias, o con algún ciclo de sedimentación ; cada uno de estos criterios (cuya importancia relativa escapa a toda valuación objetiva), puede llevar a un resultado diferente, así que llega un momento en que un autor que quiera ser entendido por sus lectores debe especificar previamente el sentido

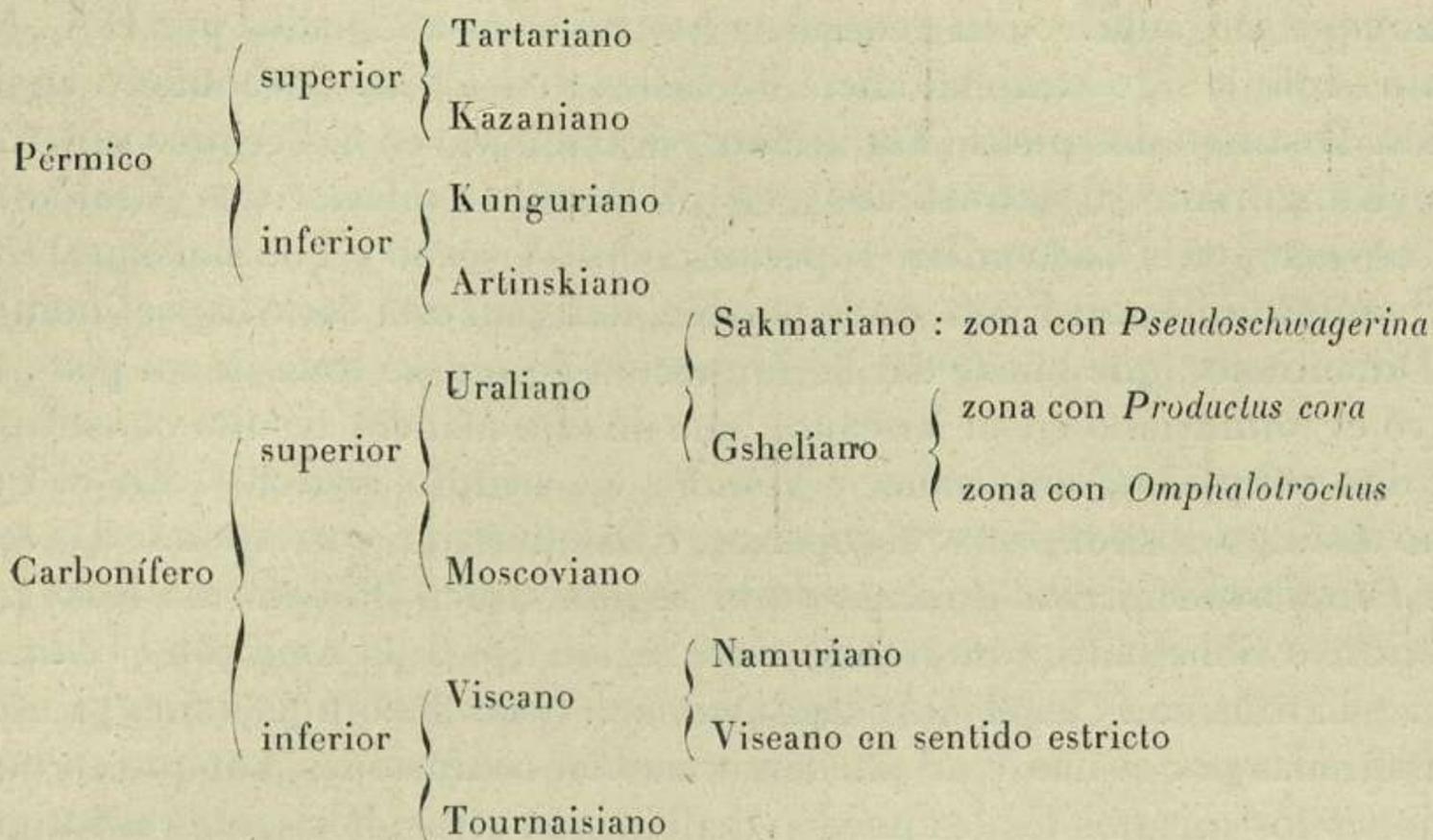
que asigna a los términos estratigráficos a los que se ha atribuido más de un significado. Sin esta aclaración previa, los términos Pérmico inferior, Carbonífero superior, etc. resultan indeterminados.

Aunque me adhiero, en general, a los criterios adoptados por D.V. Nalivkin (1937), sigo ateniéndome a la clásica división de Carbonífero en dos series. Distingo dos pisos (Tartariano y Kazaniano) en el Pérmico superior, dos (Kunguriano y Artinskiano) en el Pérmico inferior, dos (Uraliano y Moscoviano) en el Carbonífero superior, y dos (Viseano y Tournaisiano) en el Carbonífero inferior. Evito, en lo posible, designar esta serie bajo el nombre de Dinantiano, que puede dar la impresión de que se trata de un piso. Incluyo el Namuriano en el Viseano, que de esta manera resulta constituido por dos subpisos (Namuriano y Viseano en sentido estricto). En el Uraliano distingo dos subpisos: el superior, o Sakmario, corresponde a la zona con *Pseudoschwagerina princeps* de la región típica (Plataforma Rusa); el inferior, o Gsheliano, comprende, en la región típica, la zona con *Productus cora* y la zona con *Omphalotrochus whitneyi*. Estas denominaciones ya están consagradas por el uso y no pueden ocasionar confusiones, aunque en otras regiones los mismos fósiles pueden hallarse en otros horizontes estratigráficos.

Es sabido que los geólogos no han logrado ponerse de acuerdo sobre el límite entre Pérmico y Carbonífero y que esta discrepancia dificulta notablemente la interpretación de las obras de los autores que no especifican cuál es su opinión al respecto. Por éstas y otras razones resulta muy conveniente en los casos de incertidumbre emplear un término comprensivo que abarque ambos sistemas. Este término global es « Antracolítico », propuesto por Waagen en 1891 y posteriormente empleado por Diener (1899, 1911 y 1915) en importantes memorias sobre fósiles de la India. Haug lo adoptó en su conocido tratado (1909) pero lo consideró como el nombre de un sistema y no de una unidad de categoría superior, como lo había sugerido Waagen (1891, 241). En mi opinión, es preferible mantener la separación entre los sistemas Carbonífero y Pérmico cada vez que es posible marcar el límite entre los dos; pero en los casos dudosos conviene emplear el término Antracolítico para designar el conjunto de ambos sistemas. Es evidente que este término, por aplicarse a un conjunto de dos sistemas, no corresponde a ninguna de las unidades estratigráficas contempladas por los congresos geológicos internacionales; pero conviene emplearlo igualmente porque es un vocablo muy útil, que nos permite evitar confusiones.

Los términos que he mencionado en este capítulo son suficientes para fijar la escala estratigráfica de referencia que necesitamos para nuestra discusión sobre la correlación de los sedimentos marinos del Antracolítico de la América del Sur y los de otros continentes. Me he abstenido deliberadamente de agregar términos que no considero indispensables (por ejemplo, los que se refieren a subdivisiones del Carbonífero continental).

El cuadro siguiente puede servir para aclarar mayormente el significado que atribuyo a los distintos términos.



VI. UNA CUESTIÓN DE NOMENCLATURA ZOOLOGICA

En el cuadro anterior el piso Uraliano aparece dividido en dos subpisos ; el inferior o Gsheliano comprende dos zonas, de las cuales la inferior está caracterizada por un gasterópodo (*Omphalotrochus whitneyi*) y la superior por un braquiópodo (*Productus cora*) ; el subpiso superior, o Sakmariano, equivale a la zona con *Pseudoschwagerina princeps*.

Esta zona se llamaba, hasta unos pocos años atrás, zona de la *Schwagerina princeps* o, más simplemente, zona con *Schwagerina*. El cambio de denominación se ha vuelto necesario desde cuando se ha comprobado que en la región típica el foraminífero que debemos llamar *Schwagerina* se halla tanto en el Sakmariano como en el Artinskiano, mientras que el foraminífero que algunos años atrás llamábamos, erróneamente, *Schwagerina* (y que hoy corresponde llamar *Pseudoschwagerina*) parece ser exclusivo del Sakmariano en la región típica (Plataforma Rusa).

La serie de acontecimientos que ha llevado a este cambio de nombre genérico (juntamente con otros) puede resumirse de la manera siguiente :

En 1808 Montfort establece el nuevo género *Borelis*, tomando por tipo *B. melonoides* (forma que posteriormente, y hasta tiempos muy recientes, la generalidad de los autores ha referido el género *Alveolina* D'Orbigny 1826).

En 1823 Say describe una especie de foraminífero del Carbonífero de Estados Unidos, que llama *Miliolites secalicus*.

En 1829 Fischer de Waldheim funda el género *Fusulina* indicando como genotipo *F. cilindrica*, forma que describe y representa mediante dibujos sólo en 1837, especificando entonces que se halla en las calizas de Miatschkovo y de otros lugares de Rusia.

En 1842 Ehrenberg describe una nueva especie de foraminíferos de las calizas silíceas del valle del Río Pinega (provincia de Arcangelsk, norte de Rusia) y la llama *Borelis princeps*.

En 1887 Möller propone el nuevo género *Schwagerina* para algunas formas globulares que hasta entonces habían sido referidas, juntamente con las fusiformes, al género *Fusulina*; y agrega que considera *Borelis princeps* Ehrenberg como una forma típica del género *Schwagerina*.

En 1878 Möller describe como *Schwagerina princeps* otros foraminíferos globulares de calizas antracólíticas del Timan.

En 1883 Schwager describe como *Schwagerina princeps* otros foraminíferos globulares de calizas antracólíticas de China.

En 1904 Girty nota que los foraminíferos norteamericanos que hasta entonces habían sido determinados como *Fusulina cilindrica* no pertenecían a esta especie ni a este género, y que algunos de ellos correspondían a *Miliolites secalicus* Say, especie que tomó por genotipo del nuevo género *Triticites*.

En 1931 Dunbar y Skinner comprobaron que la estructura interna de otros foraminíferos del Antracólítico de Estados Unidos, hasta entonces referidos al género *Fusulina*, difería notablemente tanto de la de *Fusulina* como de la de *Triticites*; basándose en las aludidas particularidades de estructura fundaron el nuevo género *Pseudofusulina*, tomando por genotipo una especie nueva, *P. huecoensis*.

En 1936 Dunbar y Skinner, estudiando la estructura interna de los ejemplares descritos y figurados como *Borelis princeps* por Ehrenberg, descubrieron que, a pesar de la semejanza en la forma exterior, ellos eran muy diferentes de las formas referidas al género *Schwagerina* por Möller en 1878, por Schwager en 1883 y por muchos otros autores posteriormente, mientras que presentaban la estructura interna que habían indicado en la diagnosis del género *Pseudofusulina*, cinco años antes. Ahora bien: por ser *Borelis princeps* Ehrenberg el genotipo de *Schwagerina*, este nombre genérico es válido y *Pseudofusulina* cae en sinonimia; pero entonces se necesita otro nombre genérico para las formas referidas al género *Schwagerina* por Möller en 1878, por Schwager en 1883 y por tantos otros en tiempos más recientes; el nuevo nombre, propuesto por Dunbar y Skinner, es *Pseudoschwagerina* (genotipo, *Schwagerina princeps* Möller non Ehrenberg).

Mayores datos sobre las distintas fases de esta cuestión de nomenclatura se hallan en escritos de Girty (1904, 234-240), de Thompson (1936, 287-291) y de Dunbar y Skinner (1931, 252-258, 1936, 83-89).

De acuerdo con las reglas vigentes de nomenclatura zoológica, ahora debemos referir al género *Schwagerina* lo que anteriormente había sido

designado bajo el nombre de *Pseudofusulina* y, además, la forma que Ehrenberg había llamado *Borelis princeps*; y debemos referir el género *Pseudoschwagerina* todo lo que anteriormente se ponía en el género *Schwagerina*, con excepción de *Borelis princeps* Ehrenberg.

Naturalmente, no todos los paleontólogos y estratígrafos se han dejado convencer de inmediato por las razones aducidas por Dunbar y Skinner en 1936; D. Rauser Tschernoussowa (1936, 573-580) ha sostenido que en el caso de *Schwagerina* Möller 1878 (non 1877) y de *Pseudofusulina* Dunbar y Skinner 1931 convendría establecer excepciones a las reglas internacionales de nomenclatura zoológica, en lugar de aplicar rigidamente el principio de prioridad, como lo han hecho Dunbar y Skinner en 1936. En un trabajo más reciente de la misma paleontóloga sobre los foraminíferos del Paleozoico superior de la Curva de Samara, hallamos los viejos nombres, sin ninguna alusión a los cambios propuestos por los autores norteamericanos (Rauser-Tschernoussowa, 1938).

La aplicación rigurosa de las reglas de nomenclatura zoológica seguramente ocasiona dificultades en la interpretación de los escritos que se refieren a la estratigrafía del Antracolítico; pero me parece necesaria aun desde un punto de vista eminentemente práctico, por cuanto actualmente no veo otra manera para evitar la confusión entre dos especies una de las cuales es característica, según Dunbar, del Sakmario mientras que la otra, mucho más rara, se halla también en el Artinskiano y en el Kunguriano. La confusión resulta imposible si se designa la primera como *Pseudoschwagerina princeps* (Möller) y la segunda como *Schwagerina princeps* (Ehrenberg): y también puede uno omitir la indicación del nombre del autor, con tal que avise, una vez para todas, que sigue la nomenclatura propuesta por Dunbar y Skinner.

Los inconvenientes que proceden de la estricta aplicación de las normas del código internacional de nomenclatura zoológica no son tan temibles como lo es la confusión que se produciría si dejáramos de aplicarlas. Pero es natural que los que están acostumbrados al uso de un determinado término, que ya se ha vuelto de uso común, se resistan a abandonarlo para reemplazarlo con otro, o nuevo o desusado. Este último caso se ha presentado para los comunísimos nombres genéricos *Nummulites* Lamarck 1801 y *Alveolina* D'Orbigny 1826, desechados por eminentes especialistas contemporáneos por ser sinónimos, respectivamente, de *Camerina* Bruguière 1792 y *Borelis* Montfort 1808, que habían quedado en el olvido por más de un siglo.

En el caso particular que nos interesa, los nombres genéricos que no pueden ocasionar confusión son *Pseudoschwagerina* y *Pseudofusulina* (aunque éste cae en sinonimia de *Schwagerina*), mientras que el único nombre que puede resultar ambiguo es, actualmente, *Schwagerina*. Quien, por miedo a posibles confusiones, no se atreve a aplicar las normas del código de nomenclatura zoológica, podría salvar toda dificultad práctica refirién-

dose sólo a los géneros *Pseudofusulina* y *Pseudoschwagerina*, sin mencionar *Schwagerina*. Este temperamento me parece más simple y seguro que el propuesto por Rauser-Tschernoussowa.

VII. EL LÍMITE ENTRE CARBONÍFERO Y PÉRMICO

A. LOS CRITERIOS RECOMENDADOS POR LA SUBCOMISIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN DEL PÉRMICO DE LA AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS

Una nueva discusión sobre este argumento puede parecer superflua a quien recuerde tres excelentes trabajos que aparecieron en el número de febrero de 1940 del Boletín de la American Association of Petroleum Geologists. El primero es un artículo de Dunbar sobre el Pérmico típico, su clasificación y correlación; el segundo es un artículo de Moore titulado como el presente capítulo; y el tercero es el informe sobre la clasificación de las rocas del Pérmico presentado a la asociación por una subcomisión especial constituida por Tomlinson, Moore, Dott, Cheney y Adams.

En realidad estos seis eminentes geólogos norteamericanos se proponían hallar una manera, razonable y conveniente a la vez, para que los geólogos de Estados Unidos puedan ponerse de acuerdo sobre las subdivisiones del Pérmico que conviene adoptar en una u otra región de aquel país. Puede decirse que la subcomisión estaba obligada, por la difusión que ya habían alcanzado ciertos criterios de correlación, a proponer una solución que, sin oponerse demasiado a los principios universalmente aceptados, se amoldara lo más posible a las costumbres locales; pues de otra manera las recomendaciones de la subcomisión podían acrecentar la confusión en lugar de eliminarla. A pesar de este carácter eminentemente conciliativo y de oportunidad de las conclusiones finales de la subcomisión, su informe y los dos artículos que lo preceden contienen una exposición rigurosamente científica del estado del problema y una cantidad de datos valiosos y de consideraciones críticas que constituyen excelentes puntos de partida para una nueva discusión del problema cuando se lo encare de un punto de vista más general, o sea con el objeto de establecer el límite que corresponde trazar lógicamente entre Carbonífero y Pérmico, sin tomar en consideración lo que suele hacerse en un determinado país.

Los criterios que pueden guiar en la elección del límite entre dos sistemas están clasificados así en el informe de la subcomisión (Tomlinson y otros, 1940, 345):

I. Prioridad.

1. La definición originaria del sistema en el lugar típico.
2. Datos referentes a otras regiones citados por quien propuso originariamente el sistema discutiendo su valor como unidad sistemática ; su relación con sistemas contiguos de acuerdo con sus definiciones originales en los lugares típicos respectivos.

II. Uso.

1. En el área típica del sistema.
2. En todo el mundo.

III. Hechos objetivos.

1. Los límites más naturales que se pueden determinar actualmente en el área típica.
2. Los límites más naturales que se pueden determinar actualmente basándose en todas las observaciones conocidas en el mundo.

Cada uno de los tres puntos principales (prioridad, uso, hechos objetivos) es discutido en una sección especial del informe. La subcomisión, que atribuye moderada importancia a la prioridad y al uso en la región típica (visitada, durante el Congreso Geológico Internacional que se reunió en Rusia en 1937, por Dunbar y otros seis de los geólogos consultados), apenas menciona el uso mundial (que, a mi manera de ver, es el que más consideración merece) ; en cambio, toma especialmente en cuenta ciertas categorías de « hechos objetivos », o sea las pruebas de movimientos diastróficos y de cambios paleontológicos. Así la subcomisión llega a aconsejar que en los Estados Unidos se tome la base de la Wolfcamp Series (que según Dunbar, corresponde a la zona con *Pseudoschwagerina* de Rusia) como límite inferior del Pérmico ; pero agrega que no todos los geólogos consultados comparten esta opinión, pues algunos siguen creyendo que corresponde tomar por guía, principal o exclusivamente, el uso que se ha vuelto corriente en la región donde el sistema se presenta en su desarrollo típico (Tomlinson y otros, 1940, 354), o sea, en nuestro caso, en Rusia.

Ahora bien, si consideramos uno por uno los seis criterios especificados por la subcomisión, absteniéndonos de tomar en consideración el uso que predomina en los Estados Unidos, llegamos a conclusiones netamente diferentes.

B. DEFINICIÓN ORIGINARIA DEL SISTEMA EN EL LUGAR TÍPICO

Sabemos que Murchison definió originariamente su « Permian System » haciendo mención expresa de ciertos afloramientos que había examinado al Este del Río Volga en la gran curva que éste describe cerca de la ciudad de Samara, hoy Kuibyshev, en la Plataforma Rusa (Murchison 1841 ; 1939, 247-248). Pero más adelante Murchison indicó la posición del límite entre Pérmico y Carbonífero en dos sitios distintos, uno de los cuales, ya men-

cionado, se halla en la Plataforma Rusa y otro en la región preuraliana o « Preduralie », como dicen los rusos. Estudios posteriores han revelado que el límite indicado por Murchison en la Plataforma Rusa coincide con el límite superior del Sakmario, o sea de la zona con *Pseudoschwagerina princeps*, pero que en la Región Preuraliana su límite pasa inmediatamente arriba de las areniscas del Artinskiano (Likharev, 1937, 81). De esta manera, el germen de la confusión estratigráfica ya se halla en la obra de Murchison, así que en este caso es imposible establecer cuál era la idea que el fundador del sistema se había formado de su límite inferior. Sin embargo, si aplicamos el principio de prioridad, así como se suele hacer en botánica y en zoología, debemos hacerlo coincidir con el límite entre Artinskiano y Sakmario, por cuanto la carta que Murchison dirigió a Fischer de Waldheim en fecha 8 de octubre de 1841 (en la cual aparece por primera vez el término « Permian ») se refiere explícitamente a afloramientos situados al Este del Río Volga no lejos de la ciudad de Samara (actualmente Kuibyshev), o sea a una parte de la llamada « Plataforma Rusa », y no a la Región Preuraliana. En aquella nota Murchison, entre otras cosas, dice :

« Nuestros levantamientos geológicos del año pasado » (o sea, de 1840) « nos habían llevado a determinar con suficiente exactitud los límites de la gran zona de caliza carbonífera del Norte de Rusia. En esta ocasión hemos agregado a su parte superior aquella notable masa de roca que forma la península del Volga cerca de Samara y que, por ser bien accesible al estudio en altas barrancas abruptas y estar llena de miríadas de ejemplares del curioso fósil *Fusulina*, constituye una de las particularidades llamativas de la geología de Rusia ».

« Al naciente del Río Volga aparece, encima del sistema Carbonífero, una potente serie de margas, esquistos, calizas, areniscas y conglomerados, que propongo designar con el nombre de *Sistema Permiano*, pues, aunque esta serie equivale, en conjunto; a la Lower New Red Sandstone (Rote Tote Liegende) y a la Magnesian Limestone o Zechstein, no puede ser equiparada exactamente (sea por la sucesión de los estratos, sea por su contenido) a ninguna de las subdivisiones de este período que han sido hechas en Alemania o en Gran Bretaña... » (Murchison, 1841 ; 1939, 247, 248).

Sabemos, por los estudios recientes de geólogos rusos, que en la curva de Samara (Samarskaya Luka, Samara Bend), los foraminíferos de la familia *Fusulinidae* son relativamente frecuentes en todas las secciones del Uraliano, siendo particularmente abundantes en la « zona con *Pseudoschwagerina*; y sabemos que en 1841 se conocía un único género (*Fusulina*) de dicha familia, instituido en 1829 por Fischer de Waldheim. Me parece verosímil que « el curioso fósil *Fusulina* » a que hace referencia Murchison fuera el conjunto de formas (actualmente referidas a varios géneros) entre las cuales predomina *Pseudoschwagerina princeps* en la « zona con *Pseudoschwagerina* ». Dunbar (1940, 240), quien también reproduce y comen-

ta este trozo de la carta de Murchison, entiende que éste se refería a los *Triticites* que caracterizarían las zonas con *Productus cora* y con *Omphalotrochus*; pero no da las razones de su interpretación.

Por otra parte, aun de estar acertada la interpretación dada por Dunbar, esto no modificaría el hecho de que el límite entre Carbonífero y Pérmico indicado originariamente por Murchison coincide con el límite entre la sección superior del Uraliano (estratos con *Pseudoschwagerina princeps*) y el Artinskiano.

C. DATOS QUE SE REFIEREN A OTRAS REGIONES, CITADOS POR QUIEN
ORIGINARIAMENTE PROPUSO EL SISTEMA

Pasemos ahora al segundo punto. Debemos empezar por preguntarnos cuáles son los otros lugares a los que ha hecho referencia especial Murchison al definir el límite inferior de su nuevo sistema.

Uno de estos lugares es la altiplanicie de Ufa (en Bashkiria), en la región Preuraliana, donde Murchison incluyó nuestro Artinskiano en el Carbonífero; pero, si aplicamos el principio de prioridad, esta inclusión no resulta válida por cuanto no está de acuerdo con el concepto expresado en su primera publicación,

Además Murchison realizó comparaciones entre distintas secciones de su « Permian System » y el conjunto de sedimentos del Paleozoico superior que se designaban en Alemania bajo los nombres de Zechstein, Kupferschiefer y Rot Totliegendes (o, más simplemente, Rotliegendes o Totliegendes) y en Gran Bretaña bajo las denominaciones de Magnesian Limestone y Old Red Sandstone. Estas comparaciones, sin embargo, no sirvieron para definir mejor el límite entre Carbonífero y Pérmico, pues en los lugares de Alemania y Gran Bretaña que pudo examinar, Murchison vió que los estratos basales del Pérmico, de origen continental, descansan en discordancia encima de estratos, también continentales, del Carbonífero superior, lo cual indica que hubo una interrupción en la sedimentación y un período de erosión durante el cual fué destruida una parte más o menos considerable de la serie más antigua.

Por estas razones, las observaciones hechas por Murchison fuera de la Plataforma Rusa no deben tomarse en cuenta para definir el límite inferior del Pérmico de acuerdo con el principio de prioridad.

D. USO DOMINANTE EN LA REGIÓN DONDE EL SISTEMA SE PRESENTA
EN SU DESARROLLO TÍPICO (PLATAFORMA RUSA Y ZONA PREURALIANA)

La 17ª sesión del Congreso Geológico Internacional, que se realizó en Rusia en agosto de 1937, ha puesto de relieve, a través de las publicaciones oficiales, el desacuerdo que reina entre los geólogos que en los últimos

diez o quince años se han dedicado al estudio de la estratigrafía del Antracolítico. A mi modo de ver, las discrepancias son mucho más pronunciadas de lo que se podría inferir de la lectura del documentado artículo de Dunbar, que ya he repetidamente mencionado.

Hay que recordar que unos setenta años atrás en el sistema Pérmico de Rusia se distinguían tres pisos ; el inferior de éstos fué bien definido por Karpinsky quien le dió, en 1874, el nombre de Artinskiano.

Las margas y areniscas marinas del Artinskiano, con su fauna mixta (con muchas formas de aspecto típicamente pérmico y otras de aspecto típicamente carbonífero) constituían, por definición, el piso inferior del Pérmico, aunque a veces eran consideradas como un grupo de sedimentos de transición que algunos preferían designar mediante el término « Permo-carbonífero ». El empleo de este término, que ha sido aplicado aun a otras entidades estratigráficas (entre otras, a nuestro « Antracolítico »), ha causado grandes confusiones, especialmente en Asia y en los continentes australes.

En 1890 Nikitin propuso subdividir en dos pisos la parte del Carbonífero (marino) de Rusia que corresponde cronológicamente el Carbonífero Productivo de Alemania, Bélgica y Gran Bretaña ; y sugirió llamar Moscoviano al piso inferior y Gsheliano al superior. Así, por definición, el Gsheliano de Nikitin es el piso superior del Carbonífero.

El nombre « Gsheliano » deriva de las dolomías de la región de Gshel, al sudeste de Moscú, que han proporcionado una fauna relativamente característica (con *Spirifer supramosquensis*, *Productus cora* y *Omphalotrochus whitneyi*). Estas dolomías constituyen el miembro más alto del Carbonífero en la región de Moscú, estando cubiertas en discordancia por capas del Jurásico ; pero más al Este, en la misma cuenca de Moscú, en la Plataforma Rusa, y en la Región Preuraliana, la sección superior del Carbonífero también incluye sedimentos calcáreos algo más recientes en los cuales suelen abundar ciertos foraminíferos que hasta hace poco acostumbrábamos referir al género *Schwagerina* y que ahora debemos llamar *Pseudoschwagerina*. Fundándose en el hecho de que el piso superior del Carbonífero alcanza su mayor desarrollo cerca de los Urales y no en la región de Gshel, Lapparent propuso, en 1892, que se reemplazara el nombre Gsheliano por el de Uraliano. Esta substitución fué aceptada por la mayoría de los geólogos, aunque en Rusia muchos han seguido empleando el término Gsheliano ; pero, a menudo, le han atribuído un sentido menos amplio, usándolo para designar el conjunto de los « estratos con *Productus cora* » y « estratos con *Omphalotrochus* ».

La división del Uraliano en tres secciones fué propuesta por Tschernyschew en 1902 ; las designó mediante los nombres de fósiles que le parecieron particularmente frecuentes en cada una de ellas : *Schwagerina* (en realidad, es *Pseudoschwagerina*) en la sección superior, *Productus cora* en la del medio, *Omphalotrochus* en la inferior. Estas secciones resultaron

aplicables aun en la Plataforma Rusa y a una parte de la cuenca de Moscú. Los términos sugeridos por Tschernyschew han tenido inmediata y amplia aceptación, aunque la elección de uno de ellos no ha sido muy acertada, por cuanto *Productus cora* es una forma de gran difusión vertical; habría sido preferible hablar de « estratos con *Spirifer supramosquensis* ». La denominación « estratos con *Schwagerina princeps* » ya no podría usarse sin peligro de confusiones, así que hay que decir « estratos con *Pseudoschwagerina* ».

Los « estratos con *Pseudoschwagerina* » han sido elevados a la categoría

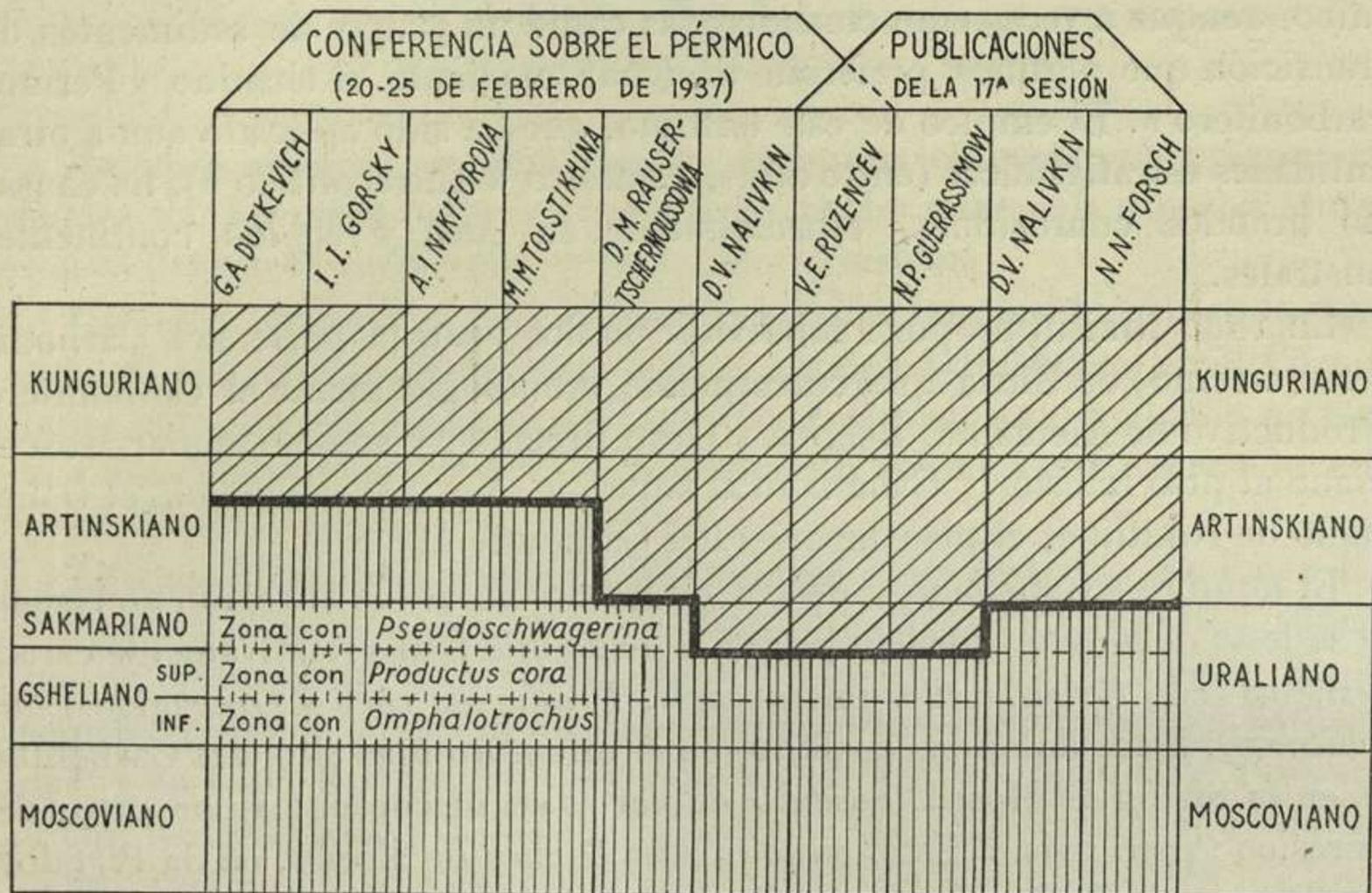


Fig. 1. — El límite entre el Carbonífero (rayado vertical) y el Pérmico (rayado oblicuo) según algunos geólogos rusos que colaboraron en la preparación de la 17ª sesión del Congreso Geológico Internacional (Rusia, 1937) o presentaron comunicaciones en aquella sesión (anteriormente Guerassimow ponía todo nuestro Gsheliano en el Pérmico).

de un subpiso, o piso, por Ruzencev quien, en 1936, les ha aplicado el nombre Sakmariano. Algunos autores recientes han adoptado esta nueva denominación y consideran que el piso Uraliano está constituido por dos subpisos, Sakmariano y Gsheliano; otros siguen designando las tres secciones del Uraliano mediante los términos propuestos por Tschernyschew; otros aun deshechan por completo el término Uraliano y atribuyen al Sakmariano y el Gsheliano el carácter de dos pisos independientes.

Estas discrepancias en asuntos de nomenclatura estratigráfica (discrepancias que he debido mencionar para aclarar el significado de términos que necesito emplear más adelante), son poca cosa en comparación de las divergencias de ideas que se han producido en los últimos quince o veinte

años acerca del límite entre Carbonífero y Pérmico en la Plataforma Rusa y en la zona Preuraliana.

La falta de acuerdo ha resultado evidente en la conferencia sobre el Pérmico que tuvo lugar en Leningrado en febrero de 1937 para preparar contribuciones para el 17º Congreso Geológico Internacional (Nalivkin en Williams, 1938, 771-776) y aun más en los libritos-guías de las excursiones del Congreso y en los resúmenes de las comunicaciones. El diagrama que antecede (fig. 1) permite comparar de un vistazo la posición atribuída al límite entre Carbonífero y Pérmico por varios geólogos rusos que en 1937 han manifestado sus opiniones de una manera categórica. Se notará que el nombre de uno de ellos figura dos veces ; esto se debe a que Nalivkin, al exponer los resultados de la conferencia de febrero 1937, compartió las ideas de Ruzencev y marcó el límite debajo de los estratos con *Pseudoschwagerina*, mientras que en el librito-guía de la « Excursión Pérmica, parte meridional », distribuído en agosto del mismo año, hizo pasar el límite arriba de los estratos con *Pseudoschwagerina*.

Las discrepancias indicadas en el diagrama nos dan la seguridad de que actualmente no se puede hablar de « uso dominante » en la región donde el Pérmico y el Carbonífero superior marino se presentan en su desarrollo típico. Pero hay que reconocer que las divergencias no son tan fuertes como lo hacían temer los escritos de A. W. Grabau y de C. Schuchert, quienes, basándose en sus interpretaciones individuales de los clásicos perfiles de Rusia, ponían en el Pérmico todo nuestro Uraliano, o sea los estratos con *Pseudoschwagerina*, los estratos con *Productus cora* y los estratos con *Omphalotrochus*. En Rusia, algunos años atrás, esta misma idea fué sostenida por N. P. Guerassimow pero no tuvo ni siquiera un partidario entre las setenta y cinco, o más, personas que tomaran parte en la conferencia de Leningrado sobre el Pérmico, en febrero de 1937. En realidad, entre los geólogos rusos ya se ha manifestado una tendencia en el sentido opuesto, como lo indica el hecho de que, en aquella conferencia, cuatro personas opinaron que el límite entre Carbonífero y Pérmico corresponde a cierto nivel (relativamente alto) del Artinskiano.

Quien desee mayores datos, lea el mencionado artículo de Dunbar (1940), donde hay una buena exposición crítica de evolución del concepto de Pérmico en Rusia, como también interesantes opiniones personales.

E. USO DOMINANTE EN EL MUNDO

Acabamos de ver que en Rusia, después de muchos años de estudios diligentes y metódicos efectuados por numerosos geólogos y paleontólogos de alta capacidad, no se ha llegado a un acuerdo acerca del límite entre el Carbonífero y el Pérmico ; fuera de Rusia el problema es más difícil aún y, naturalmente, las discrepancias son aun más pronunciadas. Si tomamos en

cuenta los trabajos monográficos y las notas especiales publicadas en los últimos veinte años, debemos admitir que no hay un « uso dominante », sino una arbitrariedad sorprendente.

En cambio, los tratados de geología europeos siguen repitiendo que en Rusia los estratos con *Pseudoschwagerina princeps* pertenecen al Carbonífero y que todo el Artinskiano pertenece al Pérmico ; pero a veces no están de acuerdo sobre la posición de este límite en regiones extraeuropeas.

Es claro, pues, que no podemos admitir la existencia de un « uso dominante », en lo que al límite entre Carbonífero y Pérmico se refiere, ni en Rusia ni en el resto del mundo.

F. LOS LÍMITES MÁS NATURALES EN EL ÁREA TÍPICA

La subcomisión para la clasificación de las rocas del Pérmico observó (Tomlinson y otros, 1940, 348) que en general la división de los tiempos geológicos en « períodos » se basa en muchos elementos (paleontológicos, diastróficos, climatológicos, litológicos, etc.). En el caso particular que ahora nos interesa, los argumentos de índole climatológica y diastrófica no pueden tener mucha importancia, por cuanto el problema se ha vuelto difícil justamente porque en la región típica no se conocen variaciones de facies atribuibles a cambios de climas y tampoco superficies de discordancia muy extensas que atestigüen la existencia de movimientos de carácter general.

El criterio litológico es absolutamente inaplicable por cuanto se ha comprobado que en ciertos lugares las calizas de aspecto uraliano contienen, en su parte superior, fósiles del Artinskiano y que en otros lugares las areniscas y arcillas de aspecto artinskiano contienen, en su parte inferior, fósiles del Uraliano y a veces también del Moscoviano (Nalivkin in Williams, 1938, 774); esto indica que hay un cambio lateral de facies litológica extraordinariamente marcado, que hace predominar en ciertas regiones las calizas y en otras las areniscas y las arcillas.

Queda por considerar el criterio paleontológico.

En primer lugar hay que observar que la aparición y desaparición de determinados fósiles en la columna stratigráfica local puede ser independiente de la evolución biológica y depender simplemente de cambios en las condiciones del medio. Recuerdo, a este propósito, que en la curva de Samara los corales, briozoarios y equinodermos, muy abundantes en la parte inferior del Uraliano, comienzan a ser menos frecuentes en la parte media; disminuyen bruscamente en número en los « estratos con *Pseudoschwagerina* » y en el Pérmico inferior desaparecen del todo, mientras que aun se encuentran, modestamente representados, foraminíferos y braquiópodos, acompañados por lamelibranquios y gasterópodos; estos moluscos en el Pérmico inferior son algo más abundantes que en el Carbonífero superior. Según

Noinsky estos cambios de fauna tienen su explicación en la formación de lagunas costaneras, cuya salinidad andaba aumentando con el tiempo; por esta razón una asociación de animales eurihalinos substituía, poco a poco, a la originaria fauna en la cual predominaban los animales estenohalinos (Forsch, 1937, 42-43).

Además conviene tener presente que, a menudo, en determinados horizontes de la columna estratigráfica local se observan variaciones notables en ciertos grupos de fósiles sin notarse cambios correspondientes en otros grupos. Por esta razón encuentro perfectamente natural que paleontólogos especializados en el estudio de distintas clases de animales propongan límites diferentes.

He aquí dos ejemplos. En el flanco occidental de los Urales aflora una serie sumamente uniforme de bancos calcáreos fosilíferos, en los cuales no se notan cambios de importancia en la fauna, salvo en los briozoarios; pero el estudio de los restos de briozoarios permite, a juicio de una eminente paleontóloga del Instituto Geológico del Petróleo de Leningrado, trazar el límite entre Carbonífero y Pérmico, que corresponde a un horizonte estratigráfico que de otra manera no se podía reconocer (Nikoforova, 1937, 90). Cerca del borde sudoeste de la altiplanicie de Ufa aflora un gran espesor de calizas ricas en fósiles, entre los cuales abundan los foraminíferos y los braquiópodos; si uno quiere establecer el límite entre Carbonífero y Pérmico basándose en los braquiópodos o bien tomando en consideración los foraminíferos, debe marcarlo en dos horizontes estratigráficos diferentes cuya distancia, medida perpendicularmente a la estratificación, parece no ser inferior a 350 metros. Es ésta la conclusión que se puede inferir de los datos publicados por una distinguida geóloga del mismo instituto, quien ha efectuado personalmente el estudio de los braquiópodos (Tolstikhina, 1937, 117-122).

Conviene agregar que en el caso a que acabo de referirme la determinación del límite se ha hecho partiendo del postulado de que los foraminíferos del género *Triticites* son del Carbonífero y aquellos del género *Pseudoschwagerina* son del Pérmico. En realidad esto es justamente lo que debía demostrarse en primer lugar, aunque Dunbar y otros estudiosos de foraminíferos parecen no tener dudas al respecto. A mi manera de ver, la presencia de *Pseudoschwagerina*, o de alguno de los otros *Fusulinidae* que suelen acompañarla, indica que los estratos que contienen estos foraminíferos pertenecen probablemente al Carbonífero, pues se ha observado que la fauna de foraminíferos de los « estratos con *Pseudoschwagerina* » tiene mayor afinidad con la de los estratos con *Triticites* que con aquella de las capas con *Schwagerina* (« *Pseudofusulina* »), cuya edad pérmica nadie pone en duda (Rauser-Tschernoussowa, 1937, 91).

En conclusión, los datos paleontológicos no son suficientes para determinar de una manera definitiva el límite entre Carbonífero y Pérmico en la región que parecería más adecuada para ello; sin embargo, proporcionan un

argumento en favor de la conveniencia de incluir los estratos con *Pseudoschwagerina* en el Carbonífero. D. M. Rauser-Tschernoussowa no atribuye mucha importancia a este argumento, que ella misma ha proporcionado, pero llega igualmente a la conclusión que me parece más razonable, pues dice que « a causa de los deficientes criterios biostratigráficos para fijar el límite entre Carbonífero y Pérmico, corresponde tomar en consideración la historia de cómo se estableció el concepto de *Carbonífero Superior*, según el cual el horizonte con *Schwagerina* » (o sea, con *Pseudoschwagerina*) « debe atribuirse todavía al Carbonífero superior » (Rauser-Tschernoussowa, 1937, 91).

La misma opinión acerca de la posición del límite entre Carbonífero y Pérmico en Rusia ha sido expresada por Delépine (1938), algunos meses después de la 17ª sesión del Congreso Geológico Internacional. Según este eminente estudioso del Antracólítico, la zona con *Pseudoschwagerina princeps* constituye la parte más alta del Uraliano y su límite superior se identifica con el límite entre los dos sistemas.

G. LOS LÍMITES MÁS NATURALES DETERMINABLES MEDIANTE EL CONJUNTO DE LAS OBSERVACIONES EFECTUADAS EN TODO EL MUNDO

Por las mismas razones que hemos considerado en el caso del área típica, los únicos criterios aplicables, en el presente caso, pueden ser los paleontológicos, debiéndose tener presente que distintos grupos de organismos pueden darnos indicaciones que no concuerdan; por consiguiente, es preciso empezar por establecer cuáles son los fósiles que debemos tomar en especial consideración.

Por su frecuencia y por su amplia difusión geográfica, los braquiópodos ocupan el primer lugar entre los fósiles del Antracólítico; pero se ha observado, con razón, que a menudo la distribución de estos braquiópodos está más ligada a las condiciones del medio ambiente que a la edad geológica. No son pocas las especies de braquiópodos que han dejado sus restos en sedimentos que corresponden, en la escala stratigráfica, a tres o cuatro pisos sucesivos. Por esta razón una asociación de fósiles constituida única o principalmente por braquiópodos puede no ser suficiente para establecer a qué piso corresponden los estratos que la contienen.

Actualmente predomina la opinión de que los foraminíferos del Antracólítico (mejor dicho, los que pertenecen a la familia *Fusulinidae*) sirven mucho mejor que los braquiópodos para las determinaciones cronológicas y para las correlaciones stratigráficas aun entre regiones muy lejanas. Según Dunbar (1940, 266-267) las subdivisiones stratigráficas del Carbonífero superior y del Pérmico adoptadas en cinco regiones de Rusia, en el Sur de China y en cuatro regiones de Estados Unidos pueden correlacionarse haciéndolas corresponder a una otra de seis zonas caracterizadas por de-

terminados géneros (o asociaciones de géneros) de *Fusulinidae*. Así, por ejemplo, el Moscoviano de ciertas partes de Rusia (curva de Samara y cuenca de Moscú) y la Des Moines Series de los estados de Kansas y Iowa corresponderían a una zona que está caracterizada por los géneros *Fusulina* y *Wedekindellina*, aunque en ella se encuentran otros géneros, como *Fusulinella* y *Eoschubertella*, que están representados también en otra zona inferior; el Gsheliano del distrito de Orenburg (Rusia) y el conjunto de la Missouri Series y de la Virgil Series de Kansas y Iowa corresponderían a una zona caracterizada por la abundancia del género *Triticites*, desconocido en las zonas inferiores; el Sakmario del distrito de Orenburg, la Big Blue Series de Kansas y Iowa, como también la Wolfcamp Formation de Tejas, corresponderían a la única zona en la cual se hallan los géneros *Pseudoschwagerina*, *Paraschwagerina* y *Schubertella*, acompañados por los géneros *Triticites* (que viene de la zona inferior) y *Schwagerina* (que pasa a la zona superior); y tanto el conjunto de los tres pisos Artinskiano, Kunguriano y Kazaniano de Rusia como el conjunto de la Leonard Formation y de la Word Formation de Tejas, corresponderían a una zona caracterizada por el género *Parafusulina* que puede estar acompañado por el género *Schwagerina*, que viene de la zona inferior. En la opinión de Dunbar (1940, 280), el límite inferior de su *Zona de la Pseudoschwagerina* (que según él, debe identificarse con el límite entre Carbonífero y Pérmico) corresponde a un notable cambio de fauna, por cuanto aparecen *Schwagerina*, *Pseudoschwagerina* y *Paraschwagerina*, mientras que *Triticites* declina. A mi manera de ver, el límite (de acuerdo con el cuadro de correlación de Dunbar) indicaría un cambio biológico, o de ambiente, más significativo, por desaparecer bruscamente *Pseudoschwagerina*, *Paraschwagerina* y *Schubertella*, pasando a la zona siguiente sólo el género *Schwagerina*, que luego desaparece pronto. En mi opinión, los argumentos proporcionados por el estudio de los foraminíferos y expuestos por Dunbar, pueden utilizarse perfectamente para sostener una tesis diametralmente opuesta a la suya, o sea que el límite entre Carbonífero y Pérmico debe coincidir con el límite superior de la « zona con *Pseudoschwagerina* ». El hecho de que es posible llegar a conclusiones contrarias partiendo de la distribución estratigráfica de los géneros de *Fusulinidae* evidencia la debilidad de los criterios paleontológicos que han sido empleados de preferencia en los últimos diez o quince años. Pero me parece evidente que lo que sabemos acerca de la distribución estratigráfica de los *Fusulinidae* no habla en contra de la inclusión del Sakmario en el Carbonífero y del Artinskiano en el Pérmico.

Es de esperar que en el futuro las investigaciones minuciosas de los paleontólogos se extiendan a grupos de fósiles marinos del Antracolíptico que en el pasado no han atraído suficientemente la atención de los coleccionistas y de los estudiosos. Es posible que estos futuros estudios nos den la clave de enigmas que actualmente no sabemos resolver. Pero lo más probable es que la evolución de algunos de estos grupos sugiera la adopción de

otros límites entre el Carbonífero y el Pérmico. La pretensión de hallar límites « naturales » no conduce, al parecer, a ninguna parte. Con mucha razón Romer (1935, 1656) ha observado que tanto la sistemática estratigráfica como la sistemática paleozoológica admiten divisiones netas sólo hasta que nuestros conocimientos son muy incompletos; con el acumularse de nuevos descubrimientos se vuelve patente la continuidad de la evolución geológica y de la evolución zoológica, y entonces se reconoce la artificialidad y la arbitrariedad de los supuestos límites « naturales » que anteriormente habían ocasionado tantas discusiones.

H. EL VALOR DE LOS FORAMINÍFEROS EN LAS CORRELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

Muchos estudiosos del Antracólítico tienen una confianza extraordinaria en el valor estratigráfico de los restos de foraminíferos de la familia *Fusulinidae*. Uno de estos investigadores es Dunbar, quien ha juntado una cantidad de datos que indican que la distribución estratigráfica relativa de algunos géneros de *Fusulinidae* es casi exactamente la misma en varios estados de la Unión Norteamericana, en diversas regiones de Rusia y en parte, en el Sur de China. Esta uniformidad le ha permitido presentar un esquema de correlación, que ya he mencionado, mediante seis zonas cada una de las cuales está caracterizada por uno o más géneros de *Fusulinidae*. Sin embargo el mismo diagrama de correlación de Dunbar (1940, 269) nos hace saber que hay una notable excepción en el Sur de China, pues allí el género *Triticites*, en lugar de desaparecer en las calizas de Chuanshan, que corresponden a la zona con *Pseudoschwagerina*, persiste también en las calizas de Swine y en las de Chihsia, que corresponden, en conjunto, a todo el Artinskiano y a una parte del Kunguriano.

En el diagrama de correlación de Dunbar, el género *Pseudoschwagerina* siempre aparece contenido entre los límites de la zona a que da su nombre. Pero sabemos que justamente el genotipo, *Pseudoschwagerina princeps*, no siempre tiene una distribución vertical tan limitada; así por ejemplo, en la cuenca del Donetz, *P. princeps* ha sido hallada en bancos de dolomía que se encuentran en un nivel estratigráfico mucho más alto que aquél en donde aparece por primera vez la flora del Pérmico (Likharev, 1937, 81). Dado que la distancia entre la curva de Samara (donde el género *Pseudoschwagerina* se halla únicamente en el Sakmario) y la cuenca del Donetz no llega a mil kilómetros y que la distancia entre la curva de Samara y el estado de Kansas pasa de nueve mil, para explicarnos la coincidencia tan perfecta entre la Plataforma Rusa y los Estados Unidos (en lo que a distribución estratigráfica de *Fusulinidae* se refiere) debemos pensar en una afortunada combinación de circunstancias excepcionales.

También hay razones de otra índole, que podríamos llamar histórica, que justifican cierta desconfianza hacia los foraminíferos, cuando se quiere

intentar correlaciones estratigráficas. Me refiero a ciertos géneros de las familias *Nummulitidae* y *Orbitoididae* (cuya organización es comparable, por el alto grado de complicación, a la de los *Fusulinidae*) a los cuales se les ha atribuído, durante decenas de años, una importancia estratigráfica excesiva.

Durante un siglo el género *Nummulites* fué considerado característico, y exclusivo, del Terciario inferior; luego se comprobó su presencia también en el Cretácico superior del Norte de Africa. El género *Orthophragmina*, que en Europa se consideraba característico del Eoceno, en la isla de Trinidad fué hallado también en el Oligoceno. Y el género *Lepidocyclina*, cuando todos ya lo creían característico del Oligoceno y del Mioceno inferior, apareció en estratos del Eoceno en Italia, en el norte de Africa, en la Isla de Trinidad, en Venezuela, y en los estados de Alabama y Missouri de la confederación norteamericana.

Nummulites, *Orthophragmina* y *Lepidocyclina* son comparables, en tamaño, en complicación de estructura y en difusión geográfica, a *Triticites*, *Pseudoschwagerina*, etc. No me parece difícil que éstos puedan proporcionar sorpresas análogas a las causadas por aquéllos.

En mi opinión, corresponde reconocer el alto valor que suelen presentar los *Fusulinidae* para las correlaciones estratigráficas, pero no hay que olvidar que ya conocemos algunas excepciones y que, por consiguiente, debemos sospechar que haya también otras.

Hay que combatir, especialmente, la tendencia a atribuir una importancia excesiva a los horizontes estratigráficos en los cuales aparecen determinadas especies de foraminíferos. Los errores que puede causar esta tendencia están evidenciados por las observaciones de Gabler (1934) sobre los tres « horizontes » del Pérmico de la región de Túnez, en cada uno de los cuales aparecen particulares especies, consideradas características, de *Neoschwagerina*, de *Doliolina* y de *Verbeekina*; en Cambodgia el mismo investigador ha comprobado que un mismo estrato en cierto trecho contiene los foraminíferos del horizonte superior de Túnez, en otro trecho los del horizonte medio y un poco más allá los del horizonte inferior.

I. LA SOLUCIÓN RECOMENDABLE

He citado anteriormente (pág. 70) la opinión de D. M. Rauser-Tscher-noussowa, acerca de la conveniencia de hacer coincidir el límite entre Carbonífero y Pérmico con el límite superior de los « Estratos con *Pseudoschwagerina* ». Para justificar su opinión ella invoca la deficiencia de criterios biostratigráficos y el principio de prioridad (indicación originaria de Murchison). Entre los argumentos paleontológicos aducidos por Dunbar para demostrar que los « Estratos con *Pseudoschwagerina* » deben referirse al Pérmico, he señalado algunos que me parecen igualmente apropiados para

sostener lo contrario; pero también he hecho notar que aquellos argumentos se basan en la suposición de que los géneros de foraminíferos fósiles tienen mucho valor como indicadores cronológicos, y he citado casos en los cuales esta suposición no está de acuerdo con hechos de observación. Es evidente, sin embargo, que no hay algún motivo serio que impida incluir los « estratos con *Pseudoschwagerina* » en el Carbonífero. He dado varias razones que hablan en favor de esta inclusión; pero sólo he mencionado de paso la que me parece más poderosa. Varios años atrás J. von Pía (1937, 880) en un trabajo sumamente instructivo, observó que los tratados de geología ponen, en general, el Uraliano en el Carbonífero y que por este motivo, no podemos ponerlo, totalmente o en parte, en el Pérmico sin peligro de ocasionar confusiones o errores.

Moore (1940, 294-295) ha indicado la posición atribuída, en diez obras europeas importantes (siete de las cuales son tratados), al límite entre el Carbonífero y el Pérmico; en todos los casos, el límite pasa inmediatamente arriba de los estratos con *Pseudoschwagerina* e inmediatamente debajo del Artinskiano. Moore atribuye esta unanimidad a las fuentes de información utilizadas, que se hallarían principalmente en los trabajos de Karpinsky y de Tschernyschew; esto podría interpretarse como un reproche dirigido a los autores de aquellas obras por su ignorancia de las publicaciones rusas más recientes. Pero no puede ser así, por cuanto una de las diez obras es de G. Fredericks y otra de D. V. Nalivkin, ambas redactadas en 1934 y publicadas en 1936; sería absurdo suponer que estos afamados geólogos rusos no estuvieran al tanto de lo que se escribía en su país. Además, Nalivkin, en una de las guías de las excursiones del Congreso Geológico Internacional de 1937, ha publicado un cuadro sinóptico de los depósitos Pérmicos y Carboníferos de la parte central de la Plataforma Rusa (*The Permian Excursion; Southern Part*, págs. 28-29), en el cual los « estratos con *Pseudoschwagerina* » están comprendidos en el Carbonífero superior, juntamente con el Gsheliano. Al parecer, los geólogos norteamericanos, atraídos e impresionados por las ideas nuevas emitidas en Rusia en tiempos más o menos recientes por extremistas de la ciencia, no han advertido que aún hay una tranquila mayoría de estudiosos reposados que no se deja arrastrar fácilmente por las tendencias innovadoras, aunque admite que ellas pueden ser útiles para promover la discusión y contribuir así al adelanto de los conocimientos. Puede agregarse que la tendencia a rejuvenecer una gran parte de los sedimentos marinos del Antracolíptico es de origen norteamericano y probablemente ha sido introducida en Rusia por varios escritos de Schuchert y por el voluminoso libro de Grabau que se titula *El Pérmico de Manchuria*, aunque contiene la descripción de fósiles que pueden ser, en su totalidad, del Carbonífero.

En realidad, fuera de los Estados Unidos de Norte América, casi todos los autores de monografías stratigráficas y todos los autores de tratados han incluido el Uraliano (o sea tanto los estratos con *Pseudoschwagerina* como

el Gsheliano) en el Carbonífero y en la enseñanza oral de la geología estratigráfica no se ha procedido de manera diferente. Por consiguiente, fuera de los Estados Unidos, todos los geólogos se han acostumbrado a considerar los estratos con *Pseudoschwagerina* como una parte del Carbonífero. ¿Es razonable cambiar la orientación mental de miles de profesionales por la simple razón de que unos especialistas consideran particularmente importante el aparecer de ciertos géneros, o la desaparición de otros, o la presencia de discordancias regionales en determinados horizontes estratigráficos?

Creo que toda persona sensata está dispuesta a admitir que el tiempo siempre ha transcurrido con continuidad, que la evolución biológica se ha efectuado más bien gradualmente que por saltos, que las nuevas formas de seres vivos no han aparecido simultáneamente en todos los lugares donde hallamos sus restos, que los movimientos diastróficos no han perturbado con rigurosa contemporaneidad todas las regiones del globo, y que las transgresiones y regresiones marinas no se han producido necesariamente en el mismo tiempo sobre todas las masas continentales. Quien admite esto, también debe imaginarse que el límite entre un sistema geológico y el siguiente sólo puede ser evidente, o por lo menos reconocible, en unas pocas regiones, entre las cuales está comprendida aquella cuyo estudio indujo a un hombre a concebir una nueva unidad cronológica ideal y otra estratigráfica no menos irreal, a las cuales atribuyó el valor de período y de sistema respectivamente. Si el mismo hombre, o algún otro, hubiera estudiado anteriormente otra y remota región, los « sistemas » podrían tener límites muy diferentes. Supongamos que en la primera mitad del siglo XIX las investigaciones geológicas se hubieran desarrollado casi únicamente en el hemisferio austral y no en el boreal; ¿a quién se le habría ocurrido distinguir y definir los varios « sistemas » en la misma manera que lo han hecho, en el mismo siglo, los estudiosos que han recorrido Gran Bretaña, Francia, Bélgica, Suiza, Italia, Alemania, Austria, y algunas partes de Rusia?

Si todos los geólogos recordaran siempre que los límites de los « sistemas » son necesariamente algo arbitrarios, nadie malgastaría su actividad y su tiempo en inútiles esfuerzos para cambiar los límites corrientemente aceptados de las grandes unidades estratigráficas (sistemas y series) para reemplazarlo con otros que parecen más racionales a quien los mire desde el punto de vista del investigador estrictamente especializado. En realidad, lo único esencial es, como ya lo ha hecho notar J. von Pía (1937, 890-894), que los límites de un sistema resulten claramente definidos en una región que, convencionalmente, se considera típica para aquel sistema; en el caso del Pérmico esta región se extiende desde la Plataforma Rusa hasta la zona Preuraliana. Una vez que se está de acuerdo sobre la elección de la región típica, conviene respetar la prioridad toda vez que a ello no se oponga una costumbre general y ya sólidamente arraigada. En nuestro caso, la costumbre de poner en el Pérmico la parte superior del Carbonífero se ha

generalizado y ha puesto firmes raíces tan sólo en los Estados Unidos de Norte América ; es éste un asunto regional, que no nos concierne sino en cuanto puede ser fuente de errores para quien no sepa de qué se trata.

Por estas razones, me parece que debemos atenernos al límite entre Carbonífero y Pérmico indicado originariamente por Murchison y luego aceptado por casi todos los geólogos europeos ; los casos de disidencia, en Eu-

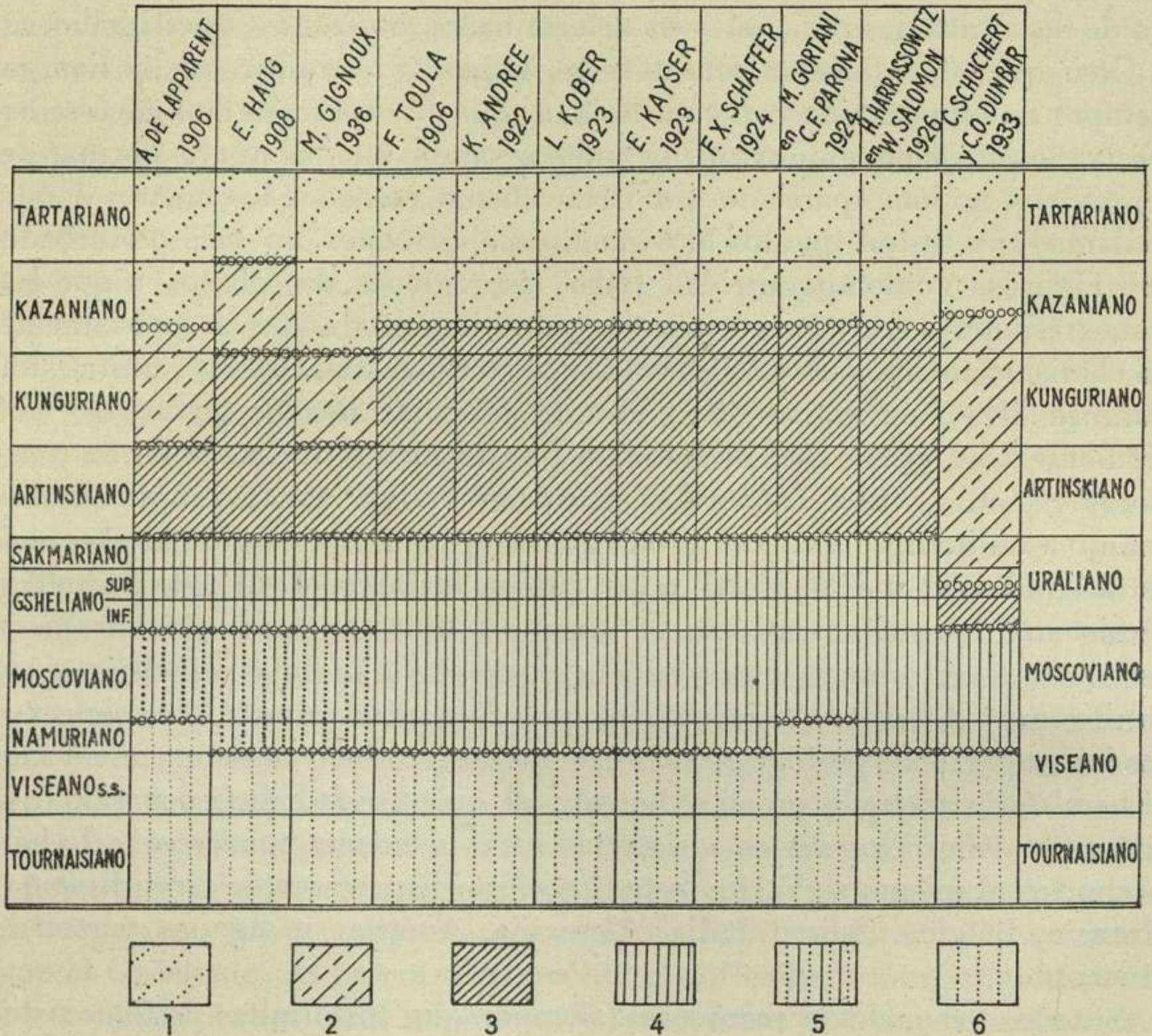


Fig. 2. — Las « series » del Antracolíptico según algunos tratados de geología : 1, Pérmico superior ; 2, Pérmico medio ; 3, Pérmico inferior ; 4, Carbonífero superior ; 5, Carbonífero medio ; 6, Carbonífero inferior.

ropa, son pocos y probablemente reflejan ideas norteamericanas inadvertidamente asimiladas. El motivo que tienen los norteamericanos para preferir otro límite es que en su país ya se ha afirmado, y ya no se puede extirpar, la costumbre de referir al Pérmico fósiles que los entendidos europeos considerarían del Carbonífero superior. Los geólogos norteamericanos hacen bien en buscar la manera de disciplinar el uso local sin introducir modificaciones que puedan ocasionar confusiones ; pero nosotros, que nos hallamos en condiciones diferentes, haríamos mal en imitarlos y en olvidar que el límite convencional entre Carbonífero y Pérmico aceptado por la mayo-

ría de los norteamericanos no es el que está indicado en los tratados europeos.

En el diagrama que antecede (fig. 2) he representado esquemáticamente la posición asignada al límite entre Carbonífero y Pérmico en obras de gran difusión. Como término de referencia he tomado una serie de pisos o subpisos que, según Nalivkin (1937, 28-29), es posible distinguir en la parte central de la Plataforma Rusa.

VIII. DIVISIÓN DE LOS SISTEMAS PÉRMICO Y CARBONÍFERO EN SERIES

Una de las causas de la confusión que reina en la estratigrafía del Antracolítico es seguramente el hecho de que los geólogos se refieren a menudo a « Pérmico inferior », « Carbonífero superior », etc., sin especificar los límites que a estas series atribuyen. Esta especificación es tanto más necesaria, cuanto que tanto el Carbonífero como el Pérmico constan de dos series según algunos autores y de tres series según otros; es evidente que en el segundo caso los límites son necesariamente más próximos entre sí que en el primer caso.

El diagrama que antecede (fig. 2) hace ver las diferencias que hay en las divisiones de los dos sistemas adoptadas por distintos estratígrafos e incorporadas en obras muy conocidas.

La división del Pérmico en dos series y del Carbonífero en otras dos es conveniente por cuanto respeta el uso que rige en gran parte de Europa desde más de cien años. Para quien se atiene a ella, el Pérmico superior (Neopérmico), corresponde al Zechstein de los viejos autores, el Pérmico inferior (Eopérmico) al Rotliegendes, el Carbonífero superior (Neocarbonífero) al Carbonífero productivo, y el Carbonífero inferior (Eocarbonífero) a lo que se solía llamar Culm; además, el Carbonífero superior, en este caso, equivale al Pennsylvaniano de los norteamericanos y el Carbonífero inferior a su Mississippiano.

Estas equivalencias permiten utilizar directamente los datos consignados en obras del siglo pasado y, por tanto, facilitan las correlaciones. Seguramente es ésta una de las razones por las cuales en los países de habla alemana se sigue empleando, generalmente, esta clásica división.

Entre los geólogos franceses la tendencia a apartarse de la división clásica ya era evidente más de treinta años atrás. Lapparent (1906) dividía en tres partes tanto el Pérmico como el Carbonífero, pero consideraba estas partes como otros tantos « pisos » (Turingiano, Sajoniano, Artinskiano, Uraliano, Moscoviano, Dinantiano), así que no puede decirse que Lapparent dividiera los sistemas Pérmico y Carbonífero en series. Pero Haug (1908) admitía la existencia de un único sistema, el Antracolítico, correspondiente al conjunto de aquéllos, y lo dividía en tres partes, cada una de las cuales cons-

taba de dos pisos; implícitamente, Haug reconocía a estas tres partes el carácter de otras tantas series, de las cuales sólo la superior coincide con una de las series de la escala estratigráfica clásica.

Los tratados de Lapparent y de Haug alcanzaron, merecidamente, amplia difusión e introdujeron en varios países la idea de dividir el Pérmico y el Carbonífero en tres partes, idea que a veces ha sido adoptada por la atracción que suelen ejercer, en ciertos espíritus, las innovaciones que llegan del extranjero, más bien que en atención a las condiciones geológicas locales. Al mismo tiempo, se instituían, o se difundían, nuevas subdivisiones estratigráficas que quedaban agregadas, a veces de una manera arbitraria, a uno u otro de los seis pisos originariamente considerados por Lapparent.

Un caso importante es el del Namuriano, unidad estratigráfica que fué instituída (atribuyéndole la categoría de piso) para comprender un conjunto de estratos no marinos caracterizados por una asociación de plantas fósiles que se diferenciaban netamente de las floras típicas del Dinantiano (o sea, de nuestro Carbonífero inferior) y del Westfaliano (equivalente continental del Moscoviano).

En los últimos años del siglo pasado, quien admitía la existencia del piso Namuriano lo ponía en la parte más alta del Carbonífero inferior. Posteriormente fué puesto, por la mayoría de los estratígrafos, en la parte basal de la serie siguiente (Carbonífero superior según los que admiten dos series solamente, Carbonífero medio según los partidarios de la tripartición) y considerado a menudo como la sección, o subpiso, inferior del Westfaliano. Esta opinión, adoptada por el primer congreso para el progreso de la estratigrafía del Carbonífero, celebrado en Heerlen en 1927, se ha difundido sin dificultad, siendo aceptada sin discusión por la mayoría de los geólogos. Sin embargo, estudios relativamente recientes de investigadores rusos, que han examinado diligentemente la flora y la fauna del Carbonífero de la cuenca del Donetz, han puesto de relieve excelentes razones para volver a incluir el Namuriano en el Carbonífero inferior, o sea en el Dinantiano de los autores menos recientes (Rotai, 1937, 42). En las guías de las excursiones de la 17ª sesión del Congreso Geológico Internacional, el Carbonífero inferior aparece constituido por los tres pisos Namuriano, Viseano y Tournaisiano (Nalivkin, 1937, 28-29; Stepanov y otros, 1937, 20-21).

Siendo los estratígrafos rusos contemporáneos los más familiarizados con las faunas marinas de lo que considero Carbonífero superior, me adhiero a la opinión de ellos referente a la exclusión del Namuriano de esta serie y a su incorporación en el Carbonífero inferior; pero prefiero considerarlo como una sección, o subpiso, del Viseano, en atención a la dificultad práctica que se presenta cuando se quiere trazar un límite neto entre Namuriano y Viseano en sentido estricto. El criterio que sigo no constituye ninguna novedad, pues representa un retorno a ideas que tuvieron amplia aceptación en el tiempo en que los congresos geológicos internacionales trataban de establecer una escala estratigráfica convencional aceptable en todo el mundo.

Mediante las consideraciones que acabo de exponer he querido justificar la elección de la escala estratigráfica a que me atengo en el presente trabajo; como ya lo he indicado en el capítulo V, admito que el Antracolítico se divide en dos sistemas, cada uno de los cuales consta de dos series, dividiéndose cada serie en dos pisos y pudiendo algunos pisos constar de dos o tres subpisos. Es una escala tan convencional como cualquier otra, pero me parece preferible a las otras que conozco. Las explicaciones que he dado definen con claridad el significado de términos estratigráficos que debo emplear en este trabajo y, por consiguiente, ellas eliminan, o por lo menos disminuyen, el peligro de confusiones.

IX. CONVENIENCIA DE REFERIRSE A LOS PISOS Y NO A LAS SERIES DEL ANTRACOLÍTICO

Algunos estudiosos de problemas de estratigrafía del Antracolítico han manifestado la opinión de que las confusiones que proceden de la incertidumbre acerca del límite entre Carbonífero y Pérmico pueden evitarse fácilmente; basta, según ellos, efectuar las correlaciones refiriéndose tan sólo a zonas o pisos, sin mencionar las series y los sistemas.

En realidad esto sólo es posible cuando los grupos de estratos que se quiere comparar con la sucesión típica de Rusia contienen fósiles de distribución vertical muy limitada. Esto no ocurre a menudo, por cuanto los fósiles marinos más comunes en el Antracolítico pertenecen a géneros y especies relativamente persistentes; pero en ciertos casos la cosa es factible y entonces resulta efectivamente conveniente paralelizar aquellas capas fosilíferas con los « estratos con *Pseudoschwagerina* », o con los « estratos con *Productus cora* », etc., más bien que referirlos simplemente al Carbonífero superior. Naturalmente, si los fósiles de que se dispone no permiten determinar la zona, habría que conformarse con la indicación de una unidad de categoría superior; así, por ejemplo, si tenemos razones para suponer que las capas fosilíferas que nos interesan pueden corresponder tanto a los « estratos con *Productus cora* », como a los « estratos con *Omphalotrochus* », pero no a otras zonas, podemos referirlos al Gsheliano, dando a este término el significado que le atribuyó Nalivkin (en Williams, 1938, 773).

Análogamente, en el caso de que los fósiles indiquen que nuestras capas marinas pueden corresponder tanto a los « estratos con *Pseudoschwagerina* » como al Gsheliano, podemos referirlos al Uraliano, piso que, para nosotros, es perfectamente definido, dado que hemos admitido que consta de tres zonas, de las cuales las dos inferiores constituyen el subpiso Gsheliano mientras que la superior equivale al subpiso Sakmario.

Sin embargo en este caso el peligro de confusión no está totalmente eliminado, por cuanto no todos atribuyen al Uraliano el significado que le

damos nosotros. Así, por ejemplo, para Guerassimow (1937, 88), el Uraliano de la región Preuraliana está constituido por dos secciones, de las cuales la inferior es el Sakmariano y la superior del Artinskiano. Es evidente, pues, que no basta referirse a un piso determinado sino que es necesario definir previamente los límites que uno le asigna.

Ahora se nos presenta un problema que puede enunciarse así: en dos regiones, muy distantes una de otra, hemos observado grupos de estratos que contienen dos faunas algo diferentes, aunque algunas especies se encuentran en ambas regiones, y sabemos que una de estas especies en la región mejor conocida es considerada característica de una zona determinada, o bien de cierto piso. ¿Tenemos el derecho de afirmar que los dos grupos de estratos son cronológicamente equivalentes? La respuesta evidentemente debe ser negativa, pues la especie que se halla en ambas regiones puede haber empleado un tiempo muy largo para llegar de una a la otra. Por consiguiente, en este caso nos deberíamos abstener de efectuar la correlación con la zona (o con el piso) que la presencia de aquella única especie indicaría; pero podríamos inferir del conjunto de los fósiles a qué serie corresponden las capas que la contienen. Es éste un ejemplo de la imposibilidad de referirnos, en todos los casos, a las zonas, subpisos o pisos, más bien que a las series.

En las páginas siguientes me referiré, cada vez que me sea posible, a unidades estratigráficas de categoría inferior a la de serie, o sea pisos, subpisos y zonas; además limitaré el empleo del término Uraliano a los casos en que me sea imposible distinguir si se trata de su sección superior (Sakmariano, o sea «zona con *Pseudoschwagerina*») o de la inferior (Gsheliano en sentido estricto). Pero a menudo me resultará imposible prescindir de referirme a series; para que esto no ocasione interpretaciones erróneas es necesario que el lector tenga presente los límites que he atribuido a las cuatro series en las que, en mi opinión, conviene dividir el Antracolítico.

X. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN EL PUNJAB Y EN LA INDIA PENINSULAR

Una de las causas de las dificultades con que tropezamos en nuestras tentativas de correlaciones estratigráficas se halla en la divergencia de ideas acerca de la edad de las distintas secciones del conjunto de estratos marinos fosilíferos del Antracolítico que aflora en la cordillera de Sal (Salt Range), entre los ríos Indo y Jhelum, en la provincia del Punjab, de la India Británica. En aquella región montuosa los afloramientos de Antracolítico predominan en una zona de unos doscientos kilómetros de largo y de diez a veinticinco kilómetros de ancho; el espesor total de los estratos referibles al Antracolítico apenas pasa de trescientos metros, pero las mismas capas pueden aflorar varias veces, debido a numerosas fallas longitudinales que

los interrumpen y desplazan. Esta condición, que resulta muy ventajosa para la recolección de fósiles, no ocasiona confusiones, por cuanto el conjunto de capas referibles al Antracólítico consta de nueve secciones fáciles de reconocer por su aspecto litológico.

Las nueve secciones o formaciones (a veces consideradas como « pisos ») se designan, en orden descendente, con los nombres siguientes: Chideru, Kundghat, Jabi, Kalabagh, Virgal, Katta, Amb, Speckled Sandstone y Boulder Bed. Las primeras siete constituyen una unidad estratigráfica de mayor categoría llamada « Productus Limestone ». Las otras dos quedan comprendidas, a veces, bajo la denominación de « Speckled Sandstone », que en sentido estricto sólo corresponde a la superior (Wadia, 1936, 139), que por sus caracteres litológicos difiere profundamente de la sección inferior (« Boulder Bed »), constituida por un depósito conglomerádico de treinta a sesenta metros de espesor, cuyo origen glacial parece indiscutible.

En atención a la notoriedad que estas denominaciones inglesas han adquirido entre los geólogos, me abstendré de sustituirlas, en el presente trabajo, por las expresiones equivalentes (caliza con *Productus*, areniscas moteadas y banco conglomerádico), y llamaré « Upper Productus Limestone », « Middle Productus Limestone » y « Lower Productus Limestone » las tres secciones de la Productus Limestone, en lugar de referirme a la sección superior, a la intermedia o a la inferior, respectivamente, de la caliza con *Productus*. También en este caso las denominaciones inglesas son las más usadas; pero a dos de ellas no siempre se les ha atribuido exactamente el mismo significado, por cuanto los estratos de Katta constituyen la parte superior de la Lower Productus Limestone según Waagen (1891), Frech (1901), Wadia (1926), Grabau (1931) y la parte inferior de la Middle Productus Limestone según Noetling (1901 y 1902), Tschernyschew (1902), Schuchert (1906 y 1928) y Douglas (1936). Waagen, quien fué el primero en dividir la Productus Limestone en siete secciones, asignó a la Lower Productus Limestone las dos que ahora llamamos de Amb y de Katta, a la Middle Productus Limestone las que designamos con los nombres de Virgal y Kalabagh y a la Upper Productus Limestone las tres restantes (Jabi, Kundghat y Chideru).

El Servicio Geológico oficial de la India se atiene al ejemplo de Waagen. Tenemos así dos buenas razones (la prioridad y el uso en la región típica) para hacer lo mismo. En cuanto a la Upper Productus Limestone no me consta que haya habido divergencias; se ponen en esta sección los estratos de Jabi, de Kundghat y de Chideru (fig. 3).

Para evitar confusiones, lo mejor es referirse, cuando se puede hacerlo, a las unidades de menor categoría, o sea a los « estratos de Chideru », a los « estratos de Kundghat », etc.; cuando esto no sea posible, hablaré de Lower Productus Limestone, Middle Productus Limestone, etc., atribuyendo a estas denominaciones el significado que les dió Waagen.

La historia de los ensayos de correlación entre las secciones de la Pro-

ductus Limestone y los pisos del Antracólítico de Rusia es muy interesante, pero no puedo exponerla en pocas páginas ni quiero alargar el presente trabajo intercalando una extensa digresión de carácter eminentemente histórico. Me limito, pues, a recordar que el propio Waagen, autor de la obra fundamental sobre los fósiles de la Productus Limestone de la Salt Range, cambió de ideas más de una vez en los doce años (1879-1891) que duró la publicación de su obra: al comienzo, refería toda la Productus Limestone al Carbonífero; luego consideraba carboníferos los estratos de Amb y los

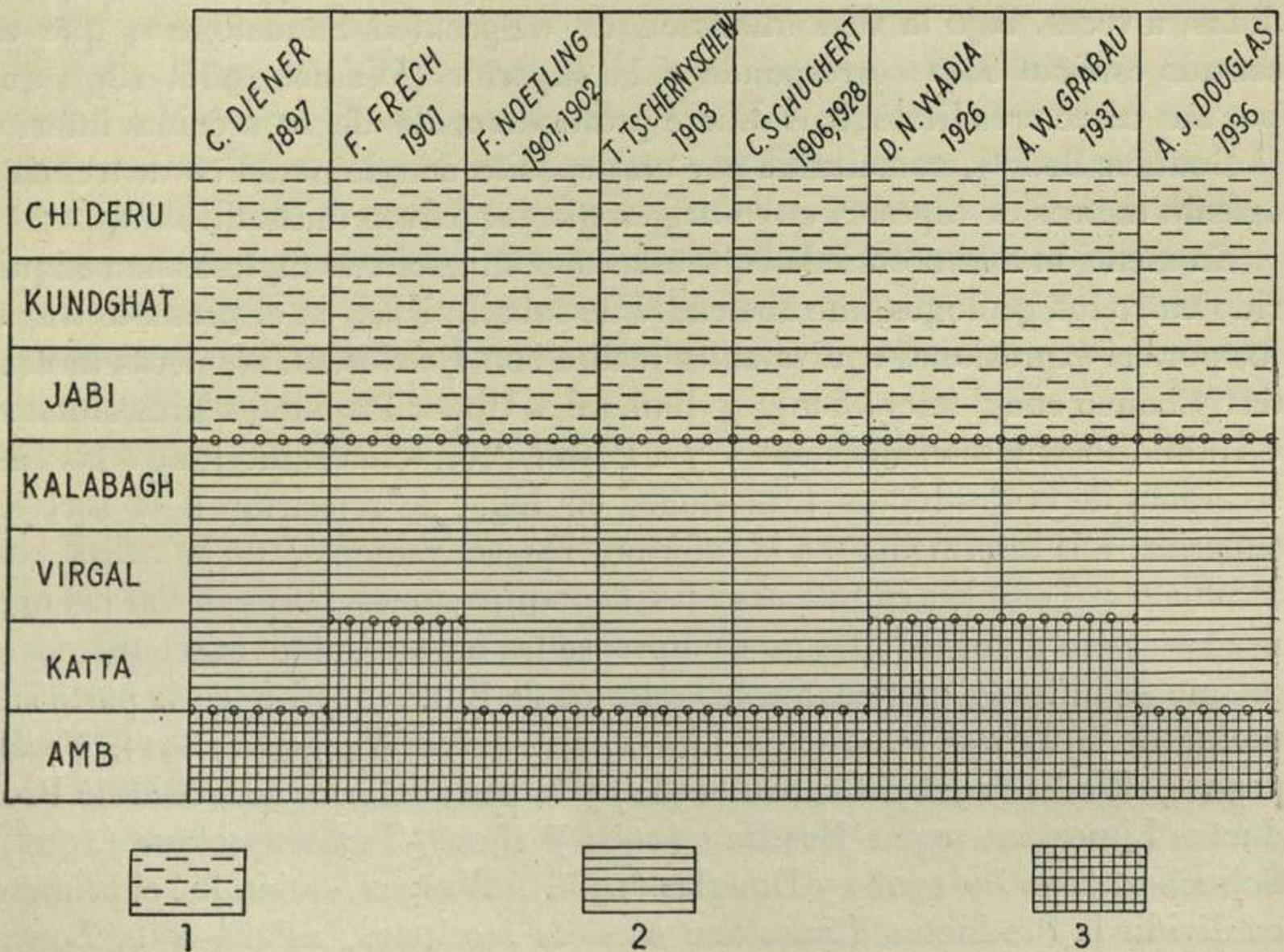


Fig. 3. — Los límites entre las tres secciones mayores de la Productus Limestone adoptados por distintos autores: 1, Upper Productus Limestone; 2, Middle Productus Limestone; 3, Lower Productus Limestone.

de Katta y ponía en el Pérmico los de Virgal y todos aquellos más recientes; más tarde refería al Pérmico toda la Productus Limestone y al Carbonífero la Speckled Sandstone y el Boulder Bed. Posteriormente Noetling (1901, 413-416) afirmó que también éste pertenecía al Pérmico y que el Carbonífero no estaba representado en la Salt Range.

Las opiniones de estos dos autores y de algunos otros están indicadas en dos diagramas (figs. 4 y 5) que me parecen suficientes para poner de relieve las profundas divergencias entre los cultores de la estratigrafía de la India.

En la última columna de ambos diagramas he condensado la opinión de Douglas (1936, 49) que me parece particularmente importante por cuanto se funda en el examen crítico de las publicaciones aparecidas en más de cin-

cuenta años. Douglas hace pasar el límite entre Carbonífero y Pérmico entre los estratos de Amb y los de Katta ; pero, en su excelente discusión sobre la equivalencia estratigráfica, llega a la conclusión de que los estratos de Katta, los de Virgal y los de Kalabagh del Punjab corresponden, en conjunto, a los estratos con *Productus cora* y a los estratos con *Pseudoschwagerina* de la Plataforma Rusa, o sea a la parte superior del Gsheliano y a todo el Sakmario. Esto significa que la Middle Productus Limestone, por estar constituida por los estratos de Kalabagh y los de Virgal, equivale a la parte

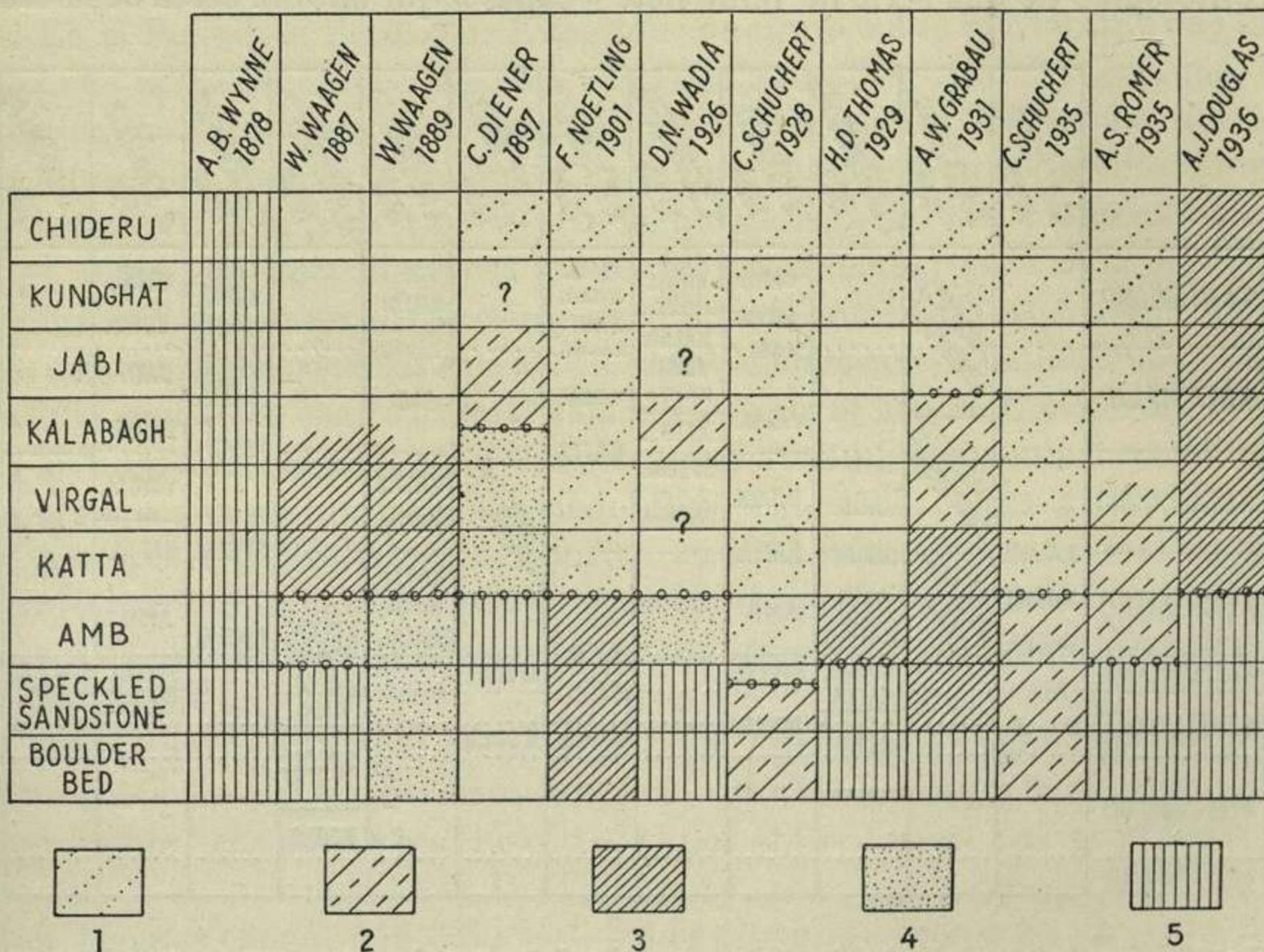


Fig. 4. — «Series» de la escala estratigráfica general a las que distintos autores han referido formaciones del Antracolíptico marino del Punjab : 1, Pérmico superior ; 2, Pérmico medio ; 3, Pérmico inferior ; 4, « Pérmico o Carbonífero », o bien « Permo-carbonífero » en sentido estricto ; 5, Carbonífero superior.

más alta del Carbonífero y no a una parte del Pérmico, como lo ha creído Douglas.

Lo más importante para nosotros es la equivalencia cronológica, reconocida por Douglas, entre el límite superior de los estratos de Kalabagh y el límite superior de los « estratos con *Pseudoschwagerina* », o sea del Sakmario. Es claro que la Upper Productus Limestone debe paralelizarse con la parte inferior del Pérmico. Según Douglas la parte más alta de la Upper Productus Limestone corresponde al Kunguriano, de manera que la equivalencia entre Upper Productus Limestone y el Pérmico inferior parece sumamente verosímil.

Otro resultado importante de los estudios de varios geólogos (Tscherny-

schew, 1902, 278 ; Grabau, 1931, 426 ; Douglas, 1936, 49, 54) es que los « estratos de Amb » del Punjab corresponden a los « estratos con *Omphalotrochus* » de Rusia, o sea a la parte inferior del Gsheliano. Por consiguiente, lo que viene más abajo ha de ser más antiguo ; es posible, y verosímil, que las Speckled Sandstones (inclusive el Boulder Bed) correspondan a una parte del Moscoviano.

En un estudio estratigráfico detallado del valle de Warcha Mandi, Reed, Cotter y Lahiri (1930) especifican el aspecto litológico y el contenido paleontológico de una serie de veintisiete « capas » que afloran cerca de la cas-

	C. DIENER 1897	F. NOETLING 1907	T. TSCHERNYSCHEN 1903	D. N. WADIA 1926	C. SCHUCHERT 1928	H. D. THOMAS 1929	F. R. C. REED y otros 1930	A. W. GRABAU 1931	H. E. WHEELER 1934	C. SCHUCHERT 1935	A. S. ROMER 1935	A. J. DOUGLAS 1936
TARTARIANO		PRODUCTUS LIMESTONE		CHID. KUND. JABI	CHID. KUND. JABI	CHID. KUND. JABI		CHID.		CHID. KUND. JABI	CHID. KUND.	
KAZANIANO				KALAB. VIRGAL KATTA	KALAB. VIRGAL KATTA	KALAB. VIRGAL KATTA		KUND. JABI		KALAB. VIRGAL KATTA	JABI	
KUNGURIANO		SPECKLED SANDSTONE		KALAB.	AMB.					AMB.	KALAB.	
ARTINSKIANO	KALAB. VIRGAL KATTA	BOULDER BED	CHID. KUND. JABI	VIRGAL KATTA	SPECKL. BOULD.			PRODUCTUS LIMESTONE			VIRGAL	UPPER PRODUCTUS LIMESTONE
SAKMARIANO	AMB.			KALAB. VIRGAL KATTA	AMB.							KATTA AMB
GSHELIANO SUP. INF.			AMB.	SPECKL. BOULD.		AMB SPECKL. BOULD	SPECKL. BOULD.		KALAB. VIRGAL KATTA AMB	BOULD.	SPECKL. BOULD.	KALAB. VIRGAL KATTA AMB
MOSCOVIANO									SPECKL. BOULD.			
NAMURIANO												

Fig. 5. — Correlaciones indicadas (explícita o implícitamente) por algunos autores entre distintas formaciones marinas del Antracolíptico del Punjab y las unidades estratigráficas de referencia (pisos o subpisos) adoptadas en el presente trabajo.

cada de la Jarhanwala Nala y que, con excepción de las cuatro más superiores, pertenecen a la Lower Productus Limestone. En realidad a menudo no se trata de verdaderas capas sino de grupos de estratos delgados, pero esto no tiene mayor importancia para nosotros. Lo que más puede interesarnos es que en la parte superior de la Lower Productus Limestone se ha observado una intercalación, espesa casi siete metros, de arcillas carbonosas que contienen restos fósiles únicamente vegetales ; entre éstos hay, según Cotter, una forma de *Glossopteris* (*G. indica*) y tres de *Gangamopteris* (*G. cyclopteroides*, *G. major* y *G. kashmirensis*). Es sabido que *Gangamopteris cyclopteroides* es particularmente frecuente en la serie de Talchir de la India peninsular y que *G. kashmirensis* fué considerada característica de los « Gangamopteris Beds » de Kashmir, que se hallan debajo de la serie marina de

Zewan y arriba de los mantos efusivos básicos (porfiritas) del Panjal. Por consiguiente no me parece razonable atribuir a la Lower Productus Limestone una edad mucho más reciente que la de la serie de Talchir y de aquella que le equivale en Kashmir, pues las plantas que son comunes en esta « serie » se hallan en la parte más alta de la Lower Productus Limestone. Y en cuanto a los estratos con *Gangamopteris* de Kashmir, conviene recordar que ya Hayden (1907) sostuvo, con buenas razones, que no son posteriores al Carbonífero superior y que verosíblemente corresponden a lo que llamamos Gsheliano o aun al Moscoviano.

En el Punjab la Productus Limestone se apoya sobre el conjunto que llamamos Speckled Sandstones, o « areniscas moteadas ». En este conjunto se distinguen varios grupos de estratos que se diferencian fácilmente por su composición y sus colores. En la parte más alta predominan arcillas grises y azuladas ; en la parte media están bien desarrolladas las areniscas moteadas, rojas, con intercalaciones de arcillas igualmente rojas : en la parte inferior se destacan areniscas verdosas o amarillentas (« Olive Series ») ricas en concreciones calcáreas que a veces contienen restos de moluscos determinables, entre los cuales es relativamente común el género *Conularia*.

El conglomerado glacial (« Boulder Bed ») también contiene restos de moluscos ; en un lugar denominado Pidh (unos cincuenta kilómetros al Este-nordeste de Katta) se ha recogido un gran número de estos fósiles, que luego han sido estudiados por Cowper Reed, quien ha hallado que pertenecen a catorce formas (once especies y tres variedades) del género *Eurydesma* (Reed, 1936).

Reed admite que tanto los estratos con *Eurydesma* como aquellos con *Conularia* son del Carbonífero superior, adhiriéndose así a la opinión aceptada desde hace doce años (Fox, 1931) por el Geological Survey of India, y sostenida anteriormente por Du Toit (1927, 104 ; 1929, 97-99) y por Dighton Thomas (1929, 946). En realidad es éste un retorno a las ideas que dominaban unos cuarenta años atrás, pues en la cuarta edición del conocido tratado de Geikie (1903, 1059) se lee que el conglomerado glacial de la Salt Range es considerado equivalente al Carbonífero superior de Europa.

En realidad puede afirmarse algo más, o sea que el conglomerado glacial y los estratos con *Conularia* no pueden ser más recientes que la sección inferior del Gsheliano, por cuanto ya hemos visto que Tschernyschew, Grabau y Douglas concuerdan en equiparar los « estratos de Amb » a los « estratos con *Omphalotrochus* » ; este acuerdo es tanto más significativo cuando que estos tres autores han expresado ideas muy divergentes sobre otros problemas de estratigrafía del Antracolíptico.

Todos los autores admiten que el conglomerado glacial de la Salt Range corresponde al conglomerado glacial de Talchir ; por esta razón muchos geólogos han llamado « Talchir Boulder Bed » aun el de la Salt Range, cordillera que dista más de mil quinientos kilómetros del famoso yacimiento de carbón mineral de Talchir (distrito de Orissa, provincia de Bihar).

En la India Peninsular el conglomerado glacial de Talchir constituye la base del enorme conjunto de estratos continentales al cual se suele aplicar, en sentido estricto, la denominación de « Sistema de Gondwana ». En esta región típica, la única intercalación marina de que tengo conocimiento ha sido observada en el yacimiento de carbón fósil de Umaria, en el estado de Rewa, en la India Central. En 1921 K. P. Sinor, geólogo del estado de Rewa, descubrió una capita fosilífera en un corte del ferrocarril; Tipper hizo un estudio preliminar de los fósiles, notando la gran abundancia de una forma de *Productus* nueva para la India y la presencia de otro braquiópodo, que consideraba posiblemente idéntico a *Spiriferina octoplicata* (Fermor 1922, 14-16). Posteriormente Gee, en el mismo lugar, vió que las capitas fosilíferas eran cuatro y coleccionó muchos restos de braquiópodos y algunos de moluscos, crustáceos y peces (Gee, 1928). Reed estudió el material coleccionado por Gee y llegó a la conclusión de que se trata de una fauna de un tipo muy peculiar, constituida por formas nuevas que presentan afinidades tanto con especies del Carbonífero como con otras del Pérmico. En realidad el propio Reed reconoce que la forma más abundante, que llama *Productus umariensis* difícilmente se distingue de ciertos ejemplares de los Urales, del Yan-nan y de Oklahoma determinados como *Productus cora* por Tschernyschew, Mansuy y Girty, respectivamente; no es inverosímil, pues, que capitas marinas de Umaria correspondan al Gsheliano. Los otros fósiles no proporcionan mejores elementos para correlaciones, pues la creída *Spiriferina octoplicata* es, según Reed, una forma nueva de *Spirifer* (Reed, 1928). Lo único seguro es que estos fósiles proceden de estratos marinos que yacen en ligera discordancia sobre los conglomerados glaciales de Talchir y que superiormente pasan, con transición gradual, a los « estratos de Barakar », que son de origen continental. Parece, pues, que estos estratos con *Productus* de la India Central corresponden a una modesta fracción del « piso » de Barakar (Gee, 1928).

Ya Sinor y Fermor señalaron el gran parecido entre la caliza fosilífera de Umaria y la *Productus Limestone* del Punjab; pero esta semejanza en el aspecto litológico no significaría nada si todas las especies fueran diferentes, así como lo ha dicho Reed. En realidad los caracteres distintivos de algunas de las nuevas especies instituidas por Reed no son más marcados que los que a menudo se observan en una numerosa colección de individuos que pertenecen seguramente a una misma especie de braquiópodos. Los fósiles marinos de Umaria indican, en mi opinión, que los estratos de Barakar son contemporáneos con una u otra sección de la « *Productus Limestone* », mientras que los fósiles de la Salt Range nos dan la seguridad de que el conglomerado glacial de Talchir no es posterior al comienzo de la edad Uraliana.

Este resultado, que me parece tan lógico, no está de acuerdo con las ideas de la mayoría de los autores, europeos y americanos, muchos de los cuales se obstinan en poner el conglomerado de Talchir en el Pérmico, a pesar de todas las razones que indican que es más antiguo. Uno de los representan-

tes más eminentes de la tendencia general ha sido Schuchert (1928, 772, 847, 848) quien ha sostenido que la caliza con *Productus* del Punjab representa la parte más alta del Pérmico y que el conglomerado glacial de Talchir se ha depositado a mediados del Pérmico, o aún algo después. Entre las excepciones corresponde señalar H. E. Wheeler, profesor en la Universidad de Nevada, quien paraleliza el « grupo de Talchir » con la mitad inferior del Moscoviano (Wheeler, 1934, 64). Recuerdo que el « grupo » o « serie » de Talchir consta de una sección superior (« piso » de Karharbari) y de una sección inferior (« piso de Talchir », que corresponde al conglomerado glacial o Boulder Bed).

Hasta ahora me he abstenido de mencionar ciertas ideas de Noetling que han tenido una influencia considerable sobre autores posteriores, aun recientes, aunque no son aceptadas por los geólogos de la India. Noetling (1901) distinguió, en la sucesión de sedimentos antracolíuticos de la Salt Range, dos partes principales, o sea la *Productus Limestone* y el conjunto de las areniscas moteadas y del conglomerado glacial; según él, la *Productus Limestone* equivaldría al piso Turingiano y el resto constituiría su piso Pundjabiano, que se dividiría en tres secciones, o « grupos », designados con los nombres de Warcha, Dandote y Talchir. El último corresponde, naturalmente, al conglomerado glacial. El grupo de Dandote estaría constituido por cuatro zonas, dos de las cuales estarían caracterizadas por fósiles marinos y precisamente la segunda desde arriba por *Conularia laevigata* y la segunda desde abajo por *Eurydesma globosum*. Esta zona con *Eurydesma* estaría separada del conglomerado glacial por un espesor no despreciable de areniscas amarillento-verdosas (Olivensandstein). Aun en obras relativamente recientes, autores americanos hacen referencia al « grupo de Dandote » y a sus zonas como si se tratara de entidades estratigráficas definitivamente aceptadas. Posiblemente ello se debe a que Noetling ha publicado sus ideas en un periódico (1901) y en un tratado (1902) muy conocidos mientras que los trabajos posteriores, que permiten rectificarlas, han aparecido en las publicaciones del *Geological Survey of India*, cuya difusión es relativamente limitada.

En la figura 5 he indicado esquemáticamente la posición estratigráfica que, a mi parecer, debe asignarse a las distintas secciones del Antracolíutico en la Salt Range, en relación con los sedimentos marinos de la Plataforma Rusa y con los depósitos continentales de la parte inferior del Sistema de Gondwana en la India peninsular.

XI. EL ANTRACOLÍTICO MARINO DE KASHMIR

Debemos a Middlemiss (1910) la definición de cinco grandes unidades estratigráficas que en Kashmir corresponden a otras tantas fracciones del Antracolíutico. Ellas recibieron las denominaciones siguientes: Zewan Series,

Gangamopteris Beds, Panjal Volcanic Series, Fenestella Shales, Syringothyris Limestone Series. La segunda es de origen continental, la tercera es en parte de origen volcánico y en parte de origen marino, las demás son de origen netamente marino. Las he mencionado en orden de antigüedad creciente.

La « serie » inferior lleva el nombre de « Syringothyris Limestone » por la relativa abundancia de *Syringothyris cuspidata* (Martin), braquiópodo que hasta unos quince años atrás gozaba de la reputación de ser un excelente fósil característico ; el hallazgo de individuos de la misma especie, o de una especie muy semejante (*Syringothyris lydekkeri* Diener, o *S. cuspidata* (Martin) var. *lydekkeri* Diener) en la « Panjal Volcanic Series » ha demostrado que no se trata de un buen fósil guía y ha confirmado aun una vez el viejo principio de que no hay que fundar correlaciones sobre una sola especie de braquiópodos. La caliza con *Syringothyris* (o sea, con la típica *S. cuspidata*) corresponde, según Bion (1928, 18), al Viséano.

La « Fenestella Shales » no contienen sólo restos de briozoarios, sino también de trilobites, de lamelibranquios y de muchos braquiópodos. Esta fauna tiene un aspecto tan particular que resulta difícil compararla con otras. Diener (1915), después de haberla estudiado diligentemente, opinó que puede ser tanto del Carbonífero inferior, como del superior, pero se mostró propenso hacia la primera hipótesis. La « Panjal Volcanic Series » se compone de dos secciones : la inferior comprende rocas que presentan a la vez algunos caracteres de las volcánicas y otros de las sedimentarias, y que fueron llamadas por Middlemiss « Agglomeratic Slates » ; la sección superior consta de mantos de roca efusiva, que los miembros del Geological Survey of India describen como una andesita augítica muy alterada y que nosotros llamaríamos una porfirita, aunque no siempre presenta estructura porfírica. Wadia (1928) demostró que las « Agglomeratic Slates » son, por lo menos en parte, rocas piroclásticas, en las cuales el vidrio volcánico ya se halla tan devitrificado que había escapado a la observación de Middlemiss. En ciertos sitios estas « Agglomeratic Slates » comprenden niveles fosilíferos (por lo menos tres), de los cuales el inferior corresponde al Moscoviano y el superior al Uraliano.

La « Zewan Series » es referida generalmente al Pérmico, y muchos creen que corresponde a las secciones media y superior de la Productus Limestone de la Salt Range. En realidad, como he notado en otra oportunidad (Fossa, 1943, 317), el número de las especies del Carbonífero de Europa que han sido halladas en la Zewan Series es tan elevado, en comparación con el de las otras formas, que nos impide asociarnos a la opinión general. No hay que olvidar que el propio Diener (1899, 91), en su trabajo fundamental sobre los fósiles del Antracólítico de Kashmir y Spiti, dice : « Judging by its geological character, the fauna of the Zewan or Barus beds can only be looked upon as of an upper Carboniferous age ». Por otra parte, el considerable espesor de la Zewan Series (más de doscientos metros,

de acuerdo con un perfil de Middlemiss) justifica la sospecha de que su parte superior pertenezca al Pérmico aunque la parte inferior debe ponerse en el Carbonífero.

En este caso, los « Gangamopteris Beds », que parecen corresponder a una parte de la « serie » o « grupo » de Talchir (que incluye el « piso » de Karharbari), deben haberse depositado durante una corta regresión del mar que se produjo durante el Uraliano, después de las grandes erupciones andesíticas.

Nótese que si partimos de la suposición de que la parte inferior de la « Zewan Series » corresponde a la sección media de la Productus Limestone, como lo afirma Wadia (1926, 366), y que esta sección representa los estratos con *Pseudoschwagerina* y con *Productus cora* de la Plataforma Rusa, como lo dice Douglas (1936, 54), llegamos exactamente al mismo resultado.

En las « Agglomeratic Slates », que se hallan debajo de los « Gangamopteris Beds » y que han sido referidas al Carbonífero superior por Bion, han sido hallados restos de lamelibranquios del género *Eurydesma*. Reed (1932), quien los ha estudiado y descrito, distingue tres formas, una de las cuales (*Eurydesma cordatum* Morris var. *mytiloides* Reed) también se encuentra entre los fósiles del conglomerado glacial de la Salt Range (Reed, 1936). Y Wadia (1937, 218-219) hace notar la curiosa circunstancia de que, aunque en Kashmir un período de gran actividad volcánica coincidía con la glaciación que se extendía sobre el Punjab y otras partes de la India, la fauna con *Eurydesma* es casi la misma tanto en la Salt Range como en Kashmir. Agrega Wadia que al comienzo del Uraliano el mar con la fauna de *Productus* invadió a Kashmir; los sedimentos dejados por este mar constituyen justamente la Zewan Series.

De lo que antecede se infiere que los estratos con *Eurydesma* del Punjab y de Kashmir no deben referirse al Pérmico, sino a un nivel no muy alto del Carbonífero superior; es probable, en mi opinión, que correspondan a alguna sección del Moscoviano.

XII. LA EDAD DE LOS ESTRATOS CON « EURYDESMA » FUERA DE LA INDIA

En 1845 Morris instituyó el género *Eurydesma*; genotipo, necesariamente, *E. cordatum*, única forma conocida entonces. Esta especie había sido fundada, por Sowerby, sobre ejemplares recogidos en Nueva Gales del Sur, en estratos que durante mucho tiempo fueron considerados del Devónico y que actualmente son referidos al Pérmico por algunos autores y al Carbonífero superior, con mucha razón, por otros. También hay quien les asigna una posición stratigráfica muy próxima al límite entre Carbonífero y Pérmico; así, por ejemplo, Raggatt (1939, 91) opina que el conglomerado glacial con *Eurydesma* de Allandale corresponde a un horizonte stratigráfico

apenas superior o apenas inferior a la base del Artinskiano, lo cual le induce a afirmar que el resto de la Lower Marine Series de Nueva Gales del Sur no puede ser anterior al Sakmario.

En realidad el problema de la edad de los estratos con *Eurydesma* sería bastante fácil de resolverse si tuviéramos la seguridad de que todas las formas de este género han aparecido y se han extinguido dentro de un tiempo relativamente corto, del orden de magnitud de una « edad » geológica (o sea de la unidad cronológica que corresponde a un « piso » de la escala estratigráfica).

Hemos visto que en el Punjab y en Kashmir el género *Eurydesma* se encuentra en capas que es razonable paralelizar con la parte inferior del Gsheliano o con la parte superior del Moscoviano de Rusia. Según Cowper Reed, (1936) en la Salt Range este género está representado por catorce formas, nueve de las cuales son especies nuevas instituídas por él, una es una variedad de una de estas especies nuevas, tres son variedades de especies fundadas por otros y una es referida, con duda, a la especie típica *E. cordatum*; en Kashmir se conocen tres formas (dos variedades de *E. cordatum* y una forma comparable a *E. globosum*), una de las cuales también se encuentra en la Salt Range; en Nueva Gales del Sur se conocen cinco formas, entre las cuales están *E. cordatum* y *E. globosum* que en la India están representados por formas muy semejantes a las típicas.

En Nueva Gales del Sur las condiciones biostratigráficas resultan más complejas que en la India, por cuanto hay varios niveles conglomerádicos glaciales separados por espesores no insignificantes de sedimentos fosilíferos, en parte de origen continental. En dos de estos depósitos conglomerádicos se hallaron restos de *Eurydesma*, pero referibles a especies diferentes: el genotipo, *E. cordatum*, es exclusivo, al parecer, del conglomerado de Allandale, mientras que *E. hobartense* es propio, según se cree, del conglomerado de Lochinvar, que es más antiguo. Los estratos interpuestos entre estos conglomerados con *Eurydesma* contienen fósiles (marinos y terrestres) inadecuados para establecer su edad con la precisión deseable; pero el espesor de estos estratos interpuestos es de aproximadamente quinientos metros (Salomon-Calvi, 1933, 45-46), lo cual indica que su deposición ha requerido un tiempo considerable. Podemos estar seguros, pues, que el género *Eurydesma* no ha tenido vida efímera.

Podría esperarse que cada una de las dos especies halladas en Nueva Gales del Sur fuera utilizable para revelar la edad relativa de los estratos en que se la encuentre, en otras regiones.

Los resultados de los estudios de Reed nos hacen perder esta esperanza, por cuanto indican que en Pidh (Punjab) en el mismo nivel estratigráfico se hallan dos variedades de *E. hobartense* y una variedad de *E. cordatum* juntamente con otra forma que Reed refiere con duda al tipo de la especie (Reed, 1936, 3, 18).

Debemos a Harrington (1934, 325-330) un buen resumen crítico de los

datos que unos diez años atrás podían obtenerse de la literatura sobre la distribución geográfica y estratigráfica de distintas especies de *Eurydesma*. Las discrepancias que se notaran entre las opiniones expresadas en el aludido trabajo de Harrington y las mías se deben a que después de su publicación han aparecido algunas otras que han aportado nuevos elementos de juicio.

Una de las publicaciones relativamente recientes a que me refiero es la de Reed, en la cual están descritas e ilustradas catorce diferentes formas de *Eurydesma* del Punjab. Quien se pregunte qué valor paleobiológico y estratigráfico debe atribuirse a tantas especies y variedades, puede hallar la contestación en el hecho de que todas ellas proceden de un mismo lugar y de un mismo nivel estratigráfico; lo cual induce a sospechar que se trate de simples variaciones individuales en distintos ejemplares de una especie muy polimorfa. Las diferencias entre las conchas representadas y descritas por Reed son evidentes, pero no son mayores que las que estamos acostumbrados a ver entre distintos individuos de ciertas especies de grandes lamelibranquios actuales, como, por ejemplo, *Ostrea edulis*.

El género *Eurydesma* ha sido hallado en la India (en el Punjab y en Kashmir), en Australia (en Nueva Gales del Sur, en Queensland y en Tasmania), en el Sudoeste de Africa (en Namaland), y en la Argentina (en las Sierras Bonaerenses). Debo agregar que Ruedemann (1929, 422) menciona, incidentalmente, el descubrimiento de estratos marinos con *Eurydesma* y *Conularia* asociados con tilitas en el Brasil, pero no indica el lugar ni el autor del hallazgo. Estos géneros no figuran en los cuadros estratigráficos de E. P. de Oliveira (1933) y de D. Guimarães (1936) y tampoco en la excelente *Geologia do Brasil* de A. I. de Oliveira y O. Leonardos (1940). Ignoro si Ruedemann ha querido aludir a un descubrimiento que no ha sido divulgado o bien si ha reproducido una información inexacta.

La forma de *Eurydesma* hallada en dos lugares del distrito de Gibeon, en Namaland, Sudoeste de Africa, es comparable a *E. globosum*, pero no hay seguridad de que se trate exactamente de esta especie (Schroeder, 1909, 695; Range, 1930, 112; 1937, 482). *E. globosum* es una especie fundada sobre ejemplares de Nueva Gales del Sur. Según Noetling (1901, 416) también se hallaría en la Salt Range, pero este nombre no figura entre las catorce formas de la Salt Range determinadas por Reed; en cambio, éste halló una forma comparable en la « Agglomeratic Slates » de Kashmir (Reed, 1932).

En la Argentina los restos de *Eurydesma* han sido descubiertos por Keidel y por Harrington en sus investigaciones en las Sierras de las Tunas y de Pillahuincó, en la provincia de Buenos Aires. Estos restos se hallan por lo menos en dos niveles estratigráficos, y los del horizonte inferior se distinguen por el tamaño mayor (Keidel, 1938, 227, 229; Harrington, 1940, 241). No sé a qué especies pertenecen, ni si son específicamente determinables o no. En general, el estudio de las conchas de lamelibranquios de considerable tamaño englobadas en sedimentos conglomerádicos presenta difi-

cultades especiales, por cuanto casi siempre las valvas están rotas y los fragmentos vecinos no pertenecen al mismo individuo.

La determinación de la especie a que pertenece un resto de *Eurydesma* no tiene tanta importancia como en el caso de otros moluscos, por cuanto sabemos que las conchas de *Eurydesma*, o sus fragmentos, siempre han sido halladas en depósitos glaciomarinos y precisamente o en conglomerados glaciales o inmediatamente arriba de ellos. Es evidente que todas las especies conocidas del género *Eurydesma* necesitaban un ambiente especial, o sea aguas marinas muy frías, ricas en oxígeno y moderadamente saladas. *Eurydesma* es pues un « fósil de facies » y precisamente su presencia indica una facies marino-glacial. Dado que las glaciaciones no se producen a menudo y que cada una de ellas afecta contemporáneamente una gran parte de nuestro planeta, es claro que la presencia de restos de *Eurydesma* puede esperarse sólo en sedimentos marinos que se han depositado durante una glaciación y alrededor de las tierras sobre las cuales los hielos se habían extendido mayormente. Por esta razón el género *Eurydesma* siempre constituye un buen indicador cronológico, aún en el caso de que sus especies hayan tenido una distribución geográfica muy diferente, hipótesis que no está corroborada por las observaciones que han sido publicadas hasta la fecha.

Muchos años atrás se consideraba *Eurydesma* como un subgénero de *Avicula* (Woodward, 1875, 417) luego como un género de la familia *Aviculidae*; pero, más recientemente, lo han puesto en la familia *Astartidae* (Diener, 1927, 81). Puede recordarse que actualmente la mayoría de las especies del género *Astarte* vive en los mares árticos y que algunas prefieren las aguas glaciales. Pero esto puede interpretarse como un mero resultado de la adaptabilidad de este género, pues sabemos que Thurmann, en 1852, llamó Astartiano un piso geológico (hoy más conocido bajo el nombre de Sequaniano) que en algunas partes de Europa está representado por calizas, extraordinariamente ricas en restos de *Astarte*, que se han depositado en un mar relativamente cálido.

Lo que parece seguro es que *Eurydesma*, a diferencia de *Astarte*, no sabía adaptarse a vivir en aguas menos frías, pues en la Salt Range se encuentra sólo en la base de una potente serie de sedimentos marinos que más arriba contienen muchas otras especies de lamelibranquios. Por esta inadaptabilidad *Eurydesma* puede servir como indicador cronológico, aunque en Nueva Gales del Sur se halla en dos conglomerados glaciales uno de los cuales se ha depositado varios cientos de miles de años (o aún millones de años) después de la deposición del otro, lo cual se explica fácilmente si se supone que el género *Eurydesma* había transcurrido todo este largo intervalo en regiones polares, donde aún hallaba condiciones favorables para su existencia y propagación.

En conclusión, el hallazgo de un individuo del género *Eurydesma* significa que estamos en presencia de un depósito glaciomarino que puede ser del Gsheliano inferior, o del Moscoviano, o aún algo más antiguo.

XIII. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN MONGOLIA

Hemos visto que hay buenas razones para admitir que sólo la sección superior (constituída por los estratos de Chideru, de Kundghat y de Jabi) de la Productus Limestone del Punjab corresponda al Pérmico, que la parte superior (estratos de Kalabagh) de la sección media debe referirse al Sakmariano, que la base de la sección inferior (estratos de Amb) equivale a la parte inferior del Gsheliano, que los estratos con *Eurydesma* y los conglomerados glaciales del Punjab y de Kashmir pueden corresponder al Moscoviano, y que en Australia hay también otros conglomerados glaciales más antiguos (los de Lochinvar) igualmente asociados con restos de *Eurydesma*. Estos resultados de nuestras consideraciones son de importancia, por cuanto muchas tentativas de correlación cronológica se han fundado en comparaciones con una u otra sección de la Productus Limestone de la India, o en la presencia de sedimentos conglomerádicos que presentan ciertos caracteres que pueden ser debidos a la acción de glaciares, o en el hallazgo de restos de *Eurydesma*.

Analicemos ahora, aplicando los conocimientos que tenemos, los resultados de los estudios de Grabau sobre la fauna del Antracolítico de cierto lugar de Mongolia. Estos resultados están expuestos en un hermoso volumen en octavo grande, de más de setecientas páginas, titulado *The Permian of Mongolia*, publicado por el American Museum of Natural History de Nueva York en 1931. El título de la obra (que en la tapa también figura en chino y en manchú) no me parece muy adecuado, pues los estratos que Grabau refiere al Pérmico pueden ser referidos, con mayor razón, al Carbonífero y, además, los fósiles del Antracolítico de Mongolia determinados, descritos e ilustrados por Grabau provienen todos de un solo lugar. Unos miembros de la expedición al Asia Central hecha por cuenta del American Museum en los años 1922, 1923 y 1924 los recogieron en las calizas que constituyen una loma de modesta altura y de tres o cuatro kilómetros de largo, llamada Honguer Ola, situada en las inmediaciones de Jisu Honguer. Es sabido que Mongolia es una de las regiones menos exploradas de Asia y, por consiguiente, es posible que haya afloramientos de estratos que corresponden efectivamente al Pérmico o bien que equivalen a los de Honguer Ola.

F. K. Morris, geólogo de la expedición, ha estudiado en detalle la estratigrafía y la tectónica de Honguer Ola y de sus alrededores, y ha designado con la denominación de Jisu Honguer Formation al conjunto, espeso más de ochocientos metros, de estratos fosilíferos marinos. En el libro de Grabau hay un capítulo, escrito por C. P. Berkey y F. K. Morris, que se titula *Relation of the Jisu Honguer Formation to the general geology of Mongolia* y dice, entre otras cosas, que, en la opinión de los autores, en Mongolia el Paleozoico está representado sólo por el Carbonífero inferior (Dinantiano) y por el Pérmico, faltando por completo al Carbonífero superior (Berkey y

Morris, 1931, 15). El conjunto de estratos referidos al Pérmico tiene un espesor de aproximadamente 1550 metros, y está constituido esencialmente por arcillas en su parte superior, por calizas en la parte central y por areniscas en la inferior, pero hay numerosos bancos o lentes de caliza intercalados tanto entre las arcillas como entre las areniscas. En la base de este conjunto la arenisca pasa a conglomerado. Los fósiles se hallan tanto en la masa calcárea central como en las intercalaciones calcáreas de la serie arcillosa y de la serie arenácea. La distancia (medida perpendicularmente a las superficies de estratificación) entre la lente fosilífera más alta (con *Productus humboldti*) y la más baja (con *Enteletes marginifera*) es de unos 880 metros.

No es necesario que examinemos la composición de la fauna de las calizas de Jisu Hongner, por cuanto el propio Grabau (1931, 9) dice que esta caliza « puede ser considerada como el equivalente aproximado del Uraliano de la parte oriental de Rusia, Europa y de la Middle Productus Limestone de la Salt Range. Al igual que éste, no contiene *Schwagerina* » (es decir, *Pseudoschwagerina* Dunbar y Skinner) « pero la fauna, en todo el resto, presenta un carácter sorprendentemente semejante ». Estas palabras nos bastan para poner las calizas de Jisu Hongner en el Carbonífero superior y no en el Pérmico.

¿Cómo pudo Grabau llegar a la conclusión opuesta?

La explicación la proporciona el propio Grabau (1931, 381), expresando estos conceptos: « Como hemos visto, nuestra fauna tiene la mayor afinidad por un lado con la Middle Productus Limestone y por el otro con la caliza con *Schwagerina*. La Middle Productus Limestone es considerada, comúnmente, de edad pérmica, mientras que los geólogos rusos siguiendo el ejemplo de Tschernyschew han referido la caliza con *Schwagerina* al Carbonífero superior ». Por razones que no están especificadas, Grabau se ha apartado de la costumbre de los geólogos rusos, sin pensar que esta costumbre debía ser respetada, por cuanto los afloramientos típicos que han permitido separar por primera vez el Pérmico del Carbonífero se encuentran justamente en Rusia. En cuanto a la edad de la Middle Productus Limestone, ya hemos visto que, de acuerdo con los recientes estudios de Douglas, corresponde paralelizarla con los « Estratos con *Pseudoschwagerina* » y con la parte superior del Gsheliano.

Es interesante el hecho de que Grabau (1931, 424) atribuye al Pérmico no sólo las tres secciones de la « Productus Limestone » sino también la mayor parte de las « Speckled Sandstones », pues hace coincidir el límite inferior del Pérmico con la base de las areniscas amarillento-verdosas (Olive Series), así que los estratos con *Conularia* ya serían pérmicos; pero pone en el Carbonífero los conglomerados glaciales (« Talchir Group ») que se encuentran inmediatamente más abajo.

Esta interpretación de Grabau es la lógica consecuencia de sus originalísimas ideas (no compartidas por los geólogos rusos) sobre la edad de cier-

tos grupos de estratos del Antracolíptico que afloran en distintas partes de Rusia. En su opinión, durante el Carbonífero la sedimentación se habría efectuado con cierta continuidad sólo en la parte austral de Rusia, donde se halla la cuenca del Donetz, mientras más al Norte y al Este no habría habido sedimentación durante la última parte del Carbonífero. De esta manera se habría formado, en el Sur de Rusia, un conjunto de sedimentos (para el cual Grabau propone la denominación de « piso Donetziano ») que no tendría su equivalente en la Plataforma Rusa, en la región Preuraliana, en el Timan, etc. Uno de los postulados de Grabau es que su Donetziano representa el Carbonífero superior; por consiguiente él no puede admitir que haya estratos del Carbonífero superior en el Este y en el Norte de la Rusia de Europa. La presencia en la cuenca del Donetz de calizas con *Pseudoschwagerina princeps* encima del Donetziano, indujo a Grabau a incluir la zona con *Pseudoschwagerina princeps* en el Pérmico, aunque todos sabemos que, en la región típica, Murchison consideraba esta zona como la parte superior del Carbonífero. Además, según Grabau, los estratos con *Pseudoschwagerina* de la cuenca del Donetz corresponderían no sólo a la zona homónima (Sakmario) de la Plataforma Rusa, sino también a la zona con *Productus cora* y a la con *Omphalotrochus*; por consiguiente en el Este y en el Norte de Rusia la base del Pérmico coincidiría con la base de nuestro Gsheliano (en el sentido propuesto por Nalivkin), lo que equivale a decir que todo el Uraliano resultaría incorporado al Pérmico. La alta reputación de Grabau y la erudición que demuestra en sus consideraciones ha permitido que muchos aceptaron su artificiosa argumentación sin someterla a prudente crítica. Por esta razón la interpretación de Grabau ha tenido muchos partidarios en la América del Norte, en Asia y en varios países de Europa; pero en Rusia, donde conocen bien la estratigrafía de la Plataforma Rusa y de la cuenca del Donetz, muy pocos han sido los geólogos que han aceptado las ideas de Grabau. Éste parte de la premisa dogmática de que los estratos que contienen *Pseudoschwagerina princeps* en la Plataforma Rusa son contemporáneos a los más recientes entre los estratos que contienen el mismo fósil en la cuenca del Donetz. Investigaciones relativamente recientes han demostrado que ha ocurrido todo lo contrario, pues en la cuenca del Donetz *Pseudoschwagerina princeps* se encuentra en bancos de dolomía que corresponden a niveles estratigráficos mucho más altos que el horizonte en que aparece por primera vez la flora característica del Pérmico, mientras que en la Plataforma Rusa la zona con *Pseudoschwagerina princeps* se halla inmediatamente arriba de la zona con *Triticites* (que corresponde a nuestro Gsheliano) habiendo perfecta concordancia y transición gradual (Likharev, 1937, 81). Esta comprobación destruye el fundamento arbitrario de todo el edificio de razonamientos construido por Grabau.

Lo que importa recordar, para nuestros fines, es que Grabau dice que los estratos fosilíferos de Honguer Ola, en Mongolia, corresponden a la Middle Productus Limestone de la Salt Range, de lo cual inferimos que ellos repre-

sentan el Sakmario y la parte superior del Gsheliano, así que no podemos considerarlos pérmicos.

Otro punto que no corresponde olvidar es que las ideas de Grabau sobre la estratigrafía del Pérmico y del Carbonífero superior de Rusia y de Asia tienen su origen en una hipótesis errónea (supuesta contemporaneidad de los horizontes estratigráficos en los cuales desaparece, en dos regiones distintas, el mismo fósil) y que, por consiguiente, las correlaciones propuestas por él y por sus imitadores son, en parte, inacceptables.

Seguramente debe haber en Mongolia otros afloramientos de estratos marinos del Antracolítico, pues Z. A. Lebedeva (en Beckwith, 1934, 327) ha afirmado que el centro, el Norte y el Noroeste de Mongolia no estaban cubiertos por el mar en la primera parte del Paleozoico y tampoco después del final del Paleozoico, lo que significa, evidentemente, que hay pruebas o indicios de que en la última parte del Paleozoico aquellas regiones estuvieran cubiertas por el mar; pero en los escritos que he consultado no he hallado datos concretos sobre afloramientos de capas marinas del Antracolítico, salvo los que se refieren a la formación de Jisu Honguer, tan ampliamente descrita e ilustrada por Grabau.

Aunque no me parece necesario, a los fines del presente trabajo, considerar la distribución del Antracolítico marino en China, creo conveniente, para dar otro ejemplo de las correlaciones hechas por Grabau, recordar cómo determinó algunos fósiles recolectados en la mina de carbón de Chao-kouchuang de la cuenca carbonífera de Kaiping, en la provincia de Chih-li. Los estratos de carbón contienen restos de plantas que indican, según Schenk, que son del Carbonífero, pero Frech los consideró del Pérmico (Andersson, 1920, 66, 67). Grabau (1920, 61-66, 69-76) estudió los fósiles y halló entre ellos *Productus cora*, *Productus semireticulatus*, *Squamularia perplexa*, una forma comparable a *Reticularia inaequilateralis*, otras tres formas de braquiópodos que consideró nuevas, una forma nueva de *Pseudomonotis*, y un curioso arácnido con ojos facetados que, al parecer, pertenece a la familia *Eurypteridae* y sobre el cual instituyó una nueva especie que llamó *Eurypterus (Anthraconectes) chinensis*. Los braquiópodos identificados por Grabau con especies ya conocidas no tienen una importancia decisiva, pero, a mi manera de ver, autorizan a suponer que los estratos de donde proceden son del Carbonífero más bien que del Pérmico. En cuanto a la nueva especie de la familia *Eurypteridae* puede observarse lo siguiente: *Anthraconectes* es un buen género, que se distingue netamente de *Eurypterus* por las espinas que lleva en los segmentos abdominales; ni *Anthraconectes* (que es conocido en el Carbonífero superior) ni *Eurypterus* (que ha sobrevivido, al parecer, hasta el Pérmico) poseen ojos facetados; el único género de la familia *Eurypteridae* provisto de ojos facetados es *Slimonia* del Devónico (Grabau cita también *Hughmilleria*, que es conocida en el Ordovícico y en el Silúrico y que por el considerable desarrollo de sus quelíceros debería ponerse en la familia *Pterygotidae*); y los ojos facetados son

comunes en la familia *Pterygotidae*, que está representada por pocos géneros y que, según parece, se ha extinguido en la primera mitad del Carbonífero. El hallazgo de este arácnido es de alto interés para la paleozoología, pero su valor estratigráfico es limitado, aunque los ojos facetados constituyen un carácter arcaico, lo cual habla en contra de la edad pérmica que le atribuye Grabau y, en cambio, corrobora la opinión, ya expresada por Schenk en 1883, que los mantos de carbón de Chaokouchang son del Carbonífero.

La literatura geológica china debe ser utilizada con mucha cautela en las tentativas de correlaciones de formaciones marinas del Antracolítico, pues en gran parte refleja las ideas de Grabau. Sin embargo algunos trabajos relativamente recientes indican que se está produciendo una saludable reacción. Así, por ejemplo Yin (1935, 7-11) refiere correctamente al Uraliano la caliza de Wangchiapa (Kueichou), por haber entre sus fósiles algunas pocas formas desconocidas en el Pérmico, aunque otras son relativamente comunes en el Pérmico pero han sido halladas también en el Sakmariano de Rusia y en la caliza de Kukurtuk (que Grabau pone en el Pérmico).

XIV. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN EL TIAN SHAN

Los geólogos que acompañaron a Merzbacher en sus expediciones científicas al Tian Shan (Keidel en 1902 y 1903, Leuchs en 1907 y Groeber en 1908) recolectaron grandes cantidades de fósiles marinos del Antracolítico que luego pasaron a enriquecer a la Colección de Paleontología y Geología Histórica de Munich. Keidel (1906) y Leuchs (1919) estudiaron algunas faunas del Carbonífero Superior; Groeber (1908 y 1909) y Krenkel (1913) estudiaron otras faunas que consideraron del Carbonífero inferior. Pero estos estudios no abarcaron todo el material existente en las colecciones. Un examen completo y una revisión general ha sido hecha por Löweneck (1932).

Durante la primera expedición de Merzbacher (1902-1903) se recolectaron numerosos fósiles del Antracolítico tanto en la parte central del Tian Shan como en la parte austral. Los primeros fueron hallados, al parecer, por Merzbacher y los otros por Keidel, quien participaba a la expedición en calidad de geólogo.

El propio Keidel efectuó luego el estudio de los fósiles que había recogido en el sur de Tian Shan (más exactamente, en la parte superior del valle de Kukurtuk), determinando más de cuarenta formas, entre las cuales vemos *Pseudoschwagerina princeps*, juntamente con muchos braquiópodos que son frecuentes en el Sakmariano y en el Gsheliano. La conclusión a que llegó Keidel (1906, 383) fué que la caliza con *Pseudoschwagerina* del valle de Kukurtuk corresponde a la caliza con *Pseudoschwagerina* de la Plataforma Rusa y de la región Preuraliana.

Grabau (1931, 461-462), comentando los resultados de las investigaciones de Keidel, observa que de las 42 especies halladas por éste en la caliza de Kukurtuk, 29 se hallan también en la caliza con *Pseudoschwagerina* del Este de Rusia y otras 4 se encuentran en la Middle Productus Limestone o en la Upper Productus Limestone. De esto, infiere que los estratos fosilíferos del Valle de Kukurtuk corresponden a la Middle Productus Limestone del Punjab, a la Jisu Honguer Formation de Mongolia, a la caliza con *Pseudoschwagerina* del Este de Rusia y a la dolomía con *Pseudoschwagerina* de la cuenca del Donetz; y pone todas estas formaciones en el Pérmico. Es esta una consecuencia inevitable de la suposición inicial, errónea, de que las dolomías con *Pseudoschwagerina princeps* de la cuenca del Donetz han de ser contemporáneas con las calizas con *P. princeps* de la Plataforma Rusa y de la región Preuraliana. En realidad, las primeras son del Artinskiano y las segundas del Sakmario. Por consiguiente, y a pesar de todas las argumentaciones de Grabau, debemos atenernos a la sensata interpretación dada por Keidel casi cuarenta años atrás.

La revisión de Löweneck (1932, 75-81) confirma, en general, las determinaciones de Keidel; una de las pocas excepciones se refiere a una forma de *Spirifer* que Keidel había identificado con *S. supramosquensis* y que, según Löweneck, pertenece a una especie hallada también en China, *Spirifer norini*. Los estratos fosilíferos del valle de Kukurtuk corresponden a la parte más alta del Carbonífero (zona de la *Pseudoschwagerina princeps*) aun en el concepto de Löweneck.

Los foraminíferos de las colecciones de las expediciones de Merzbacher han sido estudiadas nuevamente por los Kahler (1940), quienes no han logrado hallar ningún ejemplar de *Pseudoschwagerina princeps* (especie que figura en las listas de Keidel y de Löweneck), pero han reconocido la presencia de otras especies del mismo género *Pseudoschwagerina*. Este resultado no afecta a la determinación de la edad de los estratos con braquiópodos y foraminíferos del valle de Kukurtuk, pues el género *Pseudoschwagerina* es particularmente frecuente en el Sakmario, aunque en el Artinskiano de la cuenca del Donetz se ha comprobado la presencia de una especie, que es justamente *P. princeps*. La edad de la fauna descrita por Keidel queda establecida por el conjunto de las formas determinadas y no sólo por la presencia de *Spirifer supramosquensis* o de *Pseudoschwagerina princeps*.

Los fósiles recolectados en la parte central de Tian Shan fueron estudiados por Groeber (1908 y 1914) y por Leuchs (1919).

A Groeber le encomendaron, por sugestión de Keidel, el estudio del material recogido en los alrededores del Paso Sart-Dshol (Tian Shan central). Groeber notó de inmediato que la mayor parte de aquellos fósiles era poco adecuada para las correlaciones estratigráficas, tratándose de braquiópodos que han sido encontrados en varias secciones del Carbonífero y, a veces, aun del Pérmico; pero entre ellos notó unas pocas formas que le parecieron de mayor valor estratigráfico y, fundándose en ellas, opinó que es verosímil

que la fauna de las calizas del Paso Sart-Dshol pertenezca al Carbonífero inferior. Esta opinión está de acuerdo con las ideas manifestadas anteriormente por Keidel sobre una transgresión eocarbonífera en la región que corresponde al actual Tian Shan (Groeber, 1908, 243-246).

La presencia de formas como *Productus margaritaceus* y *Spirifer bisulcatus* fué el argumento principal que decidió a Groeber a referir la fauna del Paso Sart-Dshol al Carbonífero inferior. Löweneck (1932, 87-93, 134), aunque rectifica alguna determinación de Groeber, llega a la conclusión de que efectivamente se trata de la parte superior del Carbonífero inferior. Nótese que Groeber se había expresado en términos aun más cautelosos, diciendo que algunas de las formas determinadas por él hablan en favor de la idea de que se trate de una fauna del Carbonífero inferior.

Más terminante es la conclusión de otro estudio de Groeber (1909) sobre los fósiles recolectados en cuatro lugares (valle de Chonochai, alrededores de Narynkol, Paso de Santash y Paso de Tüss-Anshu) de las partes centrales y boreales del Tian Shan. En este caso hay indicios más significativos de la equivalencia de estos estratos fosilíferos con la zona más alta del Viseano.

También determinó Groeber (1914) numerosos fósiles hallados en otras partes del Tian Shan central; en su opinión, ellos corresponden a tres horizontes estratigráficos de los cuales el inferior pertenecería al « Carbonífero Medio » (o sea al Moscoviano) y los otros al « Carbonífero Superior » (Uraliano).

Otras colecciones del Tian Shan central, estudiadas por Leuchs (1919) comprenden formas referibles sin duda alguna al Carbonífero superior.

Los fósiles recolectados en la parte oriental y austral del Tianshan y descritos por Krenkel (1913) son del Carbonífero inferior.

La fauna antracólítica del valle de Kukurtuk descrita por Keidel presenta interesantes analogías con algunas faunas sudamericanas que, de acuerdo con la opinión general, son del Carbonífero superior. Por esta razón he creído conveniente incluir en el presente trabajo algunas observaciones que corroboran la opinión expresada por Keidel acerca de la edad de los estratos de Kukurtuk y, a la vez, infirman la de Grabau. También me parece importante el ejemplo del Tian Shan, por cuanto nos indica que donde hay realmente estratos que pertenecen al Carbonífero superior y al Carbonífero inferior, aun los braquiópodos permiten reconocerlos y asignarles la edad que les corresponde.

XV. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN BIRMANIA

La memoria de Diener (1911) sobre los fósiles del Antracólítico de los « Shan States » (en la parte oriental de Birmania) constituye otro ejemplo interesante de la influencia que ejercen en los ensayos de correlación estratigráfica las ideas que uno se ha formado con anterioridad.

Diener era uno de los que creían que los conglomerados glaciales de Talchir son del Pérmico. El estudio de tres colecciones de fósiles hechas en distintos lugares de los « Shan States », en la parte oriental de Birmania, lo obligó a reconocer que se trataba de tres faunas muy semejantes, que presentaban grandes afinidades tanto con las de la Middle Productus Limestone y de la Upper Productus Limestone del Punjab como con la del Uraliano típico de Rusia, pero que por ciertos caracteres (especialmente por la presencia de determinadas formas del género *Productus*) las faunas de Birmania se asemejaban mucho más a las de Rusia que a aquéllas del Punjab.

Seguramente toda persona libre de prejuicios habría sacado la conclusión de que probablemente estos fósiles de Birmania son del Carbonífero superior. Diener, en cambio, los ha referido al Pérmico, diciendo que las muchas formas del Uraliano que se hallan entre ellos deben considerarse como sobrevivientes de faunas más antiguas. La confusión que reina en la estratigrafía del Carbonífero tiene su origen, en gran parte, en razonamientos análogos o, mejor dicho, en sofismas semejantes que han sido aceptados sin objeciones por la generalidad de los paleontólogos y de los estratígrafos.

Si hubiera paralelizado correctamente, como lo hacemos nosotros, la Middle Productus Limestone con las secciones superior y media del Uraliano típico, Diener no habría hallado dificultad alguna en explicar las semejanzas que él había observado entre las faunas de los « Shan States », las del Punjab y las de Rusia.

En las tres faunas de los « Shan States » descritas por Diener se nota una forma comparable a *Productus boliviensis*; en dos de ellas se comprobó la presencia de *Spiriferina cristata*; en una se encontró, además, *Productus cora*, una nueva variedad de *Productus wallacei*, y formas comparables con *Spirifer condor* y *Reticularia lineata*. Las analogías con las faunas del Carbonífero superior de la América del Sur son evidentes.

XVI. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN LA ISLA DE TIMOR

En ciertas partes de la isla de Timor afloran estratos fosilíferos que contienen una fauna marina extraordinariamente interesante. Primeramente Beyrich, en 1864, describió trece especies de braquiópodos que refirió al Carbonífero. Estudios posteriores revelaron que esta fauna es singularmente variada y que presenta caracteres que han inducido a muchos a considerarla pérmica y no carbonífera.

En el año 1926 la fauna antracolítica marina de Timor comprendía unas 600 especies, la mayor parte de las cuales pertenece al tipo de los equinodermos (muchísimas formas de crinoideos, muchas de blastoideos, algunas pocas de equinoideos); sigue el tipo de los celenterados, con muchas especies de tetracoralarios y algunas de *Tabulata*; los moluscos ocupan el ter-

cer lugar, con unas 20 especies de lamelibranquios, más de 50 gasterópodos, casi 40 de ammonoideos y unas 20 de nautiloideos; los braquiópodos estaban representados por unas 50 especies, los briozoarios por menos y los foraminíferos por un número aun menor; además se conocían algunas especies de esponjarios y dos de trilobites (Wanner, 1926).

Evidentemente la composición de esta fauna difiere profundamente de las que he mencionado anteriormente, en las cuales predominan, en general, los braquiópodos.

Entre los crinoideos de Timor se encuentran representantes de muchos géneros que anteriormente sólo eran conocidos en el Carbonífero y, a veces, en sistemas aun más antiguos. Entre los braquiópodos abundan formas que son particularmente frecuentes en el Carbonífero, y tres de estas están representadas por un grandísimo número de individuos. Las especies de *Fusulinidae* de Timor son de estructura relativamente sencilla, como lo son las del Carbonífero superior de otras regiones, faltando por completo las de estructura complicada, características del Pérmico. Por esta razón, y porque la única forma de *Fusulinidae* de Timor identificada con una especie ya conocida era *Fusulina* (« *Schellwienia* ») *granum-avenae*, R. Schubert opinó, en 1915, que la fauna antracólítica marina de Timor es del Carbonífero superior y no del Pérmico, como lo cree la mayoría de los estratígrafos.

Gerth (1926) ha publicado un artículo, lleno de datos instructivos y de consideraciones interesantes, para demostrar que la fauna antracólítica de Timor vivió en las aguas cálidas de un geosinclinal en vía de hundimiento justamente en el tiempo en que los hielos se extendían sobre tierras que entonces (por no haberse producido aún el plegamiento de los sedimentos del geosinclinal) se hallaban a considerable distancia. Gerth reconoce que no es fácil explicar la presencia de foraminíferos, crinoideos y braquiópodos de tipo carbonífero en sedimentos que, según él, son del Pérmico. Pero él está convencido de que la glaciación que ha determinado la formación de los conglomerados de Talchir se ha producido en el Pérmico y, partiendo de este postulado, formula hábiles razonamientos para tratar de explicar las aparentes anomalías. En realidad, el problema es difícil de resolver, por cuanto las indicaciones proporcionadas por distintos grupos de animales (por ejemplo, los ammonoideos por un lado y los foraminíferos, crinoideos y braquiópodos por el otro) son contradictorias. Pero es evidente que el hecho de creer que los conglomerados glaciales de Talchir son posteriores al Carbonífero, obliga a rejuvenecer la Lower Productus Limestone y la Middle Productus Limestone de la Salt Range y, de esta manera, a introducir en los razonamientos la misma fuente de errores que ya hemos aprendido a conocer al examinar las ideas de Diener acerca de la edad de la fauna antracólítica de Birmania.

A propósito del valor de los ammonoideos del Antracólítico para las correlaciones cronológicas, observo que muchos de los géneros hallados en Ti-

mor y considerados característicos del Pérmico han sido instituidos por Gemmellaro para formas halladas por él en las calizas del Río Sosio, en Sicilia. Estas calizas fueron consideradas pérmicas porque contienen muchas formas de braquiópodos idénticas o semejantes a las de la Middle Productus Limestone (entonces reputada pérmica) de la Salt Range; pero desde hace mucho se señaló que había analogías no despreciables con faunas del Uraliano típico. Estas analogías no resultaron muy evidentes en la extensa monografía de Gemmellaro (1877-1899) debido, en parte, a su costumbre de referir a especies nuevas todos los ejemplares que describía. Pero en lo que se refiere a los ammonoideos, Miller (1933, 412, 413, 425) ha comprobado, por comparación con topotipos adquiridos por Schuchert de un comerciante en fósiles de Palermo, que las descripciones, las figuras y las determinaciones de Gemmellaro son correctas. Según Miller, los ammonoideos hallados en la Upper Productus Limestone y en la parte superior (estratos de Kalabagh) de la Middle Productus Limestone del Punjab presentan un grado de evolución más avanzado en comparación con los del Río Sosio, lo cual indica que éstos son más antiguos. Pero hemos visto, en capítulo X, que los estratos de Kalabagh equivalen al Sakmario o, por lo menos, a la parte superior del Sakmario (Douglas, 1936, 49). Por consiguiente, las calizas del Río Sosio, con sus ammonoideos más primitivos, no podrían ser posteriores al Sakmario y necesariamente deberían ser del Carbonífero.

En el Antracólítico marino de Timor se ha logrado distinguir, mediante los ammonoideos, cuatro zonas faunísticas: la inferior con *Marathonites*, la segunda con *Perrinites*, la tercera con *Pseudoagathiceras* y la más alta con *Hanieloceras*. Las calizas del Río Sosio corresponden, según Miller, a la zona con *Pseudoagathiceras* de Timor, lo cual significaría que por lo menos tres de las cuatro zonas faunísticas de Timor son del Carbonífero y no del Pérmico.

La conclusión que se puede sacar del razonamiento que antecede no puede ser categórica, pues consiste en un dilema: o los ammonoideos del Antracólítico carecen de valor para las correlaciones estratigráficas o bien los estratos del Antracólítico de Timor no son del Pérmico, salvo a lo sumo en su parte más superior (zona con *Hanieloceras*).

En favor de esta segunda hipótesis hablan los *Fusulinidae* de Timor que todos pertenecen a tipos sencillos; Schubert (1915), quien los estudió, logró identificar sólo una especie ya conocida, que es *Fusulina granum-avenae*, pero esto le bastó para afirmar que las calizas con *Fusulinidae* de Timor son del Carbonífero superior. El hecho de que en Timor abundan algunas especies, especialmente de braquiópodos, que en otras regiones son particularmente comunes en el Carbonífero ha sido puesto de relieve también por Wanner (1926), quien es uno de los que más han contribuido a difundir la opinión que en Timor el Paleozoico superior está representado únicamente por el Pérmico.

La fauna antracólítica de Timor tiene cierta importancia para nosotros por cuanto ha proporcionado a Gerth argumentos para discutir la edad de algunas formaciones marinas de la América del Sur.

XVII. EL ANTRACOLÍTICO EN NUEVA GALES DEL SUR

En algunas regiones de Australia exploradas minuciosamente para buscar y explotar carbón mineral, la presencia de restos animales y vegetales del Antracólítico en varios horizontes estratigráficos ha atraído la atención de muchos geólogos no sólo de Australia sino de todas las partes del mundo, por cuanto las repetidas alternancias de formaciones fosilíferas marinas con formaciones fosilíferas continentales deberían facilitar las correlaciones con lejanas regiones. Era razonable esperar que las conclusiones sacadas del estudio de los restos de plantas (terrestres) fueran confirmadas, o bien rectificadas, por los resultados del estudio de los restos de animales (casi todos marinos) y que de este modo se llegara a correlaciones relativamente muy seguras. Pero esto no ha ocurrido porque a veces las opiniones de los paleobotánicos han resultado incompatibles con las de los paleozoólogos y otras veces tampoco ha habido acuerdo entre los cultores de una misma rama de la paleontología.

Podemos considerar típico para Australia, así como lo ha hecho Harrington (1934, 325-329), el perfil de la cuenca carbonífera del Hunter River, en Nueva Gales del Sur. El conjunto de estratos que corresponde referir al Antracólítico consta de tres secciones, designadas con los nombres de Kamilaroi, Kuttung y Burindi. La mayoría de los autores considera la primera como un « sistema » y las dos restantes como « series ». Para no apartarme del uso corriente, me referiré, en estas páginas, al « sistema de Kamilaroi », a la « serie de Kuttung » y a la « serie de Burindi », sobreentendiendo que se trata de la parte superior, de la parte media y de la parte inferior, respectivamente, de un conjunto de sedimentos y rocas volcánicas cuya edad Antracólítica está comprobada. En realidad, el espesor no muy diferente de estas tres partes autorizaría a considerarlas como unidades estratigráficas de igual categoría, como lo hice en un trabajo anterior (1940, 201).

En el « sistema » de Kamilaroi se distinguen, de arriba abajo, cuatro secciones llamadas Upper Coal Measures, Upper Marine Series, Lower Coal Measures, y Lower Marine Series. Estos nombres ya nos dicen que la primera y la tercera son de origen continental, por cuanto contienen yacimientos explotables de carbón, mientras que la segunda y la cuarta son de origen marino. En las Upper Coal Measures hay dos grupos de mantos de carbón explotables, de los cuales el superior alimenta el yacimiento de New-castle y el inferior el de Tomago. En las Lower Coal Measures se halla el importante yacimiento carbonífero de Greta; por esta razón, la expre-

sión « Greta Coal Measures » se usa, a menudo, como sinónimo de la anterior y a veces aun se dice, por brevedad, « Greta Series ». La « serie » de Kuttung, de carácter continental, está constituida por tres secciones que frecuentemente han sido consideradas como « pisos », distinguiéndose la sección superior con el nombre de « piso glacial », la del medio con el de « piso volcánico » y la inferior con el de « piso basal ». La serie de Burindi está formada únicamente por estratos de origen marino.

Unos sesenta años atrás (Wilkinson, 1882, 238 ; David, 1887, 190) se

		C.S. WILKINSON 1882	W. WAAGEN 1887	F. FRECH 1902	C. SCHUCHERT 1928	C.E. TILLEY 1929	T.W.E. DAVID Y C.A. SÜSSMILCH 1931	J.W. GREGORY Y B.H. BARRETT 1931	T.W.E. DAVID 1932						
KAMILAROI	UPPER COAL MEASURES	PERMICO		PERMICO SUPERIOR	PERMICO SUPERIOR	PERMICO SUPERIOR	PERMICO SUPERIOR	PERMICO	PERMICO SUPERIOR						
	UPPER MARINE SERIES	C A R B O N I F E R O	C A R B O N I F E R O SUPERIOR	PERMICO INFERIOR	PERMICO SUPERIOR	PERMICO INFERIOR	PERMICO SUPERIOR	PERMICO	PERMICO MEDIO						
	LOWER COAL MEASURES														
	LOWER MARINE SERIES		C A R B O N I F E R O INFERIOR	PERMICO INFERIOR	PERMICO MEDIO	PERMICO INFERIOR	PERMICO INFERIOR	URALIANO	PERMICO INFERIOR						
GLACIAL STAGE															
KUTTUNG	VOLCANIC STAGE	C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O SUPERIOR	C A R B O N I F E R O SUPERIOR	M O S C O V I A N O						
	BASAL STAGE									C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O INFERIOR	C A R B O N I F E R O MEDIO	C A R B O N I F E R O SUPERIOR	M O S C O V I A N O	"UPPER CULM"
	BURINDI														

Fig. 6. — Correlaciones indicadas (explícita o implícitamente) por algunos autores entre distintas formaciones marinas del Antracolíptico de Nueva Gales del Sur y las unidades estratigráficas generales (sistemas, series o pisos).

refería al Pérmico lo que ahora llamamos Upper Coal Measures y al Carbonífero todo lo que sigue hacia abajo, desde la Upper Marine Series hasta la serie de Burindi inclusive. De acuerdo con esta vieja interpretación, que me parece la más verosímil, los cinco o seis « horizontes » glaciales aceptados por los autores recientes deben referirse en su totalidad al Carbonífero. Pero ya a principios de este siglo empezaba a difundirse la tendencia rejuvenecedora, como lo indica el hecho de que en *Lethaea Geognostica* la Lower Marine Series está incluida en el Pérmico (Frech, 1902, 593); esta tendencia llegó a su culminación unos quince años atrás, poniéndose entonces en el Pérmico medio también la parte superior (« piso glacial ») de la serie de Kuttung (Schuchert, 1928, 862-875). En estos últimos años ha habido una reacción que indica que finalmente los estudiosos de la estratigrafía

del Antracolítico han empezado a analizar críticamente las fuentes de información, en lugar de aceptar sin discusión las afirmaciones de una u otra autoridad. Hace pocos días, he tenido la satisfacción de ver que Frenguelli (1943, 44) mediante la comparación de las floras, realizada con criterios críticos, llega a paralelizar las Lower Coal Measures (o sea, la « serie » de Greta) con una parte del Westfaliano (y, por consiguiente, del Moscoviano), el « piso glacial » de la « serie » de Kuttung con el Viseano y el « piso basal » con la parte superior del Tournaisiano de Europa. Estos resultados,

		W.SALOMON-CALVI 1932	H.J.HARRINGTON 1934	A.S.ROMER 1935	C.SCHUCHERT 1935	A.L. DU TOIT 1937 P.62	A.L. DU TOIT 1937 P.74	E.FOSSA-MANCINI 1940	J.FRENGUELLI 1943		
KAMILAROI	UPPER COAL MEASURES	PERMICO SUPERIOR		PERMICO SUPERIOR	PERMICO SUPERIOR	PERMICO SUPERIOR		PERMICO URALIANO			
	UPPER MARINE SERIES	PERMICO MEDIO					PERMICO MEDIO				
	LOWER COAL MEASURES	PERMICO INFERIOR	PERMICO	PERMICO INFERIOR	PERMICO MEDIO	PERMICO INFERIOR		MOSCOVIANO	MOSCOVIANO		
	LOWER MARINE SERIES	CARBONIFERO SUPERIOR					PERMICO INFERIOR				
KUTTUNG	GLACIAL STAGE	CARBONIFERO	CARBONIFERO	URALIANO		CARBONIFERO SUPERIOR	NAMURIANO	VISEANO	VISEANO		
	VOLCANIC STAGE			CARBONIFERO MEDIO							
	BASAL STAGE								CARBONIFERO INFERIOR		CARBONIFERO INFERIOR
BURINDI		CARBONIFERO INFERIOR									

Fig. 7. — Correlaciones indicadas (explícita o implícitamente) por algunos autores entre distintas formaciones marinas del Antracolítico de Nueva Gales del Sur y las unidades estratigráficas generales (sistemas, series o pisos).

de índole paleobotánica, están perfectamente de acuerdo con un esquema de correlación estratigráfica que publiqué algunos años atrás, acompañándolo con la advertencia de que « la posición que he asignado a los distintos miembros de la sucesión australiana (sistemas de Burindi, de Kuttung y de Kamilaroi) está en contraste absoluto con los conceptos que han sido expresados por los más eminentes cultores de la estratigrafía del hemisferio austral » (Fossa, 1940, 201, 202). Me alegra comprobar que hoy no podría repetir esta afirmación.

Para dar una idea de las divergencias entre distintos autores referentes a la edad de una u otra subdivisión del « sistema » de Kamilaroi y de las « series » de Kuttung y de Burindi, he confeccionado un diagrama comparativo (reproducido, en dos partes, en las figs. 6 y 7), utilizando apuntes

que habían tomado en varias ocasiones, sin tener el propósito de efectuar un estudio completo de la evolución de los conocimientos estratigráficos en Nueva Gales de Sur. Me imagino pues, que el diagrama adolece de omisiones; pero esto no me parece un defecto grave, por cuanto en este caso sólo he querido evidenciar, aduciendo ejemplos, las fuentes de confusión que se encuentran en la literatura geológica y paleontológica.

El perfil estratigráfico de la región del Hunter River es particularmente interesante, por cuanto la Upper Marine Series contiene formas de braquiópodos idénticas o muy parecidas a algunas de la Productus Limestone del Punjab y a otras del Uraliano de Rusia, mientras que en la Lower Marine Series se han hallado restos de moluscos que han sido argumento de largas discusiones.

La doble afinidad que presenta la fauna de braquiópodos de la Upper Marine Series ha causado sorpresa a todos los que han aceptado sin discutirla la afirmación de que la Productus Limestone del Punjab corresponde, en su totalidad, al Pérmico; pero para quien considere bien las cosas ello es justamente lo que forzosamente debía ocurrir, pues una parte considerable de la Productus Limestone es referible al Uraliano, por las razones que he expuesto en el capítulo X. Si ponemos en el Uraliano tanto la Upper Marine Series de Nueva Gales del Sur, como las secciones inferior y media de la Productus Limestone del Punjab, no sólo hallamos la explicación de las evidentes afinidades de tres faunas, sino que al mismo tiempo vemos que la presencia de plantas del Westfaliano en la Lower Coal Measures (Greta) es perfectamente normal. Este resultado está de acuerdo con los de los primeros estudios paleozoológicos metódicos que se efectuaron sobre material recogidos en la Upper Marine Series; me refiero especialmente a la obra de De Koninck (1876-1877), que contiene la descripción de 176 especies, 74 de las cuales son consideradas idénticas a especies del Carbonífero de Europa, siendo nuevas muchas de las restantes (Waagen, 1887, 162, 163).

Entre los moluscos hallados en la Lower Marine Series del Hunter River, los más interesantes, para nosotros, son los que han sido referidos a los géneros *Eurydesma* y *Agathiceras*.

David y Süssmilch (1931, 497-502) han afirmado que una especie de *Eurydesma* (*E. cordatum*) es abundante en cierto horizonte estratigráfico situado algo más arriba de la mitad de la Lower Marine Series, mientras que otra especie (*E. hobartense*) sólo es característica de la parte basal de la misma serie; y que en ambos casos los restos de *Eurydesma* se encuentran en la parte más alta de conglomerados glaciales. Harrington (1934, 327, fig. 3) ha expuesto claramente las ideas de David y Süssmilch en un perfil columnar.

Ya he manifestado, en el capítulo XII, mis ideas sobre el significado que puede tener la presencia de una u otra forma del género *Eurydesma*, he mencionado las dificultades que suele presentar la determinación especí-

fica de lamelibranquios de este tipo, y no he ocultado mi escepticismo acerca del valor paleontológico y estratigráfico de las « especies » instituidas sobre ejemplares fragmentarios de estos moluscos, cuya variabilidad individual podía ser considerable. Pero en aquél capítulo he omitido recordar que Frech (1902, 599, 600, 602, 641) ha sostenido la opinión de que su *Leiomyalina antarctica*, de las calizas con *Productus brachythraeus* de Tasmania, puede identificarse con formas de Nueva Gales del Sur y del Punjab que Dana y Waagen, respectivamente, describieron como *Eurydesma globosum*; no me consta que alguien haya demostrado que la afirmación de Frech es errónea y, por consiguiente, dudo hasta de la posibilidad de determinar correctamente el género de aquellos grandes lamelibranquios que, en el Carbonífero, preferían las aguas heladas que durante las fases glaciales rodeaban a las tierras que iban emergiendo para constituir luego el continente de Gondwana.

Cualquiera que sea la posición taxonómica que corresponde a las formas que solemos referir al género *Eurydesma*, sabemos que la posición estratigráfica de los estratos que las contienen en el Punjab y en Kashmir es suficientemente clara como para autorizarnos a afirmar que pueden equivaler a la parte inferior del Gsheliano o bien a una parte del Moscoviano. En la región del Hunter River la misma suposición resultaría menos verosímil, por cuanto la flora de la « serie » de Greta (o sea de las « Lower Coal Measures ») ya sugiere una edad Moscoviana; por consiguiente, me parece más probable que la Lower Marine Series, con sus dos niveles con *Eurydesma*, sea anterior al Moscoviano, mientras que las « Lower Coal Measures » pueden representar, en parte, el equivalente continental de la sección superior del Moscoviano.

Otro argumento esgrimido por algunos de los partidarios de la edad pérmica de la Lower Marine Series ha sido el supuesto hallazgo de ammonoideos del género *Agathiceras*. En el perfil columnar de Harrington (1934, 327) se observa, en la parte superior de la Lower Marine Series, una crucecilla que indica el nivel de donde procede un fósil que está designado de esta manera: « *Agathiceras micromphalum* (= *Bellerophon*?) ». Esta indicación parece significar que no se sabe si este fósil es un resto de un ammonoideo o de un gasterópodo; evidentemente bastaría esta duda para no atribuirle mucho valor para cualquier clase de correlaciones. Veremos dentro de poco lo que realmente se conoce acerca del dudoso fósil y lo que significaría la presencia de un típico *Agathiceras*. Entretanto, ya podemos formular la conclusión de que no sólo las series de Burindi y de Kuttung sino también la Lower Marine Series, las Lower Coal Measures y la Upper Marine Series deben incluirse en el Carbonífero, no pudiéndose descartar totalmente la posibilidad de que pertenezca igualmente al Carbonífero una parte de las Upper Coal Measures.

XVIII. LOS ESTRATOS CON « AGATHICERAS » Y LOS ESTRATOS
CON « PARALEGOCERAS »

La extraordinaria importancia estratigráfica que se ha atribuído a la presencia de una forma del género *Agathiceras* queda bien evidenciada por lo que escribió Frech a propósito de la edad de los « estratos de Muree » (de W. B. Clarke) cuya parte inferior está constituida por la Lower Marine Series. « Puede destacarse como un dato paleontológico importante la edad pérmica del único goniatites seguramente determinable de Australia. *Goniatites microphalus* Morris posee ornamentación espiral, forma esferoidal y lóbulos lanceolados y por consiguiente pertenece indudablemente (como lo notaron por primera vez Crick y Foord) al género *Agathiceras*, característico del Pérmico, que se presenta con la más amplia difusión en el otro hemisferio » (Frech, 1901, 591). Esta afirmación categórica fué aceptada y repetida por varios autores, sin que se les ocurriera averiguar en qué se fundaba la opinión de Frech. Uno de los aludidos autores es Schuchert quien, después de haber declarado que la sección de *Lethaea Geognostica* titulada « Die Dyas », y escrita por Frech, constituye « la mejor exposición, y la más comprensiva, del Pérmico marino », menciona el « aspecto pérmico inconfundible » de *Agathiceras micromphalum*, que hace pensar en *A. uralicum* del « Pérmico inferior » de Rusia ; y agrega que en Nueva Gales del Sur *A. micromphalum* ha sido hallado en la parte superior de la Upper Marine Series, en la parte inferior de la misma « serie » y en la Lower Marine Series (Schuchert, 1928, 881, 862, 863, 867, 868).

Si esto fuera cierto, *A. micromphalum* había sido hallado en un conjunto de estratos cuyo espesor mide muchas centenas de metros, lo cual significaría que esta forma no tiene mucho valor como indicador estratigráfico. Pero esta supuesta gran persistencia de *A. micromphalum* era fruto de un error que fué señalado por F. W. Whitehouse, profesor en la Universidad de Queensland, quien reveló, en una nota que no llegó a ser conocida por Schuchert, que los supuestos *Agathiceras* del Hunter River son gasterópodos de la familia *Bellerophonidae*. Pocos años después, L. F. Spath y H. D. Thomas, sin tener conocimiento de la nota publicada por Whitehouse, hicieron la misma comprobación en el material de idéntica procedencia que se conserva en Londres en el British Museum (Thomas, 1929, 947). Efectivamente Morris, en 1843, había denominado su nueva especie *Bellerophon micromphalus*, pero De Koninck, en 1876, la refirió al género *Goniatites* y Foord y Crick, en 1897, la pusieron en el género *Agathiceras* ; en 1908 Girty manifestó la sospecha de que se tratara realmente de un *Bellerophon* afín a cierta forma norteamericana, pero posteriormente no hubo, durante casi veinte años, quien formulara dudas acerca de la existencia de un *Agathiceras micromphalum*. Los datos que anteceden han sido mencionados por Cowper Reed,

a propósito del hallazgo de una forma comparable a *Bellerophon? micromphalus* en el Estado de Santa Catalina, en Brasil (Reed, 1930, 42).

Posteriormente a la publicación de Reed se supo que en el distrito del Hunter River el supuesto *Agathiceras* es muy abundante en cierto horizonte estratigráfico que se halla a unos trescientos metros debajo de la base de las Lower Coal Measures (horizonte indicado en el perfil columnar de Harrington) y, por consiguiente, en la Lower Marine Series; pero, en un horizonte estratigráfico mucho más alto, en la Upper Marine Series, se halló un ammonites con suturas visibles, que Etheridge refirió a *Agathiceras micromphalum* (David y Süssmilch, 1931, 500). En conclusión, un ammonoideo que ha sido llamado *A. micromphalum* se encuentra, al parecer, en el distrito del Hunter River, pero en la Upper Marine Series y no en la Lower Marine Series. Si fuera verdad que un *Agathiceras* ha de ser necesariamente del Pérmico, habría que poner en el Pérmico la Upper Marine Series.

Ahora conviene recordar que el género *Agathiceras* fué instituído por G. G. Gemmellaro al describir la interesante fauna de los « Klippen » de caliza que se observan, en medio de sedimentos del Eoceno, en el valle del Río Sosio, en Sicilia. Gemmellaro tituló su obra (1877-1899) *La fauna dei calcari con « Fusulina » della valle del Sosio*, pero posteriormente se afirmó que aquellas calizas no contienen *Fusulina* sino « *Schwagerina* » (Parona, 1924, 362); si la corrección fuera acertada, se trataría de calizas con *Pseudoschwagerina*, foraminífero que en la Plataforma Rusa caracteriza al Sakmariano, indicando la posibilidad de que las calizas antracólicas fosilíferas del valle del Río Sosio fueran del Carbonífero superior y no del Pérmico. No es fácil sacar conclusiones estratigráficas de las descripciones paleontológicas de Gemmellaro, pues ha referido todos los fósiles del valle del río Sosio a especies nuevas; y la dificultad resulta agravada por la gran abundancia de ammonoideos, que faltan o escasean en la mayor parte de los yacimientos fosilíferos del Antracólico. Aún si admitiéramos que las calizas con *Agathiceras elegans* del valle del Río Sosio son del Pérmico inferior, como lo han supuesto Haug (1908, 802) y Parona (1924, 360 y 361), o algo más recientes, esto no significaría de ninguna manera que todo *Agathiceras* debe proceder de estratos del Pérmico, pues sabemos que *Agathiceras uralicum* se halla en el Sakmariano de Rusia y no tenemos motivo alguno para afirmar que es ésta la especie más antigua del género.

Estas consideraciones me inducen a quitar toda importancia a la presencia de una especie de *Agathiceras* en la Upper Marine Series, por cuanto este género ya existía seguramente en el Uraliano y, posiblemente, aún antes. Por consiguiente, de comprobarse definitivamente que en la Upper Marine Series hubiera restos de alguna forma local de *Agathiceras*, podría admitirse igualmente que la Upper Marine Series corresponde a una fracción del Carbonífero, que no es necesariamente la más alta de todas.

La correlación de algunas « series » de Nueva Gales del Sur con los correspondientes de otras partes del sector oriental de Australia es relativa-

mente fácil por la considerable extensión horizontal de los conglomerados glaciales (o supuestos tales), de ciertos moluscos, y de ciertos braquiópodos; y aun en Tasmania los estratos que corresponden a la parte superior de la Lower Marine Series de Nueva Gales del Sur se dejan reconocer por la presencia de *Eurydesma cordatum* y los que corresponden a la Upper Marine Series se revelan tales por contener determinadas formas de *Productus*, de *Spirifer* y de otros braquiópodos. Las correlaciones estratigráficas entre la parte oriental y la parte occidental de Australia son posibles, en sus grandes rasgos, por cuanto se observan a menudo las mismas alternancias de sedimentos continentales y marinos; además, en ciertas capas de origen marino se encuentran algunas formas cosmopolitas, (o por lo menos de amplia difusión) de braquiópodos. Con la ayuda de estos fósiles se ha logrado establecer, por ejemplo, que las calizas de Callytharra del North West Basin de Western Australia corresponden efectivamente a la parte inferior de la Lower Marine Serie de Nueva Gales del Sur; pero en los estratos marinos más recientes (areniscas de Wooramel, Byro, Kennedy, y « serie de Wandagee ») se hallan especies de braquiópodos de amplia distribución vertical y especies de ammonoideos que parecen peculiares a la región, de manera que las correlaciones se basan esencialmente sobre los ciclos sedimentarios y no sobre los fósiles, a pesar de la presencia de ammonoideos, cuyo valor estratigráfico generalmente es tan ponderado.

En el distrito del Irwin River, Western Australia, se halló un nivel con abundantes restos de *Paralegoceras jacksoni* en una posición estratigráfica que, de acuerdo con la distribución de los conglomerados glaciales, parece corresponder al « piso » de Lochinvar, que muchos consideran como la parte basal de la Lower Marine Series de Nueva Gales del Sur. Según Thomas (1929, 947), Spath y Seward (David y Süßmilch, 1931, 517) estos estratos con *Paralegoceras* del Irwin River serían del Carbonífero superior. Gerth (1926, 11-13) y Harrington (1934, 326-328) los han considerado del Pérmico inferior; Miller (1933, 412) y Schuchert (1935, 34) del Pérmico medio. Las opiniones de estos autores no se basan sobre la distribución geográfica, limitadísima, de la especie *Paralegoceras* (o *Metalegoceras*) *jacksoni*, sino sobre la distribución estratigráfica del género *Paralegoceras*, sin atribuir importancia al hecho de que en los Estados Unidos *Paralegoceras texanum*, *P. newsoni* y *P. iowense* se hallan en grupos de estratos que han sido paralelizadas con los del Viseano, del Moscoviano inferior y del Moscoviano superior de Europa. En cambio Thomas (1929, 947), después de haber examinado varios ejemplares de *Paralegoceras jacksoni*, no ha vacilado en afirmar que esta especie presenta afinidades con formas del Carbonífero superior. Esto no debería causar extrañeza, pues al instituir el género *Paralegoceras*, Hyatt tomó por tipo *Goniatites iowensis* Meek y Worthen; y *P. iowense* ha sido hallado tanto en el Pennsylvaniano medio de Iowa como en el Missisipiano superior de Tejas (Smith, 1903, 93-102). Ya esto indica el escaso valor que presentan estos ammonoideos como indicadores crono-

lógicos ; y lo confirma el hecho de que la posición estratigráfica relativa de las capas que contienen restos de *Paralegoceras* (o de *Metalegoceras*, como ahora algunos prefieren llamarlos) no es la misma en todas las partes de Western Australia, pues en el distrito de Kimberley corresponden, según Teichert (1939, 93) a la sección media de la Lower Marine Series de Nueva Gales del Sur y no al « piso » de Lochinvar. Esta misma posición está indicada en un perfil columnar esquemático de Seward (1933, 170) que se refiere a Western Australia en general y no a un distrito determinado.

De las consideraciones que anteceden podemos sacar la conclusión de que los ammonoideos de Western Australia no proporcionan ningún argumento serio en favor de la edad pérmica de los estratos que los contienen y, por consiguiente, no pueden invocarse para sostener la opinión de que la Lower Marine Series de Nueva Gales del Sur es el del Pérmico. En realidad los estratos que contienen restos de *Paralegoceras* pueden pertenecer a cualquier piso del Carbonífero, con excepción del Tournaisiano.

XIX. EL PÉRMICO INFERIOR Y EL PENNSYLVANIANO SUPERIOR EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTE AMÉRICA

Ya me he referido a la confusión que los geólogos norteamericanos han introducido en los conceptos y en los términos estratigráficos que se refieren a una fracción no despreciable del Antracólítico ; también he recordado, en varias ocasiones, que la tendencia norteamericana hacia el rejuvenecimiento de estratos anteriormente atribuidos al Carbonífero superior ha tenido repercusiones lamentables en la clasificación y en la terminología de los sedimentos del Antracólítico de Europa, Asia y Australia.

La confusión se ha producido, a mi modo de ver, por haberse querido aplicar de preferencia, en las correlaciones cronológicas, criterios filogenéticos y paleogeográficos en lugar de fundarlas esencialmente en la identidad de ciertas formas de breve duración y de gran difusión geográfica. De esta manera, en los Estados Unidos se ha llegado a atribuir al Pérmico potentes series de estratos que contienen fósiles marinos que en la región típica (Rusia) se encuentran en el Carbonífero superior.

Las condiciones regionales que han llevado a este estado de cosas han sido expuestas en síntesis por Blackwelder.

« Entre los sistemas Pennsylvaniano y Pérmico raras veces hay interrupción alguna. En el este y en el oeste » (de Estados Unidos) « esto es tan cierto, que ha habido mucha discusión acerca de la posición exacta del límite entre los dos sistemas » (Blackwelder, 1910, 28).

« En la mitad oriental del país » (Estados Unidos) « las capas del Pérmico se hallan alrededor de la cabecera del Río Ohio. Allí ellas son simplemente una continuación de las Coal Measures del Pennsylvaniano, pero han sido referidas al Pérmico en base a lo que indican las plantas fósiles contenidas

en ellas. Casi en todas partes de los Estados Unidos las rocas del Pérmico yacen en concordancia sobre las del Pennsylvaniano » (Blackwelder, 1910, 30).

A menudo, no es posible distinguir con seguridad las plantas del Carbonífero superior de las del Pérmico, cuando se comparan estratos fosilíferos que pertenecen a una serie continua de sedimentos continentales que puede estudiarse en un distrito bien delimitado ; es evidente que la distinción debe ser aún menos factible cuando se quieren comparar restos de plantas coleccionados en lugares que están separados por el Océano Atlántico o por el Pacífico. En otro trabajo (Fossa, 1940, 208-210) he expuesto algunas razones que me inducen a suponer que la migración de las especies vegetales de un continente a otro en algunos casos puede haber requerido algunas decenas de millones de años, o sea períodos de tiempo considerablemente mayores que el que ha requerido la formación de un « piso » de la escala estratigráfica, por lo menos desde el Devónico en adelante.

Verosíblemente la difusión de las especies de animales marinos se ha producido menos lentamente ; por consiguiente los restos de animales marinos sirven mejor que los restos vegetales para las correlaciones. Sería razonable, pues, que los geólogos norteamericanos trazaran el límite entre Carbonífero y Pérmico fundándose en los restos de animales contenidos en las intercalaciones marinas, más bien que en los fragmentos de plantas enterrados en las capas de origen continental. Esto, sin embargo, no ha ocurrido, por cuanto no se ha tenido confianza en las indicaciones proporcionadas por las faunas. Por muchos años (1910, 1928, 1935) Schuchert ha sostenido que la fauna, tan rica en braquiópodos, de los estratos con *Pseudoschwagerina* del Uraliano de Rusia, ha llegado al Punjab sólo a mediados del Pérmico, es decir de doce a veinte millones de años después, si atribuimos al Pérmico, de acuerdo con Wilmarth (1925, 8), una duración de veinticinco a cuarenta millones de años. En este caso la velocidad media de difusión de la fauna resultaría de 150 a 250 kilómetros por millón de años en la hipótesis de que la distancia recorrida fuera igual a la que separa actualmente la Plataforma Rusa de la Salt Range ; pero si admitimos la movilidad de las masas continentales, podemos suponer que en el pasado la distancia fuera mayor. En el caso extremo de hallarse la Salt Range en los antípodas de la Plataforma Rusa, la velocidad media de difusión de la fauna habría sido de 1000 a 1700 kilómetros por millón de años, aproximadamente. Aun en este caso la velocidad de difusión de las faunas marinas resultaría muy pequeña, y su magnitud sería comparable a la velocidad de difusión de las floras continentales, lo cual es altamente inverosímil. En realidad estamos en presencia de la consecuencia palpable del error en que se incurrió al no querer reconocer que las faunas marinas de las secciones inferior y media de la Productus Limestone de la Salt Range corresponden aproximadamente al Uraliano de la Plataforma Rusa. Este error engendró necesariamente otros, por cuanto se quiso determinar la edad de faunas antracólicas marinas de América por

comparación con la de distintas secciones de la Productus Limestone, cuya posición cronológica había sido erróneamente determinada. Al mismo tiempo no se atribuyó la debida importancia al hecho de que ciertas formas de animales o de plantas pueden sobrevivir en algunas regiones después de haber desaparecido en otras y, por consiguiente, se dió excesivo peso a la presencia de una o pocas especies, despreciando las indicaciones que podían traerse del conjunto de la fauna; y de esta manera la mayoría de los geólogos norteamericanos llegó a poner en el Pérmico inferior toda la Big Blue Series de Kansas a pesar de que la fauna de sus intercalaciones marinas tiene pronunciado aspecto uraliano y que *Pseudoschwagerina* caracteriza a la tercera de las cinco zonas que componen la « serie ». Se ha creído hallar una justificación suficiente de la posición cronológica así asignada a la Big Blue Series en el hallazgo de restos de *Callipteris conferta* en la más alta de las cinco zonas; evidentemente se partía del postulado de que una zona con *Callipteris conferta* debe marcar el límite superior del Pérmico inferior (en el sentido que atribuyen a esta expresión los partidarios de la tripartición del sistema) por la sencilla razón que en el oeste de Europa constituye la zona superior del Autuniano. Los geólogos norteamericanos que siguen la tendencia dominante ponen también en el Autuniano de Europa una zona con *Pseudoschwagerina* (Moore, 1937, 671); es ésta una posición anómala, que se explica por el hecho de que en algunos pocos lugares de Europa (especialmente en la cuenca carbonífera del Donetz) se ha comprobado que una forma de *Pseudoschwagerina* persiste en horizontes estratigráficos superiores a aquellos en que aparecen restos de plantas que se consideran característicos del Pérmico.

En la tercera edición del tratado de geología histórica de Schuchert, redactada con la colaboración de Dunbar, vemos que la Big Blue Series de Kansas y Nebraska consta de cuatro « formaciones », designadas en orden descendiente con los nombres de Wellington, Marion, Chase y Council Grove. Según estos autores, la Wellington Formation corresponde a las Speckled Sandstones del Punjab; la Marion Formation a los depósitos glaciales de Talchir de la India y, a la vez, a la parte superior del Uraliano de Rusia; la Chase Formation y la Council Grove Formation equivalen, respectivamente, a la parte media y a la inferior del Uraliano de Rusia (Schuchert y Dunbar, 1933, 272). Es evidente pues que en el concepto de Schuchert y Dunbar la Big Blue Series es el equivalente cronológico de unidades estratigráficas que, por las razones que hemos visto en los capítulos VII y X, corresponden al Carbonífero y no al Pérmico. La misma obra nos indica, en la misma página, que la Rico Formation de Colorado corresponde a la Council Grove Formation de Kansas y que la Wolfcamp Formation del oeste de Tejas, como también la Wichita Formation de Oklahoma y del Norte de Tejas, equivalen a la mitad inferior de la Big Blue Series, o sea, al conjunto constituido por las formaciones de Chase y de Council Grove. Estas relaciones ya serían suficientes para demostrarnos que todas las « se-

ries » y « formaciones » norteamericanas que he nombrado en este párrafo deberían referirse lógicamente al Carbonífero, aunque los geólogos norteamericanos están acostumbrados a incluirlas en el Pérmico.

En la cuarta edición del mismo tratado, Schuchert y Dunbar toman las montañas de Guadalupe de Texas y New Mexico como región típica para el Pérmico norteamericano, que subdividen en cuatro « series » que, en orden descendente, reciben los nombres de Ochoa, Guadalupe, Leonard y Wolfcamp ; y los autores advierten que « the Wolfcamp series... is characterized by distinctive fossils of which the large ventricose foraminifer *Pseudoschwagerina*, is most diagnostic » (Schuchert y Dunbar, 1941, 282, 283).

La presencia de especies de *Pseudoschwagerina* en la Wolfcamp Formation y su importancia para las correlaciones estratigráficas con el Antracólítico europeo fué señalada por Beede y Kniker (1924, 30-32) casi veinte años atrás ; pero ellos, en lugar de referir estos estratos con *Pseudoschwagerina* al Carbonífero, como lo hacían todos, entonces, en Rusia, sostuvieron que correspondía incluir la Wolfcamp Formation en el Pérmico. Los mismos autores habían hallado *Pseudoschwagerina* en la caliza de Neva de la formación de Council Grove, en Kansas, e igualmente la pusieron en el Pérmico. Nótese que en estos estratos norteamericanos con *Pseudoschwagerina* también abunda en género *Triticites* que en la Plataforma Rusa se considera característico del Gsheliano, aunque está representado todavía en la parte inferior del Sakmario. La inclusión de la Wolfcamp Series y de la Council Grove Formation en el Pérmico fué aceptada y recomendada por D. White (1926), Schuchert (1928) y Moore (1932) ; naturalmente casi todos los geólogos norteamericanos adoptaron pronto la opinión formulada por investigadores tan eminentes, sin discutir si ella respondía o no a las exigencias de la lógica. El único autor norteamericano reciente que, reconociendo la edad carbonífera de los estratos con *Pseudoschwagerina*, ha referido al Carbonífero superior casi toda la Big Blue Series de Kansas y toda la Wolfcamp Series del Oeste de Tejas es, por lo que me consta, Romer (1935) ; los argumentos que aduce en favor de su opinión son de índole estrictamente paleontológica y se fundan principalmente en los restos de vertebrados del Antracólítico hallados en los Red Beds de Tejas. Según Romer, corresponde al Pérmico sólo la sección superior (Wellington Formation) de la Big Blue Series ; las otras cuatro (Summer, Chase, Council Grove y Admire) pertenecen al Carbonífero superior, y de acuerdo con los datos expuestos por Romer, parecen equivaler a todo el Sakmario y la parte más alta del Gsheliano.

Creo innecesario prolongar la discusión sobre el problema del límite entre Carbonífero y Pérmico en la América del Norte. No tengo la pretensión de convencer a los geólogos norteamericanos de que, en lo que se refiere a este límite, ellos no se ajustan a los principios generales de la sistemática estratigráfica ; ni sería razonable suponer que ellos abandonen, aún reconociéndolo errónea, la costumbre de poner la Wolfcamp Series (y las unida-

des estratigráficas equivalentes) en el Pérmico, pues es una costumbre ya vieja, que se ha profundamente arraigado en los Estados Unidos. Lo único que me interesa es dejar sentado que, en mi opinión, en los Estados Unidos la parte más alta del Carbonífero está representada por la Wolfcamp Series del Oeste de Tejas y por las unidades estratigráficas que, en otras regiones, le corresponden (Big Blue Series de Kansas, Nebraska y Oklahoma; Rico Formation de Colorado, Arizona y Utah; Phosphoria Formation de Wyoming; Abo Formation del centro de New Mexico; Hueco Formation del Sur del mismo estado y del Oeste de Tejas; Belle Plains, Admiral, Putnam, Moran Formations de la Wichita Series del centro y norte de Tejas).

Esta distinción que he querido hacer entre el límite arbitrario adoptado por casi todos los geólogos norteamericanos y el límite que me parece lógico conforme a los principios en que se funda la escala estratigráfica internacional, no carece de importancia práctica. Creo haberlo demostrado ya en otro trabajo (Fossa, 1943, 68-70), donde he señalado que *Pseudomonotis speluncaria* no debe considerarse característica del Pérmico; en realidad, fué hallada en la Council Grove Formation de la Big Blue Series, que todos los autores recientes norteamericanos, salvo Romer, ponen en el Pérmico aunque corresponde al Carbonífero superior. La presencia de *P. speluncaria* en ciertos estratos que afloran cerca de la desembocadura del Río Choapa, en Chile, había sido considerada como una prueba de que ellos son del Pérmico, aunque contenían varios otros fósiles relativamente comunes en el Carbonífero; es éste un ejemplo de cómo el error estratigráfico de los norteamericanos puede tener repercusión en la parte austral de este continente.

XX. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN LA REGIÓN DEL LAGO TITICACA (BOLIVIA Y PERÚ)

A) OBSERVACIONES, COLECCIONES Y DETERMINACIONES DE D'ORBIGNY

El 4 de junio del año 1833, D'Orbigny salió de la Paz con el propósito de efectuar un largo viaje en la parte nordeste de Bolivia; entre otras cosas se proponía estudiar el Nevado de Sorata. El 7 de junio ya estaba en el borde del lago Titicaca y de la península de Aigachi pasaba, sin bote, a las « islas » de Amasa, Tirasa y Quebaya, estando Amasa conectada a la península de Aigachi y a Tirasa por angostos istmos. D'Orbigny (1844, 350) describe la isla de Amasa como « una alta montaña constituida por mármoles negros y azulados del período carbonífero, absolutamente idénticos por su aspecto a aquellos de los alrededores de Tournai, en Bélgica ». De allí pasó a la isla de Tirasa, y de ésta a la de Quebaya que, « como las otras dos, está formada por hermosos mármoles azulados y negros, llenos de conchas fósiles ». Desde Quebaya vió la isla de Pariti, adonde no podía llegar por falta de bote. De Quebaya regresó, siempre a pie y volviendo a pasar por Tirasa,

hasta una pequeña aldea de pescadores, que llama Patatani, situada en la costa de Amasa. Esta aldea, cuyo verdadero nombre parece ser Patapatani (Dereims, 1914, 7) se halla al pie de altas barrancas de calizas marmóreas negras fosilíferas. En las primeras horas de la mañana siguiente (8 de junio), D'Orbigny coleccionó fósiles del Carbonífero en las inmediaciones de la aldea y luego salió en bote para Huarinas, donde arribó en la tarde del mismo día.

Entre los fósiles hallados durante los primeros dos días (7 y 8 de junio) en las calizas negras y azuladas de las « islas » del Lago Titicaca, había ejemplares de *Productus* y de *Spirifer* que convencieron a D'Orbigny que efectivamente había descubierto el Carbonífero en Bolivia. Pero el estado de conservación de la mayor parte de estos ejemplares era deficiente y los determinables pertenecían a pocas formas, a saber: *Productus bolivianus*, *P. cora* y *Spirifer condor*, hallados cerca de Patatani, y *Spirifer pentlandi* que D'Orbigny dice haber recogido en la isla de Pariti, donde sabemos que no estuvo. Probablemente el lugar del hallazgo se halla en la isla de Quebaya, en la cual también recolectó un resto de gasterópodo que denominó *Solarium antiquum* (D'Orbigny, 1842, *Géologie*, 124; 1842, *Paléontologie*, 42, 48, 55; 1844, 350-352; 1846, 240-242). Nótese que con el descubrimiento de estas pocas formas de *Productus* y de *Spirifer* el problema de la edad de las calizas marmóreas negras del Lago Titicaca quedaba resuelto a los ojos de D'Orbigny, dado que él creía que el Carbonífero fuera una unidad estratigráfica indivisible (« un seul tout, un seul étage ») cuya fauna se había originado por el tercer acto creativo y estaba destinada a ser exterminada por la tercera catástrofe, de acuerdo con las ideas que profesaba y defendía. Como todo buen catastrofista, D'Orbigny no podía pensar en utilizar los fósiles para distinguir el Carbonífero superior del Carbonífero inferior. Es verdad que no podía ignorar que en la cuenca hullera franco-belga y en Inglaterra varias especies de *Productus* y de *Spirifer* se hallan en la parte inferior del Carbonífero (Anthracifère, Mountain Limestone) y no en la parte superior, productiva (Huiller, Coal Measures), pero ésto resultaba perfectamente explicado por el origen continental de los sedimentos asociados con los mantos de carbón. En cuanto a la semejanza con el mármol negro de Tournai notada por D'Orbigny, puede observarse que en todo el Carbonífero son relativamente frecuentes calizas negras con braquiópodos, lo cual indica simplemente que los braquiópodos del Carbonífero prosperaban en fondos marinos constituídos por fangos calcáreos muy impuros por sustancias bituminosas o carbonosas fina y uniformemente diseminadas. Ahora sabemos que en Bélgica, y aún a poca distancia del Tournai, hay canteras de « mármol » negro en la parte más superior y en la más inferior del Viséano y en las secciones superior y media del Tournaisiano. Por esta razón la analogía entre las calizas del Lago Titicaca y el mármol de Tournai, aunque real, no constituye ningún indicio de la contemporaneidad de estos sedimentos calcáreos, admitida implícitamente por D'Orbigny.

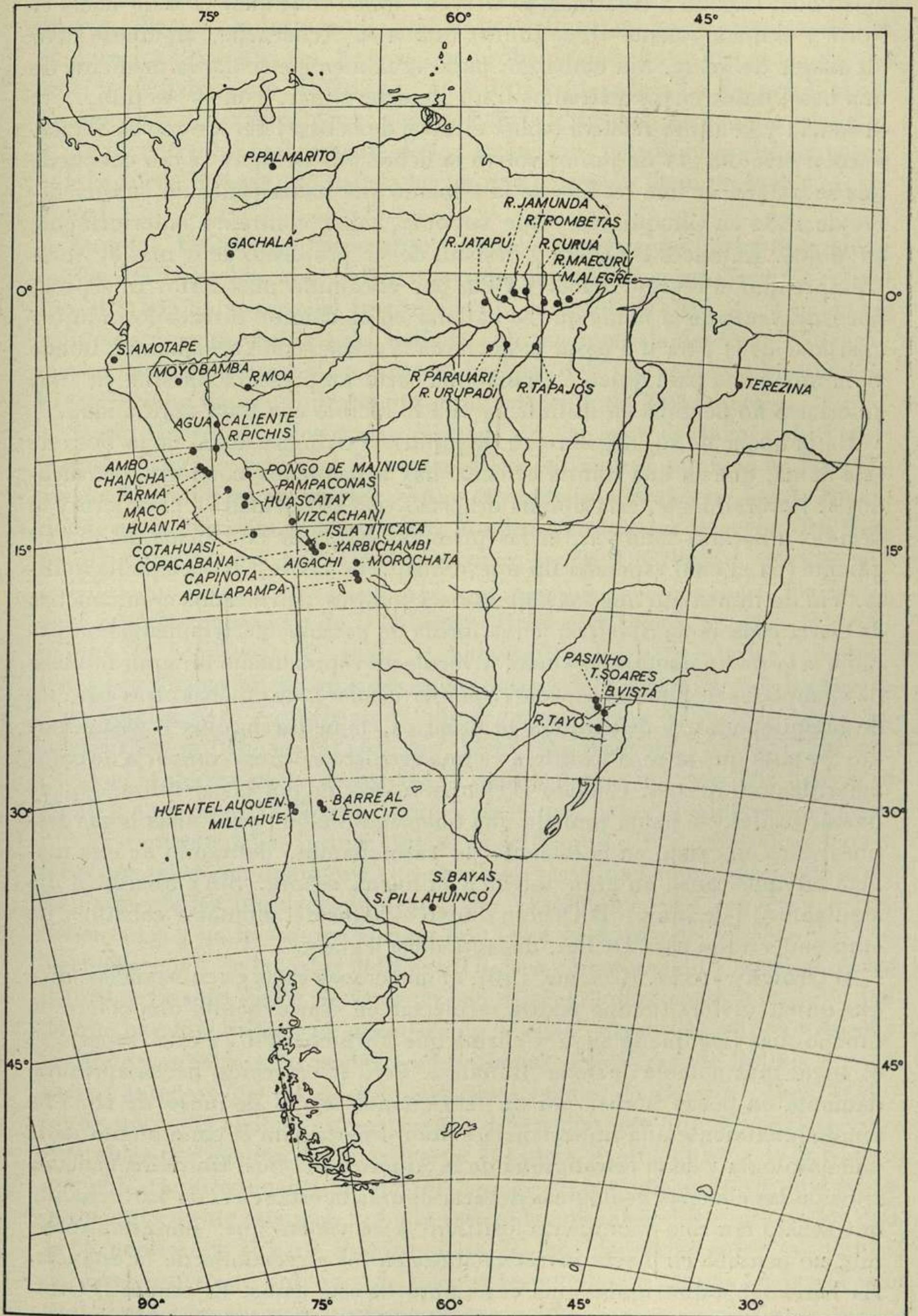


Fig. 8. — Ubicación de algunos afloramientos fosilíferos mencionados en las páginas siguientes

No bien llegado a Huarinas. D'Orbigny quiso continuar el viaje hacia el Norte y el día siguiente (9 de junio) estaba en Achacache, en donde tuvo un ataque de fiebre. Sin embargo, pudo igualmente efectuar la medición de una base, desde cuyos extremos trató de determinar, con su teodolito, la distancia y la altura relativa (sobre el nivel de la base) del Nevado de Sarata. Pero al otro día (11 de junio) volvió la fiebre y D'Orbigny se dió cuenta de que se trataba de una recaída de la terciana que había padecido en diciembre de 1832 en Chuquisaca y que suponía haber contraído anteriormente en Mojos. Entonces D'Orbigny desistió de su propósito de ir más al Norte y emprendió el regreso hacia La Paz por el camino más corto. El aspecto poco atrayente de la fonda que se hallaba en el camino directo lo indujo a apartarse de él para ir a pasar la noche en la estancia de Yarbichambi, donde vivía una dama para quien él tenía una carta de presentación que en días anteriores no pensaba en utilizar; y ella lo recibió con toda cordialidad.

En la noche de su llegada (12 de junio) D'Orbigny oyó, de la boca de esta dama, que en una lomita cercana hay «pequeños cóndores petrificados». Naturalmente, esta noticia despertó viva curiosidad en el viajero y lo decidió a hacerse conducir, en las primeras horas de la mañana del día siguiente (en el cual esperaba un nuevo ataque de fiebre), hasta aquella lomita. Vió de inmediato que los supuestos cóndores petrificados eran conchas de cierta especie de *Spirifer*, cuya forma le pareció efectivamente comparable a la de un cóndor en vuelo, y recolectó rápidamente un gran número de ejemplares de aquella especie (*Spirifer condor*), de muchas otras especies de braquiópodos, y de algunos briozoarios, lamelibranquios y gasterópodos; y notó que la roca fosilífera es una arenisca calcárea compacta de color amarillento o rosado. Cuando D'Orbigny, vencido por la calentura, dejó de buscar fósiles, ya había juntado una buena colección; pero unas horas después yacía en cama, en la estancia de Yarbichambi, delirando de una manera tal que causó un gran miedo a la buena señora. Sin embargo el día siguiente (14 de junio) D'Orbigny tuvo el valor de montar a caballo y de emprender viaje para La Paz, distante doce leguas.

D'Orbigny (1842, *Géologie*, 126), al mencionar estas circunstancias, dice que quien tuviera tiempo podría recolectar en Yarbichambi una colección mucho más rica que la suya y afirma que Yarbichambi «a este respecto es el lugar más notable de toda Bolivia». Pero la colección hecha apresuradamente en pocas horas, por un febricitante, el 13 de junio de 1833 ha tenido igualmente una importancia extraordinaria para el conomiento de la paleontología y de la estratigrafía de la América del Sur. Entre los beneméritos de las ciencias geológicas debería figurar la estanciera de Yarbichambi que señaló tan rico yacimiento fosilífero a un viajero que, por estar enfermo, no pensaba en hacer investigaciones en los alrededores de la estancia. Es lamentable que ignoremos el nombre de esta dama. El propio D'Orbigny, en el tiempo en que redactaba su voluminosa obra, había olvidado cómo se llamaba su amable hospedadora (D'Orbigny, 1844, 357).

Me he referido algo extensamente al episodio de Yarbichambi, porque he querido destacar la influencia de lo imprevisto sobre los resultados de las exploraciones geológicas. Es más que probable que, de no haber tenido una recaída de paludismo, D'Orbigny no habría regresado a La Paz por el camino que pasa por Yarbichambi y no se habría hospedado en aquella estancia; y, de no enterarse casualmente de los « cóndores petrificados » al conversar con la dueña de casa, no habría hecho una colección de importancia excepcional.

En total, D'Orbigny ha descrito veintiséis especies del Carbonífero de la región del Lago Titicaca. Salvo una (que determinó como *Spirifer roissyi* Leveillé) son todas especies instituídas por el propio D'Orbigny. Una de las veintiséis especies había sido hallada sólo en una isla del Lago Titicaca; cuatro habían sido recogidas tanto en las islas del lago como en Yarbichambi; veintiuna figuran únicamente en la colección de Yarbichambi.

Según D'Orbigny, dos de las especies de las islas del lago y de Yarbichambi (*Spirifer roissyi* y *S. pentlandi*) se encuentran también en las calizas del Carbonífero de Bélgica, y una (*Productus villiersi*) en las de Rusia, donde sería más conocida bajo otro nombre (*Productus cancrini* De Verneuil). Otras formas bolivianas presentan, según D'Orbigny, grandes afinidades con formas europeas. Así, por ejemplo, en el género *Productus* siete especies bolivianas de D'Orbigny (*Productus capaci*, *P. inca*, *P. peruvianus*, *P. boliviensis*, *P. andii*, *P. humboldti* y *P. cora*) estarían representados por formas muy parecidas en las calizas del Carbonífero de Inglaterra y de Bélgica, y se requerirían estudios comparativos minuciosos para no incurrir en confusiones (D'Orbigny, 1842, *Paléontologie*, 58, 59). En realidad en la mayor parte de los casos las semejanzas no son tan marcadas como le parecía a D'Orbigny; pero a veces, por haber ejemplares que difieren ligeramente de las formas típicas, resulta muy difícil especificar caracteres que permitan distinguir con absoluta seguridad una especie de otra. Actualmente las afinidades indicadas por D'Orbigny están, en gran parte, descartadas y no hay quien afirme, hoy, que la fauna del Carbonífero de Yarbichambi y de las islas del Lago Titicaca corresponden a aquellas de las calizas negras de Visé y de Tournai; en cambio, todos tenemos la seguridad de que hay una diferencia considerable de edad, siendo las calizas negras y las areniscas calcáreas rosadas y amarillentas, fosilíferas, de Bolivia mucho menos antiguas que las calizas marmóreas negras de Bélgica. Pero D'Orbigny no podía atribuir importancia a diferencias que hoy nos parecen considerables por cuanto, oponiéndose a las ideas evolucionistas y creyendo que el Carbonífero constituyera un « piso », no podía admitir que en la parte superior de este piso hubiera restos de animales diferentes de los que se encuentran en la parte inferior. Para él, las diferencias entre las faunas del Carbonífero de Bolivia y de Europa respondían a causas geográficas o ecológicas y no a distintos grados de evolución.

Algunas de las especies instituídas por D'Orbigny sobre material colec-

cionado por él en Yarbichambi han sido señaladas posteriormente en otras regiones de este continente, de Europa y de Asia, comprobándose que ciertas formas de *Productus* como *P. cora*, *P. boliviensis*, *P. inca*, *P. capaci* y *P. humboldti* poseen una difusión geográfica enorme. En ciertos casos es difícil separar estas formas de algunas especies anteriormente conocidas en Europa, pues unas y otras a menudo son polimorfas; si identificáramos aquéllas con éstas, como lo hicieron Salter y otros, la difusión geográfica resultaría aún mayor. En cuanto a la distribución cronológica, hoy sabemos que muchas de las especies instituidas por D'Orbigny sobre material de Yarbichambi han sido halladas en varios pisos del Carbonífero y hasta en el Pérmico de otros continentes, pero también está comprobado que ellas son particularmente frecuentes en el Uraliano.

B. COLECCIONES DE FORBES Y DETERMINACIONES DE SALTER

Al parecer, el segundo geólogo que visitó los afloramientos del Carbonífero del Lago Titicaca fué Forbes, quien recogió numerosos fósiles entre Tiquina y La Guardia, en el istmo de Copacabana (Forbes, 1861, 49-50). Estos fósiles fueron estudiados por Salter (1861, 64) quien reconoció entre ellos cinco de las formas halladas por D'Orbigny en Yarbichambi; pero según Salter dos de estas formas (*Productus inca* y *P. capaci*) serían idénticas a dos especies de las calizas del Carbonífero de Gran Bretaña (*Productus semireticulatus* y *P. longispinus*).

Estas identificaciones fueron aceptadas sin discusión por Forbes, pero posteriormente han sido consideradas erróneas por casi todos los autores que se han ocupado de la sistemática de los *Productidae* o de la estratigrafía del Carbonífero marino.

C. COLECCIONES DE AGASSIZ Y DETERMINACIONES DE DERBY

A. Agassiz, en un viaje de exploración en el Lago Titicaca y sus alrededores, recogió regular cantidad de fósiles en la isla Titicaca, en la Isla de Coati y especialmente en un lugar situado cerca de la punta norte de la península de Copacabana, llamado Yampoyata (o Yampuyata) y entonces interesante por haberse descubierto una mina explotable de carbón fósil de calidad bastante buena (Agassiz y Garman, 1876, 284). Los fósiles recolectados por Agassiz fueron estudiados por Derby (1876, 279-282) quien halló entre ellos cinco de las formas de Yarbichambi, pero creyó que tres de ellas fueran idénticas a tres especies norteamericanas descritas con anterioridad. Según Derby, *Spirifer condor*, *Spirifer roissyi*, *Productus inca* serían sinónimos de *Spirifer cameratus*, de *Athyris subtilita* (hoy más conocida bajo el nombre de *Composita subtilita* y considerada por muchos idéntica a *Seminula argentea*)

y de *Productus costatus*, respectivamente ; en su opinión, sólo las dos restantes, o sea *Productus cora* y *Euomphalus antiquus*, serían especies válidas. Llama la atención el hecho de que entre los fósiles de la región del Lago Titicaca un paleontólogo inglés (Salter) creía reconocer especies del Carbonífero inferior de Inglaterra y un paleontólogo norteamericano (Derby) creía reconocer especies del Carbonífero superior de Estados Unidos. Esto se explica por un lado con el polimorfismo de muchas especies de *Spirifer* y de *Productus* y por otro lado con una tendencia general que nos induce a buscar en lo nuevo algo que ya nos es familiar, de manera que en el primer momento vemos las semejanzas y no apreciamos debidamente las diferencias. Recuerdo, de paso, que el hábito de examinar determinados grupos de fósiles, o sea la estricta especialización, lleva al resultado opuesto, y entonces corremos el peligro de instituir un número excesivo de especies nuevas, fundándolas en diferencias que nos parecen importantes, aunque resultan imperceptibles para otros. No hay que olvidar el carácter eminentemente subjetivo de las determinaciones específicas de los paleontólogos y, por consiguiente, no hay que atribuir mucha importancia a las discrepancias que se notan en los escritos de autores de tendencias distintas.

D. COLECCIONES DE RAIMONDI Y DETERMINACIONES DE GABB

Raimondi recogió en la isla Titicaca unos cuantos fósiles que luego fueron estudiados y descritos como provenientes del Perú, por Gabb (1881, 302-303). Entre ellos hay dos formas identificadas por Gabb con *Fusulina cylindrica* y *Productus cancrini* (especies que son comunes en Rusia en el Moscoviano y en el Pérmico, respectivamente), juntamente con dos especies instituidas por D'Orbigny sobre ejemplares de Yarbichambi y tres especies nuevas. Debemos recordar, a este propósito, que el propio D'Orbigny (1842, *Paleontologie*, 58) alude a la posibilidad de que *P. cancrini* De Verneuil y *P. villiersi* D'Orbigny correspondan a una misma especie.

Al final de su artículo, Gabb presenta una sinopsis de la paleontología sudamericana, en la cual *Spirifer condor* aparece como sinónimo de *S. striatus*, especie relativamente común en el Carbonífero inferior de Europa.

E. ESTUDIOS DE H. E. GREGORY

En 1912 H. E. Gregory y K. C. Heald efectuaron un estudio geológico metódico, aunque ligero, de la Isla Titicaca y, en aquella ocasión, hicieron una colección de fósiles que entregaron a la Yale University ; Schuchert los examinó, manifestó que tenían un « aspecto Pennsylvaniano característico », y dejó esperar que en el futuro publicaría una descripción de esta colección. A Gregory (1913, 204-206) le debemos un bosquejo geológico de

la isla acompañado por un sucinto resumen de los resultados de los estudios anteriores, pero en su artículo no hallamos ningún dato paleontológico nuevo.

F. COLECCIONES DE DEREIMS Y ESTUDIOS DE KOZLOWSKI

Entre 1902 y 1905, Dereims, mientras realizaba, por cuenta del gobierno de Bolivia, una serie de estudios geológicos en busca de carbón mineral en la altiplanicie, recolectó fósiles de Antracolítico en varios lugares, inclusive en el mismo sitio en donde D'Orbigny hizo su gran colección. En este lugar (cerritos de Catavi, unos dos kilómetros al norte de la estancia de Yarbichambi) Dereims halló todas las especies descritas por D'Orbigny y, además, muchos ejemplares de *Fusulinidae* y dos de trilobites (que refirió al género *Phillipsia*). También recogió numerosos fósiles en las inmediaciones de Patapatani, que es el mismo lugar de la isla de Amasa (o de Aigachi, como la llama Dereims) en donde D'Orbigny había coleccionado ejemplares de cuatro especies. Dereims no logró hallar algunas de estas especies, pero recolectó ejemplares de la mayor parte de las formas de la fauna de Yarbichambi (Dereims, 1914). Otros importantes hallazgos del mismo viajero serán mencionados más adelante, en el capítulo XXI, al referirnos al Carbonífero marino del departamento de Cochabamba.

Estas colecciones de Dereims, conservadas en el Museo de Historia Natural de París, fueron confiadas para su estudio a Kozlowski, quien pudo hacer comparaciones con los tipos de D'Orbigny, cuyas colecciones también se guardan en el mismo museo.

La monografía de Kozlowski (1914) tiene una importancia extraordinaria y, en conjunto, es excelente. Sin embargo presenta el inconveniente de que no especifica la procedencia de los individuos referidos a una u otra forma, salvo en el caso de los ejemplares reproducidos en las láminas. En las leyendas de las láminas figuran dos lugares de la región del Lago Titicaca (Yarbichambi y Aigachi) y tres del departamento de Cochabamba. Estas indicaciones de las láminas son evidentemente incompletas, pues vemos representadas, entre los fósiles de Yarbichambi, sólo nueve de las formas halladas por D'Orbigny en este lugar; y entre las nueve especies no está *Spirifer condor*, cuya presencia en la fauna de Yarbichambi es segura por cuanto los moradores de la estancia habían notado esta forma ya antes de la llegada de D'Orbigny. Evidentemente Kozlowski estaba seguro de que los fósiles coleccionados por D'Orbigny y por Dereims en distintos lugares proceden de un mismo horizonte estratigráfico y, por consiguiente, no creía necesario hacer distinciones entre los ejemplares de una u otra procedencia.

Después de una diligente revisión del material descrito e ilustrado por D'Orbigny, Kozlowski aceptó la mayor parte de las determinaciones específicas hechas setenta años antes. Sólo consideró *Productus inca* como una

variedad de *P. semireticulatus* y eliminó *P. gaudryi* y *P. andii* por considerarlos sinónimos de *P. boliviensis* y de *Derbya buchi* (o sea, de *Orthis buchi* D'Orbigny), respectivamente.

A juicio de Kozlowski, *Productus lineatus* Waagen, del Punjab, y *P. ovatus* Hall, de Illinois, son sinónimos de *P. cora*; además *P. porrectus* Katorga y *P. koninckianus* de Verneuil (dos formas de Rusia) son sinónimos de *P. peruvianus* y de *P. villiersi*, respectivamente.

La monografía de Kozlowski también comprende interesantes datos acerca de la distribución geográfica y estratigráfica de las especies halladas en la región del Lago Titicaca por D'Orbigny y por Dereims; la discusión de estos datos lleva a Kozlowski a la conclusión de que los estratos fosilíferos de Yarbichambi y de Patapatani corresponden al Uraliano típico de Rusia.

G. COLECCIONES Y ESTUDIOS DE DOUGLAS

En la península de Copacabana y al Oeste del estrecho de Tiquina, Douglas (1914) observó un conjunto de estratos calcáreos fosilíferos, espeso unos cientos de metros. Entre los fósiles que coleccionó en aquellas calizas reconoció *Productus cora* y *Spirifer condor* y halló otras siete formas comparables a especies conocidas, aunque no identificables sin reservas. En la opinión de Douglas, la mayor parte de sus fósiles indica una edad Uraliana y unos pocos parecen más bien afines a formas del Pérmico; Douglas especifica que las formas del « Pérmico » a que se refiere son las de la Salt Range y de Nuevo Méjico ilustradas por Waagen y Girty respectivamente. Sabemos que en realidad una parte de estas formas proviene del Carbonífero superior y no del Pérmico y por lo tanto no podemos atribuir importancia a la presencia de formas cuyas afinidades con especies características del Pérmico no han sido comprobadas.

Es muy interesante un corte geológico esquemático en el cual Douglas (1914, 30) condensa los resultados de sus observaciones a ambos lados del estrecho de Tiquina. En la parte izquierda, que corresponde a una parte de la península de Copacabana, vemos una sucesión de estratos del Antracolíptico que aquí constituye el flanco derecho de un anticlinal. En esta sucesión observamos dos grupos de estratos calcáreos fosilíferos. El grupo superior parece caracterizado por la presencia de *Euphemus* cf. *indicus*, *Seminula ambigua* mut., y *Spiriferina* aff. *cristata*; el inferior se distingue por la presencia de *Productus cora* y *Spirifer condor*. El corte no está acompañado por la indicación de la escala, pero deja ver el estrecho de Tiquina cuyo ancho, según Douglas, mide aproximadamente media milla. Este dato nos da una idea de la escala horizontal del corte, que debe ser de aproximadamente 1 : 20.000 si el corte pasa por la parte más angosta del estrecho, y que es necesariamente más pequeña en el caso contrario. Si la escala horizontal es de 1 : 20.000 y la escala vertical es igual a aquélla, la distancia

entre los estratos calcáreos con *Euphemus*, *Seminula* y *Spiriferina* y aquellos con *Spirifer condor* y *Productus cora* sería de 500 ó 600 metros; y, naturalmente, sería mayor si la traza del corte no coincidiera con el ancho mínimo del estrecho de Tiquina.

Este espesor considerabilísimo del conjunto de estratos fosilíferos marinos puede hacernos sospechar que ellos correspondan a varios pisos o aun a distintas series. Evidentemente así puede ser. Entre los fósiles recolectados por Douglas hay sólo dos formas identificadas sin reservas (*Spirifer condor* y *Productus cora*), tres « mutaciones » de especies ya conocidas, cuatro formas comparables o afines a especies notas, y tres formas determinadas sólo genéricamente. *Spirifer condor* y *Productus cora* nos autorizan a suponer que los estratos que los contienen equivalen a una parte del Gsheliano, pero las formas que caracterizan las calizas superiores pueden ser también del Gsheliano, o bien del Sakmariano o aun más recientes. Por otra parte no hay que olvidar que el espesor de las formaciones calcáreas puede variar mucho de un lugar a otro, habiendo ejemplos, en el Paleozoico y en el Mesozoico, de acumulaciones calcáreas de varios cientos de metros de espesor que contienen en todo su espesor fósiles característicos de un mismo piso. Lo he comprobado personalmente, midiendo espesores de las dolomías con *Conchodon* en los alrededores de Varese y de las calizas macizas del Apenino central, en lugares donde puede excluirse que haya habido aumento de espesor aparente por complicaciones tectónicas. Por estas razones, creo que las observaciones de Douglas corroboran la suposición de que las calizas fosilíferas de la península de Copacabana corresponden, en parte o totalmente, al Uraliano, sin autorizarnos a excluir que su parte más superior equivalga a la parte más profunda del Pérmico.

H. INTERPRETACIÓN DADA A LAS OBSERVACIONES DE DOUGLAS POR CABRERA LA ROSA Y PETERSEN

Acabamos de ver cómo las observaciones de Douglas (1914) nos inducen a suponer que las calizas inferiores, con braquiópodos, de Copacabana representan, con toda probabilidad, una parte del Gsheliano y que las calizas superiores, con *Euphemus cf. indicus*, son algo más recientes. Es interesante observar que, partiendo de las mismas observaciones de Douglas, Cabrera La Rosa y Petersen (1936, 27-29) han llegado a una conclusión completamente diferente. Según ellos, las calizas inferiores representan la parte más alta del Carbonífero inferior y corresponden a una unidad stratigráfica que llaman « Formación Recreo » (por razones que veremos más adelante); en cambio, las calizas superiores representan al Carbonífero superior y corresponden a otra unidad stratigráfica que llaman « Formación Copacabana ». En el breve capítulo que ellos dedican al Carbonífero no he hallado la explicación de esta interpretación tan diferente de la de Douglas.

El trabajo de los distinguidos geólogos peruanos está acompañado por varios adjuntos, dos de los cuales me parecen de especial interés.

Uno de ellos es un cuadro sinóptico de la estratigrafía de la región del Lago Titicaca, donde vemos que el Antracolítico está representado por cuatro formaciones, a saber :

Formación Tiquina, de origen continental, referida al Pérmico ;

Formación Copacabana, de origen marino, referida al Carbonífero superior ;

Formación Recreo, de origen marino, que corresponde a la parte superior del Carbonífero inferior ;

y una formación sin nombre particular, de origen continental (arcillas con mantos de carbón), que corresponde a la parte inferior del Carbonífero inferior.

La Formación Copacabana se divide en dos secciones : la superior está formada por « gredas negras y amarillas » y la inferior por las « calizas grises silíceas superiores ».

La Formación Recreo también se divide en una sección superior que comprende las « calizas grises silíceas inferiores », y en una sección inferior, constituida por « calizas moradas ».

Otro adjunto es un mapa geológico en la escala de 1 : 500.000, aproximadamente, levantado por Petersen. Se titula « Reconocimiento geológico de la cuenca occidental del Lago Titicaca », pero también comprende toda la península de Copacabana, el estrecho de Tiquina, y las islas Titicaca y Coati. A ambos lados del estrecho de Tiquina aparece el supuesto Pérmico continental (Formación Tiquina) que aflora en la mitad oriental del brazo sudeste de la península de Copacabana. Más de la mitad de la península corresponde, en este mapa, a afloramientos de la formación Copacabana, que reaparece más al Noroeste en la isla Titicaca. En un tercio de la península, hacia el Sudoeste, aflora, según el mapa, la Formación Sicasica (Devónico medio y superior). Y no aparece la « Formación Recreo » aunque sabemos que comprende las calizas con *Spirifer condor* y *Productus cora* que, según Douglas, afloran en la península de Copacabana, cerca de la cresta de un anticlinal, a poca distancia (un kilómetro o un poco más) del estrecho de Tiquina.

Esta omisión de la indicación de la « formación Copacabana » en la península que le da el nombre me parece difícil de explicar, aunque quizá tenga su causa en la forma, alargada y angosta, del afloramiento, que no permitiría representarlo en la escala del mapa. Pero, de presentarse efectivamente esta circunstancia, no habría habido inconveniente en exagerar la magnitud del afloramiento para que resultara visible. Si debiéramos atenernos escrupulosamente a la escala que se lee al borde de nuestros mapas, no podríamos marcar en ellos ni los caminos, ni las venas metalíferas, ni los estratos guías, ni muchos filones de roca magmática ; la exageración de los pormenores importantes en los mapas geológicos no es un defecto, sino una necesidad.

I. OPINIONES DE W. BERRY Y DE M. L. THOMPSON ACERCA DE CIERTOS
FUSULINIDAE DE LA REGIÓN DEL LAGO TITICACA

En un artículo de carácter sintético, Berry (1932, 230, 231) menciona afloramientos de estratos marinos del Carbonífero de las islas y de los alrededores del Lago Titicaca, pero luego se refiere globalmente al Carbonífero marino de Bolivia, afirmando que corresponde al Uraliano.

Posteriormente Berry (1933, 269) describió e ilustró tres formas de *Fusulinidae* halladas en la región del Lago Titicaca, identificando dos de ellas con *Fusulina peruana* (Meyer) y *F. berryi* (Jones) e instituyendo para la tercera una especie nueva, que llamó *F. prolongata*. Estas determinaciones han sido consideradas erróneas por M. L. Thompson (1943, 204) quien cree que *F. peruana* Berry (non Meyer) puede referirse al género *Pseudoschwagerina* y que las otras dos formas pueden no pertenecer al género *Fusulina* sino a *Schwagerina* (« *Pseudofusulina* ») o a *Parafusulina*. La presencia del género *Pseudoschwagerina*, indicada por Thompson, hablaría en favor de la suposición de que los estratos con *Fusulinidae* de la región del Lago Titicaca corresponden al Sakmario de Rusia; en cambio, de comprobarse que efectivamente hay también formas referibles al género *Parafusulina*, que en el hemisferio boreal parece ser característico del Pérmico, habría un buen motivo para sospechar que se trate de sedimentos posteriores al Carbonífero. Si no se tratara del género *Parafusulina* sino del género *Schwagerina* (« *Pseudofusulina* ») estas formas bolivianas no tendrían mucha importancia para nosotros, por cuanto *Schwagerina* (en el sentido moderno) aparece en el Carbonífero superior y se extingue en la segunda mitad del Pérmico.

XXI. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN OTRAS PARTES DE BOLIVIA

A. DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA

D'Orbigny visitó los alrededores de Cochabamba en 1832, y observó, entre Parangani y Morochata, un conjunto de estratos que, por su aspecto litológico, creyó del Carbonífero; pero no halló fósiles (D'Orbigny, 1842, *Géologie*, 155).

La existencia de restos de animales marinos del Antracolítico en el departamento de Cochabamba fué señalada por primera vez por Forbes (1861, 50), quien escribió que un coronel Lloyd había enviado a Inglaterra una colección de fósiles de la provincia de Arque, entre los cuales reconoció cinco de las especies fundadas por D'Orbigny sobre ejemplares de Yarbichambi. Forbes también menciona una sexta especie, que es *Spirifer lineatus* (o sea, *Reticularia lineata*). Nótese que posteriormente Kozłowski (1914) indicó la presencia de una variedad de esta especie en la fauna de Yarbichambi.

Una colección hecha por Gil de Gamucio en un sitio que dista unas quin-

ce leguas de Cochabamba, fué estudiada por Toula (1869) quien determinó específicamente once formas. De las listas sinonímicas de Kozlowski (1914) se desprende que cinco de las determinaciones de Toula son erróneas. Corregidos estos errores, las analogías con la fauna de Yarbichambi se vuelven más evidentes. Entre las formas comunes a ambos yacimientos hay *Schizophoria latirostrata*, *Spiriferina campestris* y *Seminula argentea*. Otras formas descritas por Toula fueron halladas posteriormente por Kozlowski en la colección hecha por Dereims en Apillapampa; ellas son *Chonetes glabra*, *Pugnax utah* y *Dielasma bovidens* (las dos últimas determinadas inexactamente por Toula, quien las había referido a géneros y especies diferentes).

Dereims (1914, 7, 8) vió afloramientos de calizas fosilíferas del Carbonífero en las colinas de Morochata (unos veinte o veinticinco kilómetros al norte de Cochabamba) y en los alrededores de Capinota y Apillapampa (unos treinta o treinticinco kilómetros al sur de Cochabamba). Recolectó fósiles en los tres lugares, pero la colección hecha en Apillapampa resultó particularmente rica en individuos y en especies y notable por el buen estado de conservación de los fósiles. Dereims asegura que Apillapampa es superior a Yarbichambi por la abundancia y hermosura de los fósiles. Cerca de Capinota le llamó la atención, en estas calizas, el número relativamente grande de *Fusulinidae*.

Kozlowski, como hemos visto, al describir los braquiópodos de las colecciones de Dereims no indica la procedencia exacta de las distintas formas; la menciona en la explicación de las láminas, pero refiriéndose únicamente a los ejemplares figurados. Estas indicaciones, aunque insuficientes para la mayoría de las formas, nos dan la seguridad de que muchas de ellas (como *Productus cora*, *P. inca*, *P. inflatus*, *P. capaci*, *P. humboldti*, *P. villiersi*, *Spirifer condor*, *Spiriferina campestris*, *Squamularia perplexa*, *Hustedia mormoni* y *Seminula argentea*) han sido halladas tanto en Yarbichambi como en Apillapampa. Por lo menos tres de las especies que acabo de citar (*Productus cora*, *P. inca* y *P. inflatus*) también se encuentran entre los fósiles de Capinota. El único ejemplar de Morochata representado en las láminas de Kozlowski es referido a *Chonetes variolata*, especie instituída por D'Orbigny sobre material de Yarbichambi. Es lamentable que Kozlowski no haya indicado qué formas provienen de uno u otro lugar, pero los datos que acabo de citar explican, hasta cierto punto, su omisión y justifican su idea sobre la equivalencia cronológica de los estratos de donde proceden los braquiópodos coleccionados por Dereims en Yarbichambi, en Apillapampa, en Capinota y en Morochata.

En 1904 Steinmann visitó los alrededores de Cochabamba y coleccionó fósiles en cinco lugares, uno de los cuales es el mismo de donde procedían los braquiópodos determinados por Toula. La colección de Steinmann fué luego estudiada por Meyer (1914, 595-621), quien determinó específicamente unas veinte formas, entre las cuales figuran *Productus cora*, *P. boliviensis*, *Chonetes variolata* y *Spirifer condor*, que son especies establecidas

por D'Orbigny sobre ejemplares de Yarbichambi; otra forma hallada también en Yarbichambi es *Seminula argentea* (determinada por D'Orbigny como *Spirifer roissyi*). Entre los fósiles examinados por Meyer también había foraminíferos que él refirió a dos formas (una comparable a cierta especie conocida y otra nueva) del género *Schellwienia*. Thompson (1943, 203), en su revisión crítica de los *Fusulinidae* del Perú, dice que las descripciones y las figuras de Meyer no permiten establecer a qué género pueden pertenecer realmente estas formas, siendo posible que se trate de otro. En el caso de que la determinación genérica de Meyer fuera esencialmente exacta, ella estaría de acuerdo con la suposición de la edad uraliana, pues sabemos que al género *Schellwienia* (nombre inválido, por haber sido instituido por Staff y Wedekind, en 1910, para un subgénero de *Fusulina* que comprende *F. cylindrica*, o sea el genotipo) se han referido formas que deberían ponerse o en el género *Fusulina* (*sensu stricto*) o en el género *Triticites*, que son particularmente comunes en el Uraliano de Europa y, especialmente, en el Gsheliano. La historia del nombre genérico *Schellwienia* y las razones que lo invalidan han sido expuestas concisamente por Dunbar y Condra (1927, 58, 59, 73, 74).

Harrington (1940, 246) menciona incidentalmente un ejemplar de *Spiriferina campestris* recolectado en Chacapaya (departamento de Cochabamba); hemos visto que esta especie ya había sido reconocida por Kozlowski entre los fósiles de Yarbichambi y de Apillapampa.

Las noticias que he hallado en la literatura geológica y que he tratado de resumir en los párrafos que anteceden nos dan la seguridad de que en el departamento de Cochabamba los afloramientos del Antracolítico marino son relativamente numerosos y que los fósiles cuyas determinaciones han sido publicadas (y, en ciertos casos, rectificadas en publicaciones posteriores) probablemente son todos del Carbonífero superior y, por lo menos en gran parte, del Uraliano.

B. DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ DE LA SIERRA

D'Orbigny, en 1830, 1831 y 1832, recorrió una parte del departamento de Santa Cruz y en varios lugares creyó reconocer, por sus caracteres litológicos, la presencia de estratos del Carbonífero, en los cuales no vió fósiles (D'Orbigny, 1842, *Géologie*, 171-174, 179). Gerth (1932, 134) dice que D'Orbigny trajo de Santa Cruz dos fósiles del Carbonífero que luego, al parecer, se perdieron; en las partes de los escritos de D'Orbigny que he leído no he hallado datos a este respecto.

Más de ochenta años atrás aparecieron noticias algo vagas acerca de la existencia de afloramientos fosilíferos, con braquiópodos del Antracolítico, en el departamento de Santa Cruz.

Forbes (1861, 50) dice que « Mr. Cumming brought to England the

following fossils stated to be from Santa Cruz: *Terebratula millepunctata*, *Rhynchonella peruviana*, *R. priodon*, *Spirifer boliviensis* and *S. condor* ».

Salter (1861, 64, lám. IV) figura « one remarkable form said to be from Santa Cruz » que refiere a *Orthis andii* D'Orb., y un ejemplar, determinado como *Rhynchonella cf. pleurodon*, que pertenece a la misma colección, enviado por el coronel Lloyd.

Los datos proporcionados por Forbes no están de acuerdo con los publicados por Salter, aunque ambos se refieren a las mismas colecciones; pero es evidente que comparten la duda acerca de la procedencia de una parte del material estudiado. Si las formas que he mencionado en el párrafo anterior procedieran realmente del departamento de Santa Cruz, tendríamos un indicio de la gran extensión del mar del Carbonífero superior (Uraliano).

El fósil que Salter determinó como *Rhynchonella cf. pleurodon* debe identificarse, según Kozlowsky (1914, 82-84) con *Pugnax utah*, especie cuya presencia había sido sospechada por Derby (1876) entre los fósiles de Yampoyata (península de Copacabana) y comprobada por Kozlowski entre aquellos de Apillapampa (departamento de Cochabamba).

No me consta que en los últimos ochenta años se haya descubierto algún nuevo indicio de la presencia del Antracólítico marino en el departamento de Santa Cruz. Es sabido que varias empresas petroleras han hecho hacer reconocimientos y levantamientos geológicos en varias partes de este departamento, inclusive la región de Valle Grande, en donde D'Orbigny había creído ver estratos del Carbonífero. Esto parece confirmar las dudas expresadas por Forbes y por Salter, y nos autoriza a considerar poco probable que los fósiles estudiados por ellos provengan realmente del departamento de Santa Cruz. Pero, si ello fuera cierto, la presencia de varias formas ya conocidas en el Carbonífero superior de otras regiones de Bolivia, sólo indicaría una mayor extensión, hacia el Este, de los restos de los depósitos que se formaron durante la transgresión que culminó, al parecer, en el Uraliano ¹.

¹ Cuando el presente trabajo ya estaba en la imprenta, he visto una interesante alusión al Carbonífero superior de los departamentos de Santa Cruz, de Cochabamba y de La Paz en un estudio de F. Ahlfeld, titulado *Los yacimientos de crocidolita en las Yungas de Cochabamba*, que está por aparecer en el tomo VIII, sección *Geología*, de las *Notas del Museo de La Plata*. Ahlfeld dice que « el Carbonífero superior, típicamente desarrollado, ha sido encontrado por O. Schlagintweit en la zona subandina de los ríos Maniqui y Beni, 250 km al Noroeste de nuestra región y existe también, según referencias, en el corte del Río Yapacani, al Oeste de Santa Cruz y 150 km al Este-sudeste del Río Chapare. » Pero no habla de fósiles.

XXII. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN EL PERÚ

A. DEPARTAMENTO DE PUNO

Los afloramientos fosilíferos del Antracolítico de la península de Copacabana están atravesados por el sinuoso límite internacional. Por consiguiente es frecuente el caso de que un mismo estrato de caliza proporcione fósiles determinables tanto de un lado del límite como de otro lado, o sea tanto en territorio boliviano (departamento de La Paz) como en territorio peruano (departamento de Puno). Es ésta la razón que me ha obligado a considerar en conjunto la región del Lago Titicaca en el capítulo XX, haciendo constar en el título que el capítulo se refiere a observaciones hechas en los dos países.

Otros afloramientos con fósiles marinos del Antracolítico fueron descubiertos por Douglas en el valle de Vizcachani, que se encuentra unos cien kilómetros al noroeste, en línea recta, del extremo boreal del Lago Titicaca.

Dice Douglas que los fósiles se hallan en un conjunto de capas de caliza morada, encima del cual descansa una serie de estratos de caliza gris, al parecer no fosilífera, que aparece también en el núcleo de un anticlinal, unos diez kilómetros más al sudoeste, cerca de un lugar llamado Recreo (Douglas, 1920, 40-41).

En el «corte geológico a través de los Andes, de Mollendo al Río Inambari», adjunto al mismo artículo (lám. VI), Douglas indica que ocho o diez kilómetros al nordeste de Recreo los estratos del Antracolítico descansan en concordancia sobre los del Devónico, mientras que poco más al nordeste (valle de Vizcachani) los primeros, en posición casi horizontal, cubren las capas plegadas del Devónico, evidenciando la existencia de una superficie de erosión. En estas condiciones, me parece imposible que las calizas moradas de Vizcachani sean más antiguas que las calizas grises de Recreo; en mi opinión, debe haber algún error en las observaciones tectónicas de Douglas o en su interpretación estratigráfica. Sin embargo, Steinmann (1929, lám. I) ha reproducido el corte de Douglas, atenuando la exageración de la escala vertical, pero sin eliminar la absurdidad que me parece evidente. Es deseable que se aclare, mediante nuevas observaciones locales, la posición relativa de las calizas grises sin fósiles de Recreo y de las calizas moradas fosilíferas de Vizcachani, pues Douglas dice que las primeras son, casi seguramente, la continuación de las calizas del Carbonífero superior de la península de Copacabana y de la Isla Titicaca.

Los fósiles recolectados por Douglas en Vizcachani fueron examinados por Vaughan, quien reconoció entre ellos *Spirifer bisulcatus*, *Reticularia lineata*, *Ambocoelia urii*, *Retzia radialis* y formas afines a *Productus longispinus*, *P. semireticulatus*, *P. cora*, *Spiriferina cristata*, *Seminula ambigua* y *Cyathaxonia rushiana*; según Vaughan, esta asociación de formas significaría que las calizas moradas de Vizcachani corresponden a la zona

más superior (« *Cyathaxonia beds* ») del Avoniano de Inglaterra, o sea a la parte superior del Viseano en sentido estricto.

Posteriormente Douglas, estudiando cortes pulidos de numerosos restos de corales recolectados en el valle de Vizcachani, notó varias formas que podrían pertenecer a los géneros *Zaphrentis* y *Caninia* si no estuvieran provistas de una eminencia central, columelar, como el género *Lophophyllum*. Entonces, bajo la influencia de la opinión de Vaughan, Douglas creyó haber descubierto algunas formas aberrantes de *Caninia* y de *Zaphrentis*, géneros frecuentes en el Avoniano (Douglas, 1920, 41-46).

Steinmann (1929, 34) menciona la fauna del valle de Vizcachani hallada por Douglas, diciendo, como éste, que presenta indicios de corresponder a la parte más alta del Carbonífero inferior. En cambio Gerth (1931, 527; 1932, 129) dice que los curiosos coralaris descritos por Douglas le parecen muy semejantes a formas del género *Timorphyllum*, que cree del Pérmico, y observa, además, que la mayoría de los braquiópodos de Vizcachani ha sido hallada, en otros lugares de la América del Sur, en estratos referidos al Carbonífero superior, por cuya razón no corresponde atribuir una edad más antigua a las calizas de Vizcachani.

Pocos años atrás, Douglas (1936, 51) en un trabajo sobre una fauna del Antracolítico de Persia, demostró que había cambiado de opinión. Refiriéndose, de paso, a la fauna de Vizcachani, dijo que muchos de los coralaris determinados anteriormente como *Zaphrentis* o *Caninia* « lophophylloides » pertenecen, en realidad, al género *Lophophyllum* y se asemejan mucho a formas del Pérmico del Sur de China descritas por Huang; por esta razón, es probable que los estratos de Vizcachani no sean del Carbonífero inferior, sino bastante más recientes.

Ya hemos visto que Cabrera La Rosa y Petersen (1936, 27) han referido al Carbonífero inferior las « calizas inferiores » (con *Productus cora* y *Spirifer condor*) observadas por Douglas en la península de Copacabana, y que las han tomado por tipo de su « Formación Recreo ». Esta denominación no me aparece apropiada por dos razones, a saber: 1ª, las calizas grises que afloran en las inmediaciones de Recreo no son fosilíferas y no tenemos motivos suficientes para afirmar que equivalgan a las calizas moradas, fosilíferas, de Vizcachani; 2ª, tampoco hay indicios de que las calizas moradas de Vizcachani correspondan, estratigráficamente, a las calizas inferiores de la península de Copacabana. En cuanto a la edad asignada a la « Formación Recreo » por sus autores, basta con recordar que el propio Douglas ha reconocido, en 1936, que no hay razones para referir las calizas de Vizcachani al Carbonífero inferior, como él lo había hecho en 1920 a consecuencia de errores en la determinación de los coralaris.

Lo más verosímil es que todos los estratos con braquiópodos o coralaris señalados hasta ahora en el departamento de Puno sean del Carbonífero superior y, más especialmente, del Uraliano.

B. OTROS DEPARTAMENTOS

En territorio peruano los hallazgos de fósiles marinos del Antracolíptico han sido relativamente frecuentes y numerosos. Podríamos confeccionar una larga lista con los nombres de los lugares fosilíferos. Pero en la mayor parte de estos lugares los restos de animales marinos que se ha logrado determinar no són muy abundantes y pertenecen a pocas especies; éstas, sin embargo, son suficientes para indicar, aproximadamente, la edad, pues en general se trata de formas comunes en el Carbonífero superior. Muchos datos sobre la distribución de los afloramientos de estratos del Carbonífero superior en el Perú se hallan reunidos en la *Geologie Südamerikas* de Gerth (1932, 128-132); por esta razón puedo abstenerme de referirme en detalle, en el presente trabajo, a los afloramientos acerca de los cuales nada tengo que agregar a lo expuesto en la obra de Gerth.

Las colecciones más importantes de fósiles marinos del Antracolíptico del Perú son, después de las del departamento de Puno, aquellas hechas en los alrededores de Huascatay (departamento del Apurímac), de Huanta (departamento de Ayacucho), de Tarma (departamento de Junín), de Ambo (departamento de Huánuco) y de la Sierra de Amotape (departamento de Piura). También presenta interés la asociación de algunas especies de braquiópodos hallada en un trozo de caliza que fué encontrado, suelto, en el lecho del Río Pichis (departamento de Junín).

A propósito de este hallazgo, Balta (1899, 2) dice que el trozo de caliza debe proceder de un afloramiento relativamente cercano, por cuanto en el lugar donde Orton lo encontró « la velocidad del río es pequeña y los afluentes a esa altura son cortos, y el guijarro, siendo de roca blanda, era demasiado grande para provenir de muy lejos ». De acuerdo con las determinaciones de Derby (1874, 60) este trozo contenía cuatro especies seguramente determinables, a saber: *Dielasma bovidens*, *Hustedia mormoni*, *Reticularia perplexa* y *Spirifer cameratus*. Todas estas especies han sido halladas también en Bolivia: la primera y la última en Apillapampa y las otras dos tanto en Yarbichambi como en Apillapampa. Katzer (1903, 246) y Kozłowski (1914, 94), al referirse a los fósiles del Río Pichis, mencionan *Ambocoeilia planoconvexa* en lugar de *Hustedia mormoni* y *Spirifer condor* en lugar de *S. cameratus*; esta diferencia no afecta a las correlaciones, por cuanto *S. condor* ha sido hallado en Yarbichambi y Apillapampa y *A. planoconvexa* en Yarbichambi.

En las calizas que constituyen el filo de la sierra arriba de Huascatay, entre Pasaje y Huancarama, Bowman recolectó muchos fósiles, entre los cuales se logró identificar *Spirifer condor*, *Hustedia mormoni*, *Seminula argentea*, *Productus cora*, *P. humboldii*, *P. chandlessi*, *Chonetes glabra* y *Streptorhynchus hallianus*. Hacia el Norte estas calizas fosilíferas vuelven a aflorar en el departamento del Cuzco, y precisamente en el valle de Pampa-

conas, cerca de Vilcabamba, y en el Pongo de Mainique (angosta garganta cortada en estas calizas por el Río Urubamba), donde también recogió Bowman algunos ejemplares de *Productus cora* y de *Spirifer condor*. Hacia el Sur la serie de afloramientos calcáreos fosilíferos se extiende por lo menos hasta Cotahuasi (departamento de Arequipa), en cuyas inmediaciones Bowman halló restos de *Productus cora* y de *P. peruvianus*. Estas calizas fosilíferas del Carbonífero superior afloran, con interrupciones relativamente cortas, en una zona que mide unos trescientos cincuenta kilómetros de longitud y pocos kilómetros de ancho, siguiendo aproximadamente el paralelo 73°; pero bloques o cantos de la misma caliza con *Spirifer* y *Productus* se encuentran sueltos en el lecho del Río Urubamba aun unos veinte kilómetros aguas abajo del Pongo de Mainique (de donde proceden), que es el más boreal de los afloramientos observados por Bowman. Los fósiles fueron determinados por Schuchert (Bowman, 1920, 241-244 y 321-323).

En las cercanías de Huanta, los primeros fósiles del Carbonífero fueron coleccionados por Raimondi, cerca de Culluchaca; se notó la presencia del género *Productus*, sin poderse determinar la especie (Gabb, 1881). Posteriormente Urbina (1883) halló, algo más al noroeste, otros ejemplares de *Productus*, que describió como *P. capaci* y *P. vespertilio*; según Balta (1899, 3) estas determinaciones específicas no son exactas, pero posteriormente Lisson (1911, 149; 1913, 13) las aceptó.

Gerth visitó en 1913 los alrededores de Huanta y estudió la constitución geológica de la Cordillera Oriental cerca de Culluchaca, donde seguramente recolectó fósiles cuya determinación habría podido resultar muy instructiva. Desgraciadamente nadie ha logrado estudiarlos, pues todas las colecciones hechas en aquel viaje se perdieron, al irse a pique el buque que las llevaba a Europa. Gerth (1915, 141, 153, lám. VII) representa la Cordillera Oriental, en las inmediaciones de Culluchaca al nordeste de Huanta, como un relieve que corresponde a un sinclinal ancho y relativamente chato, cuyo núcleo está constituido por un conjunto, espeso casi mil metros, de estratos del Carbonífero. La parte superior de este conjunto está formada por calizas macizas con *Fusulinidae* y numerosos restos de coralaris y briozoarios; más abajo hay bancos delgados de caliza con braquiópodos entre los cuales abundan varias especies de *Productus*; en la base predominan arcillas esquistas, con intercalaciones calcáreas lenticulares. Gerth, quien conoce bien los fósiles del Antracólítico, dice que la fauna del Carbonífero de los alrededores de Huanta presenta estrecha afinidad con las de Tarma y Ambo, estudiadas por Meyer.

Steinmann recorrió, en 1908, los alrededores de Tarma y de Ambo, recolectando fósiles que luego fueron estudiados por Meyer (1914, 622-636).

La colección hecha en Tarma comprende algunas formas idénticas a las de Bolivia, como *Productus cora* (de Yarbichambi, Apillapampa, Capinotata), *Chonetes variolata* (de Yarbichambi y Morochata) y *Spirifer cameratus*

(de Apillapampa), o a especies del Carbonífero superior del Brasil y de los Estados Unidos de Norte América. Además hay unos foraminíferos, entre los cuales Meyer creyó ver una especie nueva de *Schellwienia* que llamó *S. peruana*. Sabemos que este género de *Fusulinidae* no es válido; pero el hallazgo no carece de importancia para las correlaciones, pues, según Thompson (1943, 203), se trata de una forma que puede referirse al género *Fusulinella* o al género *Triticites*, ambos del Carbonífero superior. Nótese que algunos autores creen que *Fusulinella* y *Triticites* son géneros característicos del Moscoviano y del Gsheliano, respectivamente. En un trabajo recientísimo de Harrison se lee que en 1939 los miembros de su expedición recogieron fósiles del Carbonífero en Tarma, en Maco (que queda unos quince kilómetros más al Sudeste) y en Chancha (que está unos diez kilómetros al Noroeste de Tarma). Douglas, al estudiar estos fósiles, identificó sin reservas siete formas de braquiópodos con especies ya conocidas; entre ellas hay *Spirifer condor*, *Productus cora*, *P. capaci*, *P. boliviensis* y *P. peruvianus*. En la colección de Harrison también hay foraminíferos de la familia *Fusulinidae*, pero aún no habían sido estudiados cuando publicó su interesante nota (Harrison, 1943, 1-5).

Los fósiles recolectados en Ambo, en el valle de Huallaga, por Steinmann comprenden algunas especies de briozoarios, una de las cuales es *Fenestella retiformis* y tres especies de braquiópodos: *Productus cora*, *Ambocoelia planoconvexa* y *Squamularia perplexa*, que se encuentran también en Bolivia (Apillapampa y Yarbichambi).

Meyer (1914, 642-645) reconoce que ambas faunas no son muy significativas y se abstiene de indicar a qué piso corresponde referir los estratos fosilíferos de Tarma y de Ambo; pero afirma redondamente que no son del Pérmico. Observa, además, que todas las faunas marinas del Carbonífero superior de la América del Sur parecen vinculadas por estrechas afinidades e imputa a diversidad del ambiente de sedimentación las diferencias que se observan entre las faunas de Tarma y Ambo y aquella de los alrededores de Cochabamba.

La presencia del Carbonífero marino en el borde occidental de la Sierra de Amotape fué señalada por Bravo (1921). Los fósiles fueron estudiados por Thomas (1928) quien describió muchas formas de lamelibranquios (no identificables con especies conocidas), y algunas de ammonoideos y nautiloideos. En comparación con los moluscos, los braquiópodos son poco abundantes, aunque se ha notado la presencia de *Spirifer condor*, *S. cameratus* y *Chonetes variolata* (ésta, a veces, representada por muchos individuos). Las tres especies pertenecen a la típica fauna del Carbonífero superior de Bolivia; dos de ellas (*Spirifer condor* y *Chonetes variolata*) han sido instituidas por D'Orbigny para ejemplares que había recolectado en Yarbichambi. Según Thomas, los estratos con moluscos y braquiópodos de la Sierra de Amotape son seguramente del Carbonífero superior.

Posteriormente Gerth (1931, 522) ha mencionado el hallazgo, en un lugar

de la misma Sierra, de *Productus peruvianus* y *Derbya buchi* (dos especies establecidas por D'Orbigny sobre material de Yarbichambi) y, en otro lugar, de coralarios del género *Clisiophyllum*; según Gerth, la presencia de este género significa que las calizas con coralarios de la Sierra de Amotape son casi seguramente del Carbonífero superior y no del Pérmico.

La existencia de afloramientos del Carbonífero superior en el departamento de San Martín fué señalada por Derby (1876, 282), quien halló ejemplares de *Productus* y de *Streptorhynchus* entre los fósiles recolectados por Orton cerca de Moyobamba.

Considero interesantísimo el hallazgo, recientemente publicado (Thompson, 1943, 204, 205), de fósiles del Antracolítico en un testigo de perforación, obtenido en la profundidad de 445 metros, aproximadamente, en el campamento de Agua Caliente, departamento de Loreto. Se trata de una forma de *Fusulinidae* que Thompson ha referido al género *Schwagerina* y que se asemeja a *S. laxissima* de la caliza de Hueco, en Tejas. Por este motivo, Thompson la considera del Pérmico inferior, agregando que tanto estos *Fusulinidae* de Agua Caliente como muchos otros hallados en el Perú indican que los estratos que los contienen equivalen, cronológicamente, a la Wolfcamp Series del « Pérmico » de la América del Norte. Hemos visto en el capítulo XIX que, a pesar de la opinión contraria de casi todos los estratígrafos norteamericanos, la Wolfcamp Series corresponde a la parte superior del Carbonífero; por consiguiente, el hallazgo de la mencionada forma de *Schwagerina* en el campamento de Agua Caliente indicaría más bien la presencia del Carbonífero superior (Sakmariano).

Es sorprendente la gran difusión, en el Perú, de algunas especies de braquiópodos instituidas por D'Orbigny para formas halladas por primera vez en la región del Lago Titicaca; una de estas especies de gran difusión es *Spirifer condor*, que ha sido encontrado en varios trechos del valle del Río Urubamba. En cambio, las calizas con briozoarios o con *Fusulinidae* (tan comunes en el Antracolítico marino de Europa) parecen relativamente raras en el Perú. Las escasas noticias proporcionadas por Gerth (1915, 139, 141; 1932, 130, 131) acerca de las calizas con *Fusulinidae* de la Cordillera Oriental (valles de los ríos Mantaro, Apurímac, Urubamba y de algunos de sus afluentes) me inducen a pensar que originariamente podían extenderse sobre grandes áreas, cubriendo los estratos con braquiópodos como aún actualmente lo hacen en el sinclinal de Culluchaca; en este caso la erosión, antes de llegar a hacer aflorar los estratos relativamente delgados con braquiópodos, debe haber destruído, en gran parte, las calizas macizas con *Fusulinidae* y briozoarios. Esta destrucción llevaría necesariamente al resultado de que actualmente los afloramientos de calizas con braquiópodos son menos raros, en el Perú, que aquellos con *Fusulinidae*.

También en ciertas partes de Europa tenemos, en el Carbonífero superior, calizas con braquiópodos cubiertas por calizas con *Fusulinidae*; pero la deposición de nuevos sedimentos durante el Pérmico y el Triásico ha cons-

tituido una excelente protección. En el Perú puede haber ocurrido lo contrario ; quiero decir que es posible que durante el Pérmico y parte del Mesozoico la erosión haya destruido una parte considerable de los sedimentos que se habían depositado anteriormente.

Lo que parece seguro es que en muchas regiones del Perú se conoce la existencia de sedimentos marinos que muy probablemente son del Carbonífero superior, mientras que en ningún lugar del Perú se ha comprobado la presencia de sedimentos marinos referibles con seguridad al Carbonífero inferior o al Pérmico.

Los fósiles más comunes en el Carbonífero superior del Perú pertenecen a la clase de los braquiópodos ; entre éstos las especies más importantes en el Perú, según Steinmann (1929, 45-48), son las siguientes : *Productus cora*, *P. humboldii*, *P. semireticulatus*, *Derbya buchi*, *Spirifer condor*, *Spiriferina campestris*, *Reticularia lineata*, *Rhipidomella cora* y *Hustedia mormoni*. En mi opinión, conviene completar la lista, agregándole *Productus peruvianus*, *Chonetes variolata* y *Spirifer cameratus*.

XXIII. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN COLOMBIA

El descubrimiento del Carbonífero marino en Colombia es de fecha relativamente reciente. La más antigua indicación al respecto que ha llegado a mi conocimiento se encuentra en un artículo de Stutzer (1927, 314, 315) que menciona, casi incidentalmente, ciertas calizas con braquiópodos que afloran cerca de la cabecera del valle del Río Salitre (unos 65 kilómetros al naciente de Bogotá) y en cierto trecho del curso del Río Guavio. Stutzer dice que estas calizas son « probablemente » del Carbonífero, pero agrega, en una nota, que Wedekind, después de examinar dos ejemplares de aquellos braquiópodos, había opinado que son del Carbonífero. Un dato interesante mencionado por Stutzer es la presencia de restos vegetales en los estratos que yacen inmediatamente encima de las calizas con braquiópodos en el Río Guavio. Los lugares fosilíferos señalados por Stutzer se hallan cerca de la mina de cobre de Gachalá, en las estribaciones orientales de la Cordillera Oriental.

Hallamos otras noticias sobre los fósiles marinos de los alrededores de Gachalá en un trabajo de Gerth (1931, 522), donde se lee que entre los fósiles marinos de las calizas hay tres formas identificadas con *Productus semireticulatus*, *Spirifer cameratus* y *Derbya buchi* y una comparable con *Spirifer trigonalis* ; además, artículos de crinoideos y restos de briozoarios del género *Fenestella*. Gerth dice que esta pequeña asociación de fósiles indica que las calizas con braquiópodos de Gachalá pertenecen al Carbonífero superior.

Los restos de plantas de los estratos que están sobre las calizas con braquiópodos han sido estudiados por Kräusel (1931, 529-532), quien, basán-

dose sobre la presencia de los géneros *Neuropteris* y *Cordaites* (representados por una especie nueva y por una forma específicamente indeterminable, respectivamente), también los refiere al Carbonífero superior.

XXIV. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN VENEZUELA

En los alrededores del Paso Palmarito cerca de Mucuchachi, en la parte austral de la Cordillera de Mérida, Christ (1927) vió varios afloramientos de pizarras arcillosas o margosas y de calizas negras con fósiles marinos; entre estos afloramientos de capas marinas aparecen estratos de origen continental. Las relaciones estratigráficas sencillas indicadas por Christ no han sido aceptadas por Gerth (1931, 523-526), quien cree que hay una repetición de afloramientos por dislocaciones. Para nuestros fines la discrepancia entre Christ (quien ha hecho las observaciones en el terreno), y Gerth (quien ha determinado los fósiles) parece sin importancia, por cuanto, según Gerth, los fósiles marinos son referibles al Carbonífero superior. Sólo hay un punto interesante para nosotros y se refiere a la posición relativa de ciertas calizas negras con *Fusulinidae*, que según Christ están intercaladas entre dos espesos conjuntos de estratos con braquiópodos. Gerth recuerda que en el Perú ha visto que las calizas con *Fusulinidae* siempre están arriba de las calizas con braquiópodos y, por esta razón, sospecha que las mismas capas con braquiópodos afloran dos veces, debido a alguna complicación tectónica que habría escapado a la observación de Christ.

Gerth ha determinado como *Fusulina* cf. *verneuili* la forma que abunda en las calizas con *Fusulinidae* del Paso Palmarito. Dado que *Fusulina verneuili* es común en el Uraliano de Rusia, la presencia de una forma comparable con ella constituirá un indicio en favor de la opinión de Gerth. Pero, según Thompson (1943, 204), no se trata de una *Fusulina* sino de una forma « probablemente referible al género *Schwagerina* y posiblemente al género *Parafusulina* ». Sabemos que el primero es particularmente abundante en el Sakmario, aunque también se encuentra en el Artinskiano y en el Kunguriano; y que el segundo es relativamente frecuente en el Artinskiano, en el Kunguriano y en el Kazaniano. Así Thompson, aunque señala una determinación errónea, no la rectifica de una manera positivamente útil, por cuanto admite una alternativa entre dos géneros de diferente distribución cronológica. Si nos fundáramos únicamente sobre los *Fusulinidae*, deberíamos conformarnos con decir que los estratos del Paso Palmarito que los contienen pueden ser del Sakmario o bien de cualquier piso del Pérmico, salvo el Tartariano; pero ya tendríamos otra buena razón para compartir las dudas de Gerth acerca de la aparente regularidad de la sucesión de los estratos fosilíferos.

Afortunadamente, son bastante significativos los otros fósiles del Paso Palmarito identificados por Gerth con especies ya conocidas, que son: *Cho-*

netes glabra, *Seminula argentea* y *Hustedia mormoni*; hay, además, una variedad nueva de *Spirifer cameratus* y un pigidio de trilobites que se asemeja a *Phillipsia trinucleata*, del Carbonífero superior de la América del Norte. Es evidente que la fauna de estas calizas con braquiópodos presenta las mayores analogías con aquellas del Perú y de Bolivia; y es verosímil que las calizas negras con *Fusulinidae* representen el Sakmario, así como ocurre en tantos otros lugares.

XXV. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN EL NORTE DEL BRASIL

El Río Tapajós atraviesa, cerca de Itaituba, extensos afloramientos de calizas que contienen conchas de braquiópodos silicificadas. Estos fósiles tienden a separarse de la caliza a medida que ésta padece la acción de la intemperie. Por consiguiente no es difícil encontrarlos sueltos en ciertos trechos de las playas del río, donde su aspecto y, a veces, su tamaño relativamente considerable los hacen reconocer de inmediato. Es natural, pues, que el primer explorador científico que recorrió este trecho del Río Tapajós (Silva Coutinho, en 1863) haya regresado con una colección de fósiles de Itaituba. A este hallazgo hace referencia una breve nota de Marcou (1868), en la cual se dice que los braquiópodos del Río Tapajós son del Paleozoico. En el *Journey in Brazil*, de Louis Agassiz (1869) no se encuentran mayores datos acerca de la edad de estos fósiles, cuyo descubrimiento es debidamente recordado.

Hartt, después de sus dos primeras campañas geológicas en el Brasil, publicó un libro en el cual no hace referencia alguna al Carbonífero marino del Río Tapajós, aunque menciona el hallazgo de braquiópodos paleozoicos (Hartt, 1870, 488, 553). En el año en que apareció el libro y en el siguiente, Hartt acompañado por algunos de sus discípulos (entre los cuales se contaba Derby) extendió sus exploraciones a la cuenca del Amazonas y entonces estudió la posición estratigráfica de las calizas del Río Tapajós y halló, en otros lugares, otros afloramientos calcáreos del mismo tipo y con fósiles semejantes o idénticos. Una colección hecha por Brown, en 1872, permitió establecer, de una manera indiscutible, que aquellos estratos fosilíferos eran del Carbonífero.

Las expediciones de 1871 y 1872 fueron costeadas, en parte, por E. B. Morgan, aunque el propio Hartt contribuía generosamente, de su peculio particular, a los gastos. Los informes preliminares de las «Expediciones Morgan» fueron publicados en 1874 en el primer tomo del boletín de la Cornell University. En el primer informe, de índole geológica, Hartt define y denomina la «Serie de Itaituba», que comprende las calizas fosilíferas del Carbonífero; en el segundo, Derby da una excelente descripción de los braquiópodos de Itaituba, poniendo de relieve las afinidades paleontológicas.

Derby ya en 1872 estaba enterado de la presencia del Carbonífero marino en el Río Trombetas ; en 1876, siendo ya miembro de la Comisión Geológica del Imperio del Brasil, dedicó algún tiempo a estudiar aquellos afloramientos y halló otros fósiles interesantes. Luego examinó todo el material recolectado en distintos lugares de la cuenca del Amazonas, determinó más de cien formas, muchas de las cuales (más de la mitad) resultaron idénticas a especies del Carbonífero superior (Coal Measures) de los Estados Unidos ; seis de estas especies ya habían sido halladas tanto en los Estados Unidos como en Bolivia. Se impuso, pues, como inevitable, la conclusión de que los fósiles del Río Tapajós, del Río Trombetas, y de otras partes de la cuenca del Amazonas, deben referirse al Carbonífero superior (Derby, 1877, 96-98).

Waagen, al estudiar los fósiles de la « Productus Limestone » de la Salt Range del Punjab, tuvo que tomar en consideración, para sus comparaciones, los descritos por Derby ; y ya en 1882 reconoció que una especie de braquiópodo del Río Tapajós (*Dielasma itaitubense*) se hallaba representada en las calizas negras que se encuentran en el límite entre la parte media y la parte inferior de la Productus Limestone. Pero, dominado por la idea de que estas calizas del Punjab debían ser del Pérmico y no pudiendo negar las afinidades entre las dos faunas, llegó a referir al Pérmico también las calizas con braquiópodos del Río Tapajós, del Río Trombetas, etc. Hablaban en contra de esta interpretación las grandes y evidentes afinidades entre la fauna de estas calizas del Brasil y aquélla de la parte superior de las Coal Measures de los Estados Unidos ; por consiguiente Waagen se vió obligado a sostener que también la sección superior de las Coal Measures correspondía a una parte del Pérmico de Europa (Waagen, 1882, 348 ; 1889, 204). He aquí el remoto origen de aquella extensión exagerada que se ha querido dar al Pérmico, a expensas del Carbonífero, en la América del Norte y en Asia y que a llevado a tan lamentables confusiones en las correlaciones estratigráficas aun en otros continentes.

Derby volvió a exponer sus ideas en 1894, en un estudio de conjunto de los fósiles hallados hasta entonces en la cuenca del Amazonas, afirmando que los estratos de donde proceden equivalen, cronológicamente, al Carbonífero Superior (Upper Coal Measures) de Missouri, Arkansas, Iowa e Illinois.

Las investigaciones estratigráficas y paleontológicas sobre esta extensa región, bien iniciadas por Derby, fueron continuadas por Katzer, quien en 1897 publicó una primera contribución al conocimiento del Carbonífero de Itaituba y en 1903 un libro sobre la geología de la región del Bajo Amazonas o sea, más propiamente, del Estado del Pará. El libro contiene un extenso capítulo sobre el Carbonífero y una discusión de las correlaciones entre el Antracólítico marino de la América del Sur y de otros continentes ; además, en un apéndice paleontológico, algunas descripciones de especies, nuevas o interesantes, del Carbonífero superior de la cuenca del Amazonas (Katzer, 1903, 142-188, 245-253, 263-268). Esta obra de Katzer, redactada

con espíritu altamente objetivo, contiene, en listas separadas, la indicación de los fósiles recolectados en cinco regiones diferentes, a saber: 1º, Río Tapajós, entre Barreirinha y Brazilia Legal; 2º, desembocadura del Río Pitinga en el Río Jamundá; 3º, Río Trombetas, entre el lago Jacaré y el Lago Grande de Arapecú; 4º, Río Curuá, cerca de Praia Grande; 5º, Lago Cojubim, en la cuenca del Río Maecurú; 6º, Sierra Itauajurí, cerca de Monte Alegre. Las faunas del Río Pitinga y de la Sierra de Itauajurí están constituidas por muchos braquiópodos y pocos gasterópodos; en las faunas del Río Trombetas, del Río Curuá y del Lago Cujubim los braquiópodos predominan y los lamelibranquios son numerosos, pero faltan los gasterópodos; en la fauna del Río Tapajós, que es la más rica, las tres clases están bien representadas. Estas diferencias indican que hay marcados cambios de facies, lo cual acrecienta la dificultad de establecer correlaciones estratigráficas exactas mediante los datos consignados en las listas de Katzer. Estas se encuentran en el capítulo titulado « Carbon », pero al final del capítulo anterior (« Perm ») Katzer dice que en ciertos estratos arenoso-calcareos que yacen encima de las calizas de las cuencas de los ríos Curuá y Maecurú se ha hallado una « Fauna von permischen Einschlag », pero agrega que en ella Derby ha determinado muchas especies propias del Carbonífero y que, por consiguiente, la edad de estos estratos sigue siendo problemática. Debe notarse que en el tiempo en que Katzer escribía su libro, las ideas erróneas de Waagen y Noetling sobre la edad de la Productus Limestone de la Salt Range ya se habían difundido, así que la existencia de algunas especies comunes a las faunas de la cuenca del Amazonas y a la fauna de la Productus Limestone parecía constituir un argumento de mucho peso en contra de la opinión expresada por Derby. Las especies aludidas son *Productus semireticulatus* Martin, *P. cora* D'Orbigny, *P. lineatus* Waagen, *Cleiothyris roissyi* (Leveillé), *Dielasma itaitubense* (Derby). Es evidente que Katzer no podía descartar la posibilidad de que una parte de los estratos marinos del Antracolítico del Estado del Pará corresponden al Pérmico, pero no debe haberlo creído muy probable, pues en la conclusión de su erudita discusión afirma rotundamente que al final del Carbonífero el mar se retrajo de la región del bajo Amazonas y que desde entonces no volvió más a cubrir este extenso territorio (Katzer, 1903, 253).

En los cuarenta años que han transcurrido desde la publicación del libro de Katzer, los conocimientos sobre la estratigrafía y la paleontología del Antracolítico del Norte del Brasil han aumentado considerablemente por la inteligente actividad del Servicio Geológico y Mineralógico del Brasil. Los reconocimientos geológicos de Albuquerque (1922), Carvalho (1926), Avelino de Oliveira (1926) y Moura (1934) han aportado nuevos datos sobre las condiciones geológicas de distintas partes de la cuenca del Amazonas. A Moura (1938) también le debemos un buen trabajo sintético acompañado por un mapa geológico que abarca el territorio comprendido, aproximadamente, entre el ecuador y el paralelo 8º, y entre los meridianos 51º 30' y

60°30'. Los fósiles marinos del Antracólítico del Río Urupadi han sido estudiados por Cowper Reed (1933); aquellos del Río Parauari y del Río Jatapú por Duarte (1936 y 1938). Los resultados de estas investigaciones paleontológicas han confirmado plenamente las conclusiones formuladas por Derby en 1877 y, además, han demostrado que la extensión horizontal de los sedimentos marinos del Carbonífero superior ha sido enorme.

En algunas de las publicaciones que he citado en el párrafo anterior, los estratos marinos fosilíferos de la cuenca del Amazonas son referidos simplemente al Carbonífero superior y en otras se especifica que corresponden al Uraliano; en ninguna de ellas se menciona la posibilidad de que, en parte, sean del Pérmico. Efectivamente los estudios recientes han puesto aún mayormente de relieve las analogías con las faunas del Carbonífero superior de Bolivia y de los Estados Unidos. Es interesante, a este propósito, la lista de braquiópodos del Antracólítico hallados en la cuenca del Amazonas hasta 1936, dada por Duarte (1936, 9), por cuanto nos deja ver que las especies halladas también en la América del Norte, en Bolivia, en Rusia y en Bélgica, son 17, 14, 7 y 3, respectivamente; de las especies comunes con Rusia dos llegan al Artinskiano y las especies comunes con Bélgica han sido encontradas en el mármol negro de Dinant, que corresponde a la base del Viseano. Es claro, pues, que los motivos que podríamos invocar en favor de la edad artinskiana no son más poderosos que aquellos que podríamos aducir en favor de la edad viseana. En realidad, la discusión carecería de base, por cuanto dos especies de la lista de Duarte están representadas tanto en el mármol negro de Dinant como en las capas del Artinskiano de Rusia; ellas son *Productus cora* y *Schizophoria resupinata*.

Hay razones para suponer que en la última parte del Carbonífero el mar se extendía mucho más al Oeste de los lugares del Estado del Pará y del Estado del Amazonas que he mencionado en estas páginas. Un indicio no despreciable es la alta proporción de formas comunes a las faunas carboníferas de Bolivia y de la cuenca del Amazonas; otro, aún más significativo, es el hallazgo de improntas de braquiópodos en pedernal, halladas en Río Moa, en el territorio del Acre. Paulo Erichsen de Oliveira (1936), ha observado que uno de estos braquiópodos es un *Productus* que se asemeja mucho a *P. cora* y que otros parecen pertenecer al género *Spirifer* (véase también Eusebio de Oliveira, *Relatorio do anno 1935, 1936*). Nótese que el valle del Río Moa está más cerca de los afloramientos fosilíferos del Carbonífero superior de Huanta, Tarma y Ambo, en el Perú, que de aquellos del Río Tapajós, del Río Trombetas, etc.

Es posible que durante la última parte del Carbonífero el mar se extendiera sin interrupción desde la actual cuenca del Río Amazonas hasta la región actualmente atravesada por el Río Parnahiba, en el Estado del Piauí, aunque Paiva y Miranda (1937, 54, 55) creen que aquí la sedimentación se efectuó en una cuenca rodeada por tierras de todos los lados, salvo tres angostas interrupciones, una de las cuales se dirigía hacia el Este, otra hacia

el Sur y la tercera hacia el Sudoeste, siendo ésta la que habría permitido la comunicación con el « mar andino » de aquellos tiempos. Sea como fuere, la presencia de sedimentos marinos que pueden ser del Carbonífero superior, ha sido revelada, en forma inesperada, por los testigos de una perforación de exploración hecha por el Servicio Geológico y Mineralógico del Brasil cerca de Terezina, sobre el Río Parnahiba, en el Estado del Piauí. Duarte (1936, 1), quien ha estudiado estos fósiles refiriéndolos a los géneros *Protaster*, *Lingula*, *Lingulidiscina*, *Orbiculoidea*, *Edmondia*, *Aviculopecten* y *Nucula* sin poderlos identificar con seguridad con ninguna especie conocida, dice que indican que los estratos que los contienen son del Uraliano. Esta conclusión puede ser exacta y seguramente es verosímil, pero no me parece fundada sobre datos suficientemente seguros; la presencia de formas comparables a *Spirifer opimus*, a *Lingulidiscina missouriensis* y a *Lingula carbonaria* y de formas indeterminables de los otros géneros que he mencionado puede constituir un indicio de la edad, pero no puede aducirse para demostrar que se trata justamente de una fauna del Uraliano. Sin embargo, en la excelente *Geologia do Brasil* de A. de Oliveira y O. Leonardos (1940, 235) vemos que los estratos fosilíferos de Piauí son considerados equivalentes a los de Itaituba.

Tanto en la « Serie de Piauí » como en la « Serie de Itaituba » predominan los braquiópodos y los lamelibranquios. Las correlaciones con las formaciones del hemisferio boreal serían menos difíciles si se volviera a encontrar foraminíferos de la familia *Fusulinidae* y se lograra determinarlos de acuerdo con los criterios modernos.

Derby (1894) y Katzer (1903) al tratar de los fósiles del Carbonífero superior del Río Tapajós, mencionan una forma indeterminada de *Fusulina* que se encuentra, aunque en escasa cantidad, en las calizas del Río Tapajós. Los autores más recientes no aportan nuevos datos de observación sobre este asunto. Es posible que no se trate de una especie del género *Fusulina*, por cuanto para identificarlo se requieren conocimientos y técnicas que cuarenta años atrás eran ignorados, pero podemos estar seguros de que los individuos observados por Katzer son *Fusulinidae* de forma alargada; si hubieran sido globulares los habría referido al género *Schwagerina* así como se solía hacer antes de los descubrimientos de Douvillé (1906) y de Deprat (1903) que revelaron la insospechada complejidad de la estructura interior de los foraminíferos de esta familia y evidenciaron la necesidad de distinguir los géneros de acuerdo con las particularidades de la estructura interna y no con la forma general, que puede servir, a lo sumo, para distinguir una especie de otra. Dado que los raros individuos de *Fusulinidae* anotados por Katzer estaban asociados con coralaris (como *Lophophyllum proliferum* y *Rhombopora lepidodendroides*), lamelibranquios (como *Pinna peracuta*) y gasterópodos (como *Bellerophon carbonarius*) hallados por Meek (1872, 11) en las calizas claras de Nebraska City y con braquiópodos (como *Productus cora*, *Spirifer condor*, *Squamularia perplexa*, *Ambocoelia planocon-*

vexa y *Hustedia mormoni*) comunes en las calizas de Yarbichambi, me parece probable que los estratos con *Fusulinidae* del Río Tapajós correspondan al Gsheliano y que contengan alguna forma del género *Triticites*, cuyo aspecto exterior es justamente el de una *Fusulina* típica. Sería conveniente un estudio microscópico de secciones orientadas de los *Fusulinidae* del Río Tapajós, pues, de comprobarse la presencia del género *Triticites*, se tendría un buen elemento para establecer, con mayor aproximación, la edad de aquellas calizas.

Entretanto, sólo podemos compartir la opinión que domina, desde hace varios años, entre los geólogos y paleontólogos brasileños, y afirmar con ellos que los sedimentos fosilíferos del Antracolíptico conocidos en el Norte del Brasil pertenecen en su totalidad al Carbonífero superior y, al parecer, corresponden al Uraliano.

XXVI. EL ANTRACOLÍPTICO MARINO EN EL SUR DEL BRASIL

Muchos años, atrás, Derby escribió una carta a Waagen para comunicarle que cerca de colonia Hueza (en el actual Estado del Paraná) se había hallado una asociación de restos de lamelibranquios de los géneros *Myalina* y *Schizodus* y de plantas de los géneros *Cordaites*, *Lepidodendron* y *Psaronius*. En su carta Derby decía que estos fósiles indican que hay cierta semejanza entre el Carbonífero del Sur de Brasil y el de Australia, India y Sud Africa; y agregaba que los estratos fosilíferos están asociados con acumulaciones caóticas de grandes bloques, mezclados con sedimentos arcillosos, que no pueden haber sido transportados ni por corrientes fluviales ni por las olas del mar. Por consiguiente, Derby refería al Carbonífero aquellos depósitos cuyo origen glacial hoy se considera comprobado pero que la mayoría de los geólogos sudamericanos atribuye (erróneamente, en mi opinión) al Pérmico. La carta de Derby fué publicada por el propio destinatario (Waagen, 1888, 172-176).

La presencia de los géneros *Myalina* y *Schizodus* carece de importancia cronológica, por cuanto uno y otro son conocidos tanto en el Carbonífero como en el Pérmico; en cambio, tiene interés como indicación de que los sedimentos que los contienen se depositaron en ambiente marino, *Myalina kansaensis*, *M. subquadrata*, *Schizodus curtus*, y *S. wheeleri* son especies instituídas sobre ejemplares que proceden de estratos marinos del Pennsylvaniano de Kansas, o de Missouri o de Illinois; también han sido halladas en Nebraska en capas llenas de conchas de braquiópodos y con restos de coralaris. Y Derby (1877, 98, nota) ya había reconocido la presencia de *Myalina kansaensis* y de *Schizodus wheeleri* entre los fósiles de Itaituba. La presencia de frondas (*Cordaites*) y de trozos de madera (*Psaronius* y *Lepidodendron*) en un sedimento marino se explica sin dificultad, pues es sabido que frente a las desembocaduras de los ríos los restos vegetales terrestres

pueden quedar flotando por largo tiempo en el mar antes de caer al fondo, siendo distribuidos por las corrientes marinas sobre extensísimas áreas.

En los comienzos de su brillante carrera de geólogo, Eusebio de Oliveira, al examinar las muestras obtenidas de una perforación hecha en 1906 y 1907 en Passinho, entre Fernandes Pinheiro e Imbituva, en el Estado del Paraná, halló algunos fósiles marinos que determinó, años después, refiriéndolos a dos especies nuevas: *Lingula imbituensis* y *Leda woodworthi* (E. Oliveira, 1927, 52).

Eusebio de Oliveira hizo un segundo hallazgo de importancia en 1908, descubriendo fósiles marinos en pizarras negras que afloran a lo largo del camino en el lugar llamado Bella Vista (en el Estado de Santa Catalina), unos seis kilómetros al sur de la ciudad de Mafra, cerca del límite con el Estado del Paraná. Este interesante hallazgo fué mencionado por Woodworth (1912, 68) quien observó que las pizarras negras fosilíferas están intercaladas entre dos bancos de conglomerado glacial; las relaciones entre aquéllas y éstos están indicadas claramente en una figura esquemática intercalada en su trabajo.

Una parte de los fósiles marinos recolectados en Bella Vista fué a enriquecer las colecciones del Servicio Geológico y Mineralógico del Brasil. Entre estos fósiles Eusebio de Oliveira reconoció su *Lingula imbituensis* y vió una forma nueva que llamó *Discina guaraunensis*; posteriormente, enmendó la determinación genérica, y designó la misma forma como *Orbiculoidea guaraunensis* (E. Oliveira, 1927, 53; 1930, 19).

En las inmediaciones de la estación Teixeira Soares, en el ferrocarril de San Pablo a Rio Grande, Eusebio de Oliveira hizo un tercer descubrimiento paleontológico muy interesante; se trata, aún esta vez, de estratos marinos con fósiles determinables. Entre ellos el descubridor halló *Leda woodworthi*, *Lingula imbituensis* y *Orbiculoidea guaraunensis*, acompañadas por una forma nueva que llamó *Chonetes rionegrensis*, que luego encontró también en la colección de Bella Vista (E. Oliveira, 1927, 54; 1930, 19).

Las primeras noticias sobre estos descubrimientos de fósiles marinos en Bella Vista y Teixeira Soares fueron publicadas por Eusebio de Oliveira en 1918, con la simple indicación de la presencia de los géneros *Lingula*, *Discina* y, posiblemente, *Leda*, pero con la importante observación de que, exceptuando los restos de peces, de insectos y de cierto gasterópodo indeterminado, todos los ejemplares son de pequeño tamaño, así que parecen pertenecer a una fauna enana (E. Oliveira, 1918, 14). Puede agregarse que también *Chonetes rionegrensis*, no mencionado explícitamente en 1918, es también una forma pequeña, en comparación con las dimensiones normales de los individuos adultos de especies típicas del género *Chonetes*.

Otra parte de la colección hecha en Bella Vista había sido enviada, por Derby, al Museo del Estado de Nueva York, en Albany, para que Clarke la estudiara; Derby había notado algo que se asemejaba a restos de *Conularia* y deseaba conocer la opinión del eminente paleontólogo. Clarke dió un vis-

tazo a los fósiles, no le pareció que hubiera *Conularia* alguna, y encomendó a Ruedemann el estudio de todo el material enviado por Derby. En el cajón que contenía este material, o bien en los rótulos que lo acompañaban, estaba escrito, al parecer, que se trataba de fósiles de la « tilita pérmica de San Pablo ». Unos veinte años después de su llegada a los Estados Unidos, los fósiles fueron examinados por Ruedemann, quien comprobó que las supuestas *Conulariae* eran coprolitos constituídos esencialmente por huesos y escamas de peces y que, además, había restos de braquiópodos de los géneros *Lingula* y *Orbiculoidea*, como también aglomeraciones de espículas de esponjarios, algunos dientes de peces y grupos compactos de escamas de peces de otro tipo. Un diligente estudio efectuado por W. M. Bryant llevó a la conclusión de que las escamas pertenecieron a alguna especie de la familia *Palaeoniscidae* y los dientes a alguna especie del orden *Crossopterygii* y que los individuos de ésta se habían alimentado de los de aquélla, cuyas escamas abundan en los coprolitos que se parecen a *Conulariae*. Ruedemann encuentra enigmática la asociación de restos de *Palaeoniscidae* (que solemos considerar como peces de agua dulce) y de braquiópodos (que son exclusivamente marinos) en una tilita (Ruedemann, 1929, 417-422 ; Bryant, 1929, 424-425).

Recientemente Carvalho, Miranda y Alvim (1942, 20, 21 y figs. 3, 4, 6), en un excelente trabajo de conjunto sobre la geología de Mafra, han hecho conocer interesantes detalles acerca de las relaciones entre sedimentos glaciales, glaciolacustres y marinos, agregando figuras de *Orbiculoidea guaraunensis* y de los *Palaeoniscidae* de Bella Vista.

Ya he dicho que, probablemente, la colección de fósiles de Bella Vista enviada por Derby a Clarke no estaba acompañada por una indicación exacta del lugar de procedencia. Esta hipótesis está justificada por el título del trabajo de Ruedemann, que se refiere a « fósiles de la tilita pérmica del Estado de San Pablo ».

Esta indicación (que figura en el título y es repetida varias veces en el texto) contiene, a mi manera de ver, tres errores, pues los fósiles se hallan en pizarras intercaladas entre dos conglomerados de origen probablemente glacial, son verosíblemente del Carbonífero, y proceden del Estado de Santa Catalina. El último de estos errores ha sido rectificado por Eusebio de Oliveira (1930, 17-21), quien ha aprovechado la ocasión para presentar un conciso resumen de los resultados de sus estudios anteriores sobre los fósiles marinos de Bella Vista (Estado de Santa Catalina) y de Passinho y Teixeira Soares (Estado del Paraná). Naturalmente, Oliveira estaba seguro de que las pizarras negras de Bella Vista son de origen marino, por cuanto contienen restos de braquiópodos ; y no podía estar igualmente convencido de que todos los miembros de la familia *Palaeoniscidae* vivieron exclusivamente en los mares.

Hemos visto que Derby en 1888 creía que los lamelibranquios asociados con los supuestos conglomerados glaciales de Colonia Hueza (Estado del Paraná) fueran del Carbonífero. Pero en los trabajos publicados por Wood-

worth en 1912, Ruedemann en 1929 y Eusebio de Oliveira en 1927 y 1930 siempre se refieren al Pérmico los conglomerados glaciales y los fósiles hallados en estratos marinos que pertenecen a la misma unidad estratigráfica, que Oliveira llamó « Serie Itararé » desde 1918. Huelga decir que no hay razones de orden paleozoológico para referir al Pérmico los estratos fosilíferos de Bella Vista, Passinho y Teixeira Soares, pues los moluscos y braquiópodos hallados en aquellas capas pertenecen a géneros muy longevos que ya eran comunes en el Carbonífero y a especies que, en los cuatro casos en que ha sido posible una determinación específica, han resultado nuevas. Pero debe notarse que unos diez años atrás, Eusebio de Oliveira ya estaba modificando su opinión anterior, como lo indica el hecho de que en su brevísimo compendio de geología histórica del Brasil, indica que la Serie Itararé puede corresponder al Pérmico inferior o al Carbonífero superior (E. Oliveira, 1933, 6).

En cuanto a la asociación de restos de *Palaeoniscidae* y de braquiópodos en las pizarras negras de Bella Vista, debo manifestar que me parece perfectamente explicable aún si se admite que los *Paleoniscidae* no podían vivir en aguas marinas de salinidad normal. Es evidente que, si un glaciar llega hasta el mar, debe producirse necesariamente una diluición local del agua marina al derretirse grandes masas de hielo. En la parte de continente cubierta por los glaciares ya no hay lagos adecuados para la vida de peces de agua dulce; éstos, a medida que los hielos avanzan, llenando los valles, deben ir hacia el mar, o bien perecer. El avance de los glaciares es lento y es acompañado por una gradual diluición de las aguas marinas en las inmediaciones de las costas y, especialmente, cerca de las desembocaduras de los ríos preexistentes, de manera que la adaptación a aguas más frías y ligeramente saladas puede efectuarse de poco a poco. Actualmente el género *Leda* vive en todos los mares, pero la mayoría de las especies se halla en los mares árticos, de débil salinidad, en los cuales hay partes donde los braquiópodos son relativamente abundantes. Una especie de braquiópodo hallada en el Mar de Baffin, cerca del círculo polar, es *Discinisca atlantica*, que se asemeja mucho a una *Orbiculoidea* y pertenece a la misma familia (*Discinidae*). Las tres especies de braquiópodos instituidas por Eusebio de Oliveira se caracterizan, entre otras cosas, por su pequeñez, en comparación con las especies típicas de los mismos géneros; esto puede interpretarse como un efecto de condiciones desfavorables del ambiente y, precisamente, de una salinidad insuficiente para el desarrollo normal. No son pocos los ejemplos de formas enanas halladas en los estuarios. Estas consideraciones me inducen a considerar probable que haya habido, a la vez, adaptación de algunos *Palaeoniscidae* a aguas más saladas que las de los lagos, y adaptación de algunos braquiópodos a aguas menos saladas que las de los océanos, lo cual habría hecho posible que estos animales convivieran en aguas marinas que habían perdido, por efecto del continuo derretirse de masas de hielo, parte de su salinidad normal.

En cuanto al ambiente en que vivían los *Palaeoniscidae* podemos recordar, además, una observación formulada por Salomon-Calvi (1933, 91); en el clásico tratado de Zittel se lee que algunos *Palaeoniscidae* vivían en aguas débilmente saladas y otros en aguas marinas, según lo demuestran los sedimentos que contienen sus restos y la asociación con otros fósiles. Esto no está de acuerdo con la calificación de « peces de agua dulce o de estuario » que Bryant aplica a los *Palaeoniscidae*. Por otra parte, Salomon-Calvi opina que, a pesar de la presencia de *Lingula* y de *Discina*, es posible que los estratos fosilíferos de Bella Vista se hayan depositado en aguas poco saladas; las razones que aduce son semejantes a las que he expuesto anteriormente, aunque cita otros ejemplos.

Hasta ahora me he referido a fósiles marinos del Antracolítico hallados en el sur del Brasil por Eusebio de Oliveira. Quedan por considerar dos descubrimientos importantes hechos por otros distinguidos miembros del Servicio Geológico y Mineralógico del Brasil. Me refiero a una nueva colección de fósiles hecha por M. Roxo cerca de la estación Teixeira Soares (en el mismo afloramiento ya explorado por E. de Oliveira) y al hallazgo, por A. A. Bastos, de un nuevo yacimiento fosilífero en el Río Tayó, Estado de Santa Catalina.

Los fósiles recolectados por Roxo en Teixeira Soares han sido examinados por Eusebio de Oliveira (1936, 8-10) quien ha reconocido, entre ellos, alas de un insecto (*Phylloblatta oliveirai* Carpenter), fragmentos de una concha de *Nuculidae* genéricamente indeterminable, y dos ejemplares de una nueva forma de braquiópodo que Oliveira llama *Ambocoelia roxoi*, aunque no excluye la posibilidad de que corresponde al género *Crurithyris*. Es interesante la noticia de que a esta misma especie pertenecen algunos fragmentos de valva encontrados en testigos de la perforación de Passinho, que anteriormente no habían sido determinados.

En el Río Tayó, A. A. Bastos descubrió una fauna constituida casi totalmente por lamelibranquios e hizo una colección de fósiles en los cuales Eusebio de Oliveira notó llamativas analogías con formas del Antracolítico de Nueva Gales del Sur. La colección fué enviada a Cowper Reed para su estudio.

Los resultados de las investigaciones de Reed fueron dados a publicidad por primera vez por Washburne (1930, 36, 37), a quien los había comunicado Eusebio de Oliveira; poco después aparecieron, expuestos en forma más extensa y acompañados por numerosas ilustraciones, en el tomo X de las monografías bilingües del Servicio Geológico y Mineralógico del Brasil (Reed, 1930).

Washburne (1930, 29-37) dedica un capítulo a la « Itararé Formation », que refiere al Carbonífero; en una nota declara que acepta el término estratigráfico propuesto por Eusebio de Oliveira (1927) en su monografía sobre la geología del Estado del Paraná. La última parte del capítulo, que trata de los fósiles de la « serie glacial » menciona las especies halladas por Oliveira

en las pizarras negras de Mafra y luego se extiende mayormente sobre la fauna marina descubierta por Bastos en el Río Tayó, dando una lista de las formas determinadas por Reed. La lista comprende seis especies nuevas (cuatro de *Aviculopecten*, una de *Stutchburia*, y una de *Schizodus*), una forma de *Maeonia* comparable a *M. cuneata* Dana, una forma comparable a *Agathiceras? micromphalus* (Morris) y formas específicamente indeterminadas de *Edmondia*, *Solenopsis*, *Schizodus* y *Chonetes* (o bien, *Chonetella*).

Al parecer, la lista de fósiles publicada por Washburne ha sido extraída de un informe preliminar, pues en la monografía de Reed, que apareció en el mismo año, hallamos otras dos especies nuevas (una de *Aviculopecten* y otra de *Spathella*) y una forma específicamente indeterminada de *Allorisma*; vemos, además, *Bellerophon? cf. micromphalus* Morris en lugar de *Agathiceras? cf. micromphalum* (Morris). En todo el resto las listas coinciden.

Dejando de un lado toda consideración acerca del cambio de nombre genérico (pues hemos visto en el capítulo XVII que no se sabe si el tipo de la especie de Morris es un gasterópodo o un ammonoideo), nos conformaremos con notar que todas las especies determinadas sin reservas son nuevas, de manera que las correlaciones stratigráficas deben basarse sobre las únicas dos formas comparables con especies conocidas. Estas dos especies conocidas son *Maeonia cuneata* y *Bellerophon? micromphalus* instituídas por Dana y por Morris, respectivamente, sobre ejemplares australianos que proceden de la Lower Marine Series o de la Upper Marine Series y que por consiguiente son, con toda probabilidad, del Carbonífero, aunque la mayoría de los stratígrafos y paleontólogos aún no han aceptado esta opinión (las razones que hablan en favor de la edad carbonífera, y no pérmica, de las mencionadas formaciones marinas, han sido expuestas en el capítulo XVII). Reed, quien atribuye mucha importancia también a las aparentes afinidades de sus numerosas especies nuevas, afirma que la fauna del Río Tayó, que refiere al « Permo-carbonífero », presenta las mayores analogías con aquéllas de la Upper Marine Series y de la Lower Marine Series del « Carbonífero » de Australia.

En mi opinión, es posible, aunque no muy probable, que la fauna del Río Tayó equivalga, cronológicamente, a la de una de las dos series marinas del Sistema de Kamilaroi de Nueva Gales del Sur, pero las determinaciones publicadas por Reed no nos proporcionan elementos suficientes para corroborar, con datos de valor positivo, la hipótesis sugerida por la semejanza de algunas formas. La dificultad procede, esencialmente, de la extraordinaria preponderancia de lamelibranquios entre los fósiles del Río Tayó. De las dieciséis formas de la lista publicada por Reed, una es un braquiópodo de dudosa posición genérica, otra ha sido puesta entre los gasterópodos por algunos autores y entre los ammonoideos por otros, y las otras catorce formas pertenecen a la clase de los lamelibranquios. Faunas de este tipo son relativamente raras en el Antracolítico; probablemente indican

condiciones especiales del ambiente como podría ser la disminución de salinidad producida por la cercanía de la desembocadura de un gran río, o bien del frente de un glaciar que llega hasta el mar. En estos casos puede haber adaptaciones a condiciones locales que determinan la aparición de formas nuevas y de limitada difusión horizontal; y esto puede constituir un obstáculo insalvable para las tentativas de correlación con faunas de regiones remotas.

En los trabajos estratigráficos de carácter sintético publicados por geólogos brasileños, a los estratos con fósiles marinos del Antracolítico del Sur de Brasil (Serie Itararé) se les atribuye una edad algo más reciente que a aquéllos de la cuenca del Río Amazonas (Serie Itaituba). Eusebio de Oliveira (1933, 6) pone la Serie Itararé en el « Permiano inferior o Carbonífero superior » y la Serie Tubarão (continental) en el Pérmico inferior. Guimarães (1936) pone las dos en el Pérmico inferior. Avelino de Oliveira y O. Leonardos (1940, 239) refieren ambas « series » al Permo-Carbonífero. Fiusa de Rocha y Pena Scorza (1940, 65) ponen la serie Tubarão en el Pérmico inferior y la serie Itararé en el Permo-Carbonífero. Naturalmente, el empleo del término « Permo-carbonífero », usado en distinto sentido por varios autores, no ayuda a aclarar los conceptos estratigráficos. La divergencia de opiniones respecto a la definición de la posición de la Serie Itararé en la escala cronológica contrasta con la unanimidad con que los geólogos brasileños refieren la Serie Itaituba al Carbonífero superior.

Creo necesario recordar, a este propósito, las opiniones expresadas por Du Toit y por Gerth en dos obras de índole aún más general.

Du Toit (1927, 72, 101, 147 y cuadro frente a la pág. 16) destaca la semejanza de la fauna de la « Serie de Itaituba » con las del Carbonífero superior de los Estados Unidos, de Rusia, del Sahara, de Bolivia y del Perú, que considera equivalentes cronológicamente; y hace corresponder la « Serie Itararé (con sus conglomerados glaciales y las pizarras negras, intercaladas, con *Leda*, *Lingula*, *Orbiculoidea*, etc.) a la base de su Carbonífero superior y a la sección superior de su Carbonífero medio, o sea a la parte más baja del Uraliano y a la parte más alta del Moscoviano, de manera que, para Du Toit, la « serie de Itararé » sería un poco más antigua que la « Serie de Itaituba ».

Gerth (1932, 136, 145, 146) también pone la « Serie de Itaituba » en el Carbonífero superior; en cambio, pone en el Pérmico los estratos fosilíferos de Bella Vista y del Río Tayó. En su opinión, todas las fases glaciales del Antracolítico se produjeron en el Pérmico; los fósiles de Bella Vista se hallaron en una intercalación de pizarra entre dos bancos de conglomerado glacial; la fauna del Río Tayó se asemeja a aquella que caracteriza, en Nueva Gales del Sur, las intercalaciones marinas asociadas con los últimos sedimentos de origen glacial; por consiguiente, Gerth refiere lógicamente la « Serie de Itararé » al Pérmico. Pero nosotros hemos visto, en el capítulo XVII, las razones que hablan en favor de la edad carbonífera de los estratos

fosilíferos marinos que en Nueva Gales del Sur alternan con depósitos glaciales, y aún de aquellos que los cubren (Upper Marine Series); por consiguiente no podemos aceptar las conclusiones del razonamiento de Gerth, por cuanto sabemos que está basado en una premisa errónea.

Todo parece indicar, pues, que los fósiles de Passinho, de Teixeira Soares, de Bella Vista y del Río Tayó, aunque a mi manera de ver no son muy significativos, pueden referirse al Carbonífero superior y que no hay argumentos paleontológicos en contra de la hipótesis de que todos los sedimentos marinos fosilíferos del Antracolíptico señalados en el Brasil se hayan depositado durante la misma transgresión marina, en la segunda mitad del período Carbonífero.

XXVII. SUPUESTOS INDICIOS DE LA EXISTENCIA DEL ANTRACOLÍPTICO MARINO EN EL PARAGUAY

Unos cuarenta y cinco años atrás el doctor César Gondra, ministro de Justicia de la República del Paraguay, donó a Siemiradzki, quien se hallaba de paso en Asunción, varios fósiles que habían sido traídos del interior del Paraguay por indios, que los llevaban como amuletos. Siemiradzki (1898, 29, 30, 38, 39) notó que entre ellos había dos formas del Carbonífero determinables: *Spirifer poststriatus* y un *Productus* del grupo del *P. punctatus* (posiblemente *P. nebrascensis*). Se ignora el lugar de procedencia, pero Siemiradzki suponía que provinieran de la región del Paraguay que linda con el Estado de Matto Grosso.

Seguramente, es la comunicación de Siemiradzki que ha inducido a Haug (1908, 791) a escribir que en el Paraguay hay algún indicio de formaciones carboníferas totalmente semejantes a las de Bolivia y de la Cordillera Oriental del Perú.

Kozlowski (1914, 94) se expresa en términos menos cautelosos. Dice que « en el Paraguay, Siemiradzki ha hecho conocer la presencia de *Spirifer cameratus* D'Orbigny (*S. poststriatus* Nikitin) y de un fragmento de un *Productus* que, muy probablemente, pertenece a *P. inflatus* Mac Chesney ».

Después del viaje de Siemiradzki en Paraguay y Brasil han transcurrido muchos años y se han efectuado viajes de exploración geológica y etnológica, sin que se volviera a tener noticia de fósiles carboníferos del Paraguay; por consiguiente, es natural que Gerth se demostrara algo escéptico acerca de los fósiles carboníferos marinos del Paraguay y señalara la posibilidad de que las conchas de braquiópodos donadas a Siemiradzki provengan de la región que se extiende frente a la Cordillera Oriental de Bolivia, recordando que D'Orbigny trajo a Europa un par de fósiles del Carbonífero de la región de Santa Cruz de la Sierra (Gerth, 1931, 527; 1932, 134). En el *Voyage* de D'Orbigny no he visto alusiones a estos fósiles; en cambio, en un trabajo de Forbes (1861, 50) he encontrado una breve lista de braquiópodos « stated

to be from Santa Cruz ». En el capítulo XXI he indicado los motivos que me inducen a dudar de la existencia de afloramientos fosilíferos marinos del Antracolítico en el departamento de Santa Cruz.

La hipótesis formulada por Gerth no me parece imposible, pero me parece más verosímil que los braquiópodos determinados por Siemiradzki provengan de lugares aun más remotos, por ejemplo de la región del Lago Titicaca, pues nada se opone a que pequeños objetos considerados de alto valor y empleados como amuletos o como adornos hayan sido transportados por grandes distancias, a consecuencia de una serie de trueques o donaciones que pudieron efectuarse en el curso de varias generaciones de indios.

Me parece, pues, que la existencia de afloramientos de estratos marinos, fosilíferos, del Antracolítico en territorio paraguayo no pasa de ser una mera posibilidad.

XXVIII. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN CHILE

A. EL SUPUESTO CARBONÍFERO DEL MORRO DE ARICA

Cien años atrás se creía que hubiera afloramientos de estratos marinos del Antracolítico en el Norte de Chile, cerca de la costa: investigaciones posteriores demostraron que, en realidad, se trataba de capas del Mesozoico. A fines del siglo pasado se señaló la presencia, en otro trecho de la zona costera de Chile, mucho más al Sur, de estratos fosilíferos referibles al Carbonífero o al Devónico; posteriormente se comprobó que ellos seguramente pertenecen al Antracolítico, pero algunos geólogos los ponen en el Pérmico y otros en el Carbonífero superior.

En abril de 1830 D'Orbigny examinó la constitución geológica de un cerrito (« El Morro ») que se levanta inmediatamente al Sur del puerto de Arica, en la provincia de Tacna. Según D'Orbigny (1839-1843, 358, 359; 1842, 100), el Morro de Arica estaría formado en parte por rocas volcánicas y en parte por calizas esquistasas negras del Carbonífero; el magma, en su ascenso, habría fracturado y atravesado los estratos de caliza, arrastrando fragmentos que luego quedaron incluidos en la roca volcánica. En las calizas que afloran en la falda septentrional del Morro y en las inclusiones calcáreas que se encuentran en la roca volcánica, D'Orbigny vió improntas de fósiles, que tomó por *Productus*; seguro de su determinación genérica, D'Orbigny afirmó que en el Morro de Arica hay estratos del Carbonífero. La noticia de este hallazgo también apareció en las actas de la Academia de Ciencias de París (Brongniart, Dufrenoy y Beaumont, 1843), pero expresada en términos más prudentes, pues dice que la caliza con improntas de *Productus* « parece pertenecer » al Carbonífero. Naturalmente, nadie pensaba en la posibilidad de que D'Orbigny se hubiera equivocado en la determinación genérica del fósil.

Sin embargo, así había ocurrido. Forbes buscó en vano en el Morro de Arica las improntas de *Productus*; halló, en cambio, restos de crustáceos filópodos (*Estheria*) que fueron estudiados por Rupert Jones. Los resultados de las observaciones propias y de las investigaciones paleontológicas de Jones, llevaron a Forbes (1861, 51) a afirmar que los sedimentos del Morro de Arica no pueden ser del Carbonífero, sino mucho más recientes y que corresponden, probablemente, a la parte superior del Jurásico.

Posteriormente Escutti-Arrego halló algunos fósiles en las rocas calcáreas del Morro de Arica; uno de ellos le pareció idéntico a *Rhynchonella tetrahedra*, del Liásico de Europa (Escutti-Arrego, 1909). Luego logró hacer una colección más importante, que lo indujo a reconocer que su primera determinación estaba equivocada y que los estratos fosilíferos no eran del Liásico, sino del Oxfordiano. Pero esta vez envió los fósiles recolectados a Douglas para que los estudiara. Según Douglas, los fósiles del Morro de Arica proceden de varios horizontes estratigráficos, de los cuales los más bajos pueden ser del Bathoniano y los más altos puede corresponder al Oxfordiano o aun a pisos más recientes; la presencia de restos de *Macrocephalites* (género que parece ser característico de la parte inferior del Caloviano) no deja la menor duda acerca de la edad jurásica de los estratos que los contienen (Douglas, 1914, 7-9).

Entre los fósiles determinados por Douglas hay una forma nueva de *Posidonomya*; no es imposible que D'Orbigny haya tomado las improntas asimétricas de esta *Posidonomya* por improntas deformadas de alguna especie de *Productus*. Sea como fuere, el error de D'Orbigny no carece de importancia, por cuanto su obra todavía es consultada con frecuencia, mientras que las correcciones de sus determinaciones erróneas se hallan expuestas en un opúsculo muy raro (Escutti-Arrego, 1909) y en artículos cuyos títulos se refieren a la geología del Perú (Balta, 1899) o de Perú y Bolivia (Forbes, 1861; Douglas, 1914). Por esta razón he creído útil incluir en el presente trabajos algunos datos acerca de los estratos fosilíferos del Morro de Arica, aunque hoy se sabe con seguridad que no corresponden al Antracolítico.

B. EL ANTRACOLÍTICO EN LAS PROVINCIAS DE ACONCAGÚA Y COQUIMBO

La existencia de estratos marinos del Paleozoico en las cercanías de la desembocadura del Río Choapa (río que, en la última parte de su curso marca el límite entre la provincia de Coquimbo y la de Aconcagua) fué notada por Sundt, quien recolectó algunos fósiles que luego fueron remitidos a Zittel para que los determinara. Zittel reconoció entre ellos una forma de *Productus* semejante a *P. longispinus* y restos de coralaris que verosímilmente pertenecen al género *Poteriocrinus*; y opinó que probablemente son del Carbonífero inferior, aunque también podrían ser del Devónico (R.

A. Philippi, 1898, 435 ; F. Philippi, 1898, 637 ; Sundt, 1909, 37 y 1910, 540). Kozlowski (1914, 94), sin formular juicios acerca de la edad de los fósiles del Río Choapa, consideró probable que la forma de *Productus* determinada con reservas por Zittel corresponda a *P. capaci*, común en el Carbonífero superior de Bolivia.

En 1921 Groeber visitó los afloramientos fosilíferos señalados por Sundt, halló otros en las inmediaciones y recolectó varios fósiles, algunos de los cuales resultaron identificables con dos especies ya conocidas (*Reticularia lineata* y *Pseudomonotis garforthensis*) y otros comparables a otras dos (*Productus longispinus* y *Pleurophorus subovalis*) ; sabiendo que *Pseudomonotis garforthensis* suele figurar entre los fósiles característicos del Pérmico y que las otras tres especies han sido halladas tanto en este sistema como en el Carbonífero, Groeber (1922, 317, 318) llegó, lógicamente, a la conclusión de que los estratos fosilíferos del Río Choapa son, muy probablemente, del Pérmico. En importantes trabajos de índole sintética (Windhausen, 1931, 168 ; Gerth, 1932, 167 ; Brüggén, 1934, 11) vemos que estos estratos son referidos categóricamente al Pérmico.

En mi opinión, la argumentación de Groeber es correcta pero las conclusiones son discutibles, por cuanto una de las premisas me parece errónea, aunque responde a la opinión de la mayoría de los estratígrafos actuales. La especie conocida en Europa generalmente bajo el nombre de *Pseudomonotis garforthensis* (King, 1850), según competentes paleontólogos (entre otros, el propio Groeber) es idéntica a *P. speluncaria* (Schlotheim, 1817), que ha sido hallada en Nebraska y en Kansas en estratos que corresponden a la Council Grove Formation, que se encuentra en la parte inferior de la Big Blue Series de Kansas y de regiones limítrofes. He expuesto en el capítulo XIX las razones por las cuales debemos incluir en el Carbonífero la parte de la Big Blue Series de Kansas que equivale a la Wolfcamp Series del Oeste de Tejas, así como lo hacían los geólogos del siglo pasado y como lo ha hecho, pocos años atrás, Romer (1935, 1629). Es evidente, pues, que *Pseudomonotis speluncaria* no puede ser una especie característica del Pérmico, por cuanto en Nebraska y en Kansas se encuentra en estratos que realmente pertenecen al Carbonífero, aunque la mayoría de los estratígrafos norteamericanos se han acostumbrado a considerarlos más recientes.

Al reconocer que *Pseudomonotis speluncaria* puede haber vivido en el Carbonífero, desaparece todo motivo para considerar probable que los estratos fosilíferos del Río Choapa sean del Pérmico más bien que del Carbonífero.

Estas y otras consideraciones que me inducen a creer que estos estratos son muy probablemente del Carbonífero superior, están expuestas con cierta amplitud en una nota que apareció algunos meses atrás (Fossa, 1943, 59-73).

La región que se extiende cerca de la desembocadura del Río Choapa ha sido objeto, entre 1936 y 1940, de nuevas investigaciones que han llevado

al descubrimiento de otros afloramientos fosilíferos y a la recolección de numerosos restos de moluscos y de braquiópodos. Fuenzalida (1940), quien ha colaborado en el levantamiento geológico de la región y ha efectuado el estudio de los fósiles coleccionados, ha logrado identificar cinco formas con especies ya conocidas. Ellas son *Productus boliviensis*, *Productus longispinus*, *Spiriferina zewanensis*, *Hustedia radialis* y *Euphemus carbonarius*. Sabemos que *Spiriferina zewanensis* es una especie cuyo tipo fué hallado en la « Serie de Zewan », del Kashmir, generalmente referida al Pérmico y considerada equivalente, en su parte basal, a la Middle Productus Limestone del Punjab, que a su vez puede paralelizarse con la parte superior del Gsheliano y con el Sakmario (Wadia, 1926, 366 ; Douglas, 1936, 54) lo cual está en armonía con la preponderancia de formas del Carbonífero europeo en la fauna de la Serie de Zewan (Diener, 1899, 91-93 ; Fossa, 1943, 317), como ya lo he mencionado en el capítulo XI ; por consiguiente, el tipo de *Spiriferina zewanensis* es del Carbonífero superior o del Pérmico inferior. *Productus boliviensis* y *Euphemus carbonarius* son especies del Carbonífero superior. *Productus longispinus* y *Hustedia radialis* son especies conocidas en el Carbonífero inferior, en el Carbonífero superior y, al parecer, también en la parte inferior del Pérmico. Es probable, pues, que la formación del Río Choapa que contiene estas cinco especies corresponda al Carbonífero superior (Fossa, 1943, 106-108). Fuenzalida, en cambio, cree posible distinguir, con criterios paleontológicos, dos horizontes estratigráficos, uno de los cuales correspondería al Carbonífero superior y otro a la zona de transición entre el Carbonífero medio y el Carbonífero superior; esta distinción no me parece corroborada por los datos paleontológicos proporcionados por el propio Fuenzalida. Es perfectamente posible que los estratos fosilíferos que afloran en las inmediaciones de la desembocadura del Río Choapa sean algo más antiguos que aquéllos descubiertos unos catorce kilómetros al sudeste de la desembocadura del río ; pero los fósiles determinados por Fuenzalida no hablan en favor de esta suposición, que, por otra parte, tampoco infirman.

En mi opinión, los estratos de donde proceden los restos de moluscos y de braquiópodos determinados por Zittel, por Groeber y por Fuenzalida pertenecen, muy probablemente, al Carbonífero superior, como ya creo haberlo demostrado en una nota que acaba de aparecer (Fossa, 1943, 251-267).

XXIX. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN LA PROVINCIA DE SAN JUAN

A. BARREAL

Poco después de haber llegado a la Argentina, Stappenbeck tuvo noticia de la existencia de afloramientos fosilíferos en cierto vallecito, entonces conocido bajo el nombre de Quebrada del Salto, que se encuentra algunos kiló-

metros al Sudeste de la población de Barreal. En uno de sus primeros viajes en la zona precordillerana, Stappenbeck visitó el sitio que le habían exactamente indicado y observó que los fósiles se hallan tanto en unas « areniscas negras margosas finas con interposiciones de margas pizarreñas », como en unas « areniscas gris-verduscas fragmentosas » separadas de las primeras por un grupo de estratos margosos y arenosos, compactos, de color verde amarillento. Stappenbeck especifica que encontró restos de *Chonetes* y de *Pleurotomaria* en las areniscas de color verdoso, pero no dice si el otro nivel fosilífero (areniscas negras) se distingue o no por contener determinados fósiles.

Después de haber estudiado lo mejor que pudo, luchando contra las dificultades ocasionadas por la escasez de obras de consulta y la falta de material de comparación, Stappenbeck llegó a resultados importantísimos, que expuso brevemente en su conocido trabajo sobre la Precordillera de San Juan y Mendoza (1910).

Stappenbeck empieza con señalar las dificultades encontradas, que no le han permitido determinar con exactitud muchos de los fósiles de su colección. Luego dice :

« Sólo he podido constatar con seguridad el *Spirifer supramosquensis* Nik. Por esta razón, indico — pero con reservas — el piso como piso del *Spirifer supramosquensis*. Aunque las fusulinas faltan completamente, no me parece imposible que se tratara de un piso aún más reciente. La mayoría de los fósiles se compone de braquiópodos y moluscos. Entre los braquiópodos predominan, con *Sp. supramosquensis*, los Productidos. Varios ejemplares se parecen mucho a *Pr. cora* Orb. y a *Pr. lineatus* Waag. ; son tal vez idénticos con ellos, otros tienen mucha semejanza con *Productus pustulatus* Keyserl. Los *Orthis* y *Chonetes* son también abundantes, pero no he podido constatar relación alguna con formas conocidas, por las razones arriba mencionadas. Entre los moluscos hay que mencionar los géneros *Platystoma*, *Pleurotomaria* y *Euomphalus*. El *Euomphalus*, muy abundante, tiene mucha semejanza con *E. parvus* Waag. del Middle Productus Limestone de la Salt Range, pero es de mayor tamaño... Se hallan raras veces bivalvos ; son más abundantes los restos de *Orthoceras*, además se encuentran segmentos del pedúnculo de *Cyathocrinus* y Briozoarias » (Stappenbeck, 1910, 38).

Es claro que, en la opinión de Stappenbeck, los estratos fosilíferos de la Quebrada del Salto corresponden muy probablemente a lo que hoy llamamos Gsheliano en sentido estricto, sin excluir la posibilidad de que correspondan al Sakmariano.

Hemos visto que cierta forma de *Euomphalus* de la Quebrada del Salto se asemeja mucho, según Stappenbeck, a *E. parvus* de la Middle Productus Limestone de la Salt Range ; y también hemos visto, en el capítulo X, que la Middle Productus Limestone corresponde verosímelmente al Sakmariano y a la parte superior del Gsheliano. En el tiempo en que Stappenbeck redac-

tó su trabajo sobre la Precordillera ya se había difundido la opinión de que todos los sedimentos fosilíferos del Antracolítico de la India (inclusive los conglomerados glaciales de Talchir) son posteriores al Carbonífero, así que se solía admitir sin discusión que la sedimentación de la Productus Limestone ha empezado bastante tiempo después del comienzo del Pérmico. Era inevitable, pues, que en la presencia de una forma semejante a una especie de la Middle Productus Limestone (como lo es *Euomphalus parvus*) se viera un indicio de que los fósiles coleccionados por Stappenbeck en la Quebrada del Salto pudieran ser del Pérmico más bien que del Carbonífero.

Keidel (1922, 257, 334) opinó que Stappenbeck se había equivocado en determinar como *Spirifer supramosquensis* ejemplares de la colección de la Quebrada del Salto que corresponderían al grupo del *Spirifer keilhavi*; y paralelizó aquellos estratos fosilíferos con las capas marinas asociadas con depósitos glaciales en Australia y Tasmania, que entonces eran consideradas, por lo general, del Pérmico. En realidad, esta conclusión de Keidel hoy habla en favor de la edad carbonífera de los estratos fosilíferos de la Quebrada del Salto, por cuanto hemos visto en los capítulos XVII y XVIII que hay buenas razones para creer que las últimas glaciaciones del Antracolítico se produjeron, aún en Australia, en el Carbonífero.

Du Toit visitó la Quebrada del Salto en 1923 y recolectó muchos fósiles en el mismo lugar ya explorado por Stappenbeck; además examinó otro afloramiento fosilífero, no mencionado por Stappenbeck, situado en un vallecito próximo, recogiendo fósiles también en este sitio. Las colecciones hechas por Du Toit fueron estudiadas por Reed, quien llegó a la conclusión de que tanto los estratos de la Quebrada del Salto como aquellos del vallecito innominado son seguramente del Carbonífero superior y probablemente corresponden a la parte basal del Uraliano (Du Toit, 1927, 34, 35; Reed, 1927, 131-149). Debe notarse que Du Toit descubrió, en el vallecito sin nombre, conglomerados con aspecto de tilitas (y cuyo origen glacial considera comprobado) en íntima asociación con las capas fosilíferas.

Reed indica, al final de su trabajo, la procedencia de casi todas las formas que ha logrado determinar en las dos colecciones de Du Toit; pero omite decir de cuál de los dos afloramientos fosilíferos proceden los ejemplares que ha determinado como *Athyris* sp., *Ambocoelia planoconvexa* y *Spirifer* aff. *rajah*. Llama la atención el hecho, ya notado por Gerth (1932, 166), de que la lista de los fósiles de la Quebrada del Salto (veinte y cuatro formas) y aquella de fósiles del vallecito innominado (nueve formas) son completamente diferentes, no citándose ni una forma común a ambos afloramientos. Según Gerth, ambas faunas corresponderían al Pérmico; su argumentación se funda esencialmente sobre el postulado de que la gran glaciación del Antracolítico es posterior al Carbonífero, lo cual, por las razones que hemos visto, es altamente improbable.

En cambio Keidel (1938, 189; 1942, 101, 102), después de haber efectuado nuevas investigaciones en los alrededores de Barreal, cree que los

estratos fosilíferos de la Quebrada del Salto son del Carbonífero superior y verosímilmente del Uraliano (así como lo suponía Stappenbeck) y que los del vallecito innominado, que Du Toit consideraba inferiores a aquéllos, son del Pérmico inferior. La posición aparentemente anormal de los dos afloramientos encontraría su explicación en una superficie de corrimiento que los separa y que no ha sido observada por Du Toit.

El argumento de índole paleontológica aducido por Keidel para sostener que los estratos fosilíferos del vallecito innominado son del Pérmico es la presencia de *Spiriferina zewanensis*, que es la única especie anteriormente conocida que Reed ha logrado identificar entre los fósiles del vallecito. Pero sabemos que el tipo de *S. zewanensis* fué hallado en la serie de Zewan, en Kashmir, juntamente con numerosas otras formas entre las cuales hay una proporción no despreciable de especies que, según Diener (1899, 91-93), ya eran conocidas en el Carbonífero de Europa. Hemos visto en los capítulos X y XI que Wadia (1926, 366) cree que la parte inferior de la « Zewan Series » equivale a la Middle Productus Limestone y que Douglas (1936, 54) opina que esta sección corresponde en parte a los estratos con *Pseudoschwagerina* y en parte a los estratos con *Productus cora* de la Plataforma Rusa. Por consiguiente la presencia de *Spiriferina zewanensis* no indica de ninguna manera que los estratos que la contienen deben referirse al Pérmico más bien que al Carbonífero. En el capítulo XXVIII he recordado que Fuenzalida (1940) ha mencionado *S. zewanensis* entre los fósiles hallados cerca de la desembocadura del Río Choapa en Chile.

En cuanto a los estratos fosilíferos de la Quebrada de Salto, los datos publicados por Reed indican claramente que corresponde referirlos al Carbonífero superior, como ya lo había dicho Stappenbeck en 1910 y lo admite aun Keidel en sus publicaciones más recientes. La presencia de *Spirifer supramosquensis* no ha sido confirmada explícitamente por Reed (1927, 135) quien habla de un ejemplar de la colección de la Quebrada del Salto que « seems indistinguishable from this species » pero lo determina como *Spirifer cf. supramosquensis*.

En un trabajo publicado algunos meses atrás he expuesto mis ideas acerca de la edad de los estratos fosilíferos de la Quebrada del Salto y del vallecito innominado, llegando a la conclusión de que es muy probable que los primeros pertenezcan a una u otra sección del Carbonífero superior y que es poco probable que los otros sean de edad muy diferente (Fossa, 1943, 320, 321).

B. ESTANCIA DEL LEONCITO («LEONCITO ENCIMA »)

Keidel descubrió en 1914 y describió en 1922 ciertos estratos fosilíferos que afloran cerca del casco de la Estancia del Leoncito (más conocida entre los geólogos bajo la denominación de « Leoncito Encima »), unos veinte a veinticinco kilómetros al Sudeste de la población de Barreal; los refirió al

Pérmico porque notó entre los fósiles formas muy parecidas a *Spirifer alatus* y *S. rugulatus* y porque vió que están asociados con bancos de conglomerado cuyo origen glacial le parecía evidente (Keidel, 1922, 256-334). Posteriormente, Harrington estudió una colección de fósiles hecha en las inmediaciones de la Estancia del Leoncito por Keidel y reconoció entre ellos algunas valvas de *Spiriferina octoplicata* y ejemplares comparables a *Dielasma itaitubense* y a *Beecheria sublaevis*; las formas más abundantes no resultaron referibles a especies ya conocidas, así que Harrington tuvo que instituir dos especies nuevas, *Syringothyris keideli* y *Cyrtospirifer leoncitis*. Atribuyendo especial importancia a las afinidades de estas dos especies nuevas y a la presencia de *Spiriferina octoplicata*, Harrington opinó que los estratos fosilíferos de la Estancia del Leoncito son, muy probablemente, del Carbonífero inferior y Keidel consideró comprobada, por el estudio de los fósiles, la conclusión que Harrington había formulado con reservas (Keidel y Harrington, 1938, 127, 128).

Considerando el mismo problema con criterios diferentes (o sea tomando en consideración ante todo la única especie identificada con otra conocida, luego las formas comparables a especies conocidas y atribuyendo la menor importancia a las especies nuevas) he llegado a conclusiones diferentes. *Spiriferina octoplicata* y *Beecheria sublaevis* son comunes en la « Productus Limestone », hallándose también en su sección inferior que, como hemos visto en el capítulo X, puede paralelizarse con una parte del Gsheliano; y *Dielasma itaitubense* es una especie cuyo tipo procede del Carbonífero superior del Río Tapajós, en el norte del Brasil. Tanto el género *Syringothyris* como el género *Cyrtospirifer* han sido señalados en el Carbonífero superior, pero aún si en estos casos las determinaciones genéricas fueran inexactas, nada autoriza a negar que una o más especies pueden haber sobrevivido en ciertos mares después que otras del mismo género habían desaparecido en otros mares donde vivían en la primera mitad del Carbonífero. Por estas razones, que he expuesto con mayor amplitud en otro trabajo (Fossa, 1943, 313-315), me parece perfectamente posible, y también probable, que los estratos fosilíferos de la Estancia del Leoncito sean del Carbonífero superior.

XXX. EL ANTRACOLÍTICO MARINO EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

A. SIERRA BAYA

Hace medio siglo, Siemiradzki (1893) publicó, en dos artículos, interesantes noticias acerca de los fósiles que había observado en la Sierra Baya y, precisamente, en una cantera abierta cerca de Hinojo para explotar cierta caliza marmórea. Siemiradzki dice que vió improntas imperfectas de trilobites en una caliza negra y, más abajo, restos de *Stromatopora polymorpha* y de *Atrypa reticularis* en un mármol de color amarillento que, por contener estos fósiles, sería del Devónico.

Hauthal (1904, 3, 7) se mostró poco dispuesto a creer en lo afirmado por Siemiradzki, cuyas observaciones, en su opinión, « corresponden tan poco a las condiciones reales, que es mejor no tomarlas en consideración »; agregó Hauthal que la presencia de restos de trilobites en las calizas negras y de *Stromatopora polymorpha* y *Atrypa reticularis* en la dolomía amarillenta no quedaba comprobada por investigaciones posteriores. Keidel (1916, 6), en su trabajo fundamental sobre las Sierras de la provincia de Buenos Aires, alude de paso a la afirmación de Siemiradzki y a las dudas manifestadas por Hauthal, pero se abstiene de formular una opinión propia. Esta actitud es la más razonable, pues no es raro el caso de que en el frente o en el piso de una cantera se vean, durante cierto tiempo, fósiles que luego no se encuentran más, porque la parte fosilífera de la roca ya ha sido extraída y utilizada; por otra parte, el hecho de que Siemiradzki no ha recogido y depositado en algún lugar accesible a los estudiosos los fósiles que ha visto en la Sierra Baya impide toda comprobación de la exactitud de sus determinaciones, como lo ha justamente observado Riggí (1938, 124, nota 1). La existencia de verdaderas improntas de trilobites puede parecer particularmente dudosa, por cuanto Nágera (1940, 99) ha notado que en cierta « variedad negro azulada » de la caliza de la Sierra Baya « la fractura de la roca es concoide, pero presenta también comúnmente un aspecto que en ciertos casos parece el de lóbulos de trilobites ». Debo agregar que en su libro Nágera no hace referencia alguna a Siemiradzki; sin embargo la advertencia acerca del aspecto de la fractura de la caliza puede haber sido inspirada por el deseo de evitar nuevos errores como aquel que generalmente se atribuía a un geólogo cuyo nombre no le parecía necesario recordar. Según Nágera, las dolomías de la Sierra Baya deberían referirse al Ordovícico, así que no podía estar de acuerdo con la opinión de Siemiradzki, quien creía haber hallado fósiles del Devónico, ni con la de Schiller (1930, 52) quien había señalado indicios que le hacían suponer que aquellas dolomías pudieran ser del Carbonífero superior.

Esta hipótesis de Schiller, que no estaba corroborada por observaciones directas, está de acuerdo con los resultados de hallazgos y estudios posteriores. Seis o siete años atrás, se encontraron numerosos moldes de braquiópodos en la cantera de dolomía de la Punta del Diablo, en Loma Negra, cerca de Olavarría. Keidel (1938, 236, nota 10) menciona este descubrimiento y dice que Harrington cree que muy probablemente se trata de una forma de *Spiriferina* del Carbonífero superior. Posteriormente el propio Harrington ha comprobado definitivamente que todos los ejemplares de la Punta del Diablo pertenecen a la misma especie, que es *Spiriferina campestris*, cuya presencia significa, en su opinión, que la dolomía de Olavarría es del Carbonífero y, probablemente, del Carbonífero superior, así como ya lo había supuesto Schiller (Harrington, 1940, 235-246).

Harrington recuerda que *Spiriferina campestris* fué hallada por Kozłowski en la colección de Apillapampa y agrega que ejemplares de la misma

especie fueron recolectados en la localidad de Chacapaya, cerca de Cochabamba, en Bolivia, por el propio descubridor de los de Punta del Diablo, señor S. F. Kendell. Efectivamente Toula (1869, 437, 438) mencionó *Spiriferina octoplicata* entre los fósiles recogidos en la región de Cochabamba, pero Kozlowski (1914, 70-73) no aceptó la determinación de Toula y opinó que se trata de *Spiriferina campestris*, especie que había hallado tanto en la colección de Apillapampa, como en la de Yarbichambi.

A propósito de la rectificación, hecha por Kozlowski, de la determinación de Toula, es interesante recordar lo que ha escrito Harrington al describir la forma de Punta del Diablo: « En el estado actual de nuestros conocimientos, no es siempre fácil distinguir entre sí las especies *Spiriferina cristata*, *Sp. octoplicata*, *Sp. spinosa* y *Sp. campestris* » (Harrington, 1940, 244). Comparto plenamente esta opinión, como ya lo he manifestado en otro trabajo, explicando las razones que la justifican (Fossa, 1943, 315); también por eso, no me ha parecido muy significativa la presencia de *Spiriferina octoplicata* en la breve lista de los fósiles de la Estancia del Leoncito, ni he podido ver en ella un indicio importante para establecer la edad de aquellos estratos.

A mi manera de ver, el hallazgo de varios ejemplares de una forma de *Spiriferina* que « son muy semejantes a los de *Spiriferina campestris* White emend. Girty descritos y figurados por Kozlowski del Carbonífero superior de Bolivia, y especialmente a varios de los ejemplares provenientes de la localidad de Apillapampa » y que « también se asemejan estrechamente a varios de los ejemplares descritos por Waagen bajo el nombre de *Spiriferina cristata* Schlotheim provenientes de la Caliza de Productus de la Salt Range de la India » (Harrington, 1940, 245) no constituye una prueba de que la dolomía de Olavarría es del Carbonífero, por cuanto la forma referida por Waagen a *Spiriferina cristata* también se halla en la Upper Productus Limestone, cuya edad pérmica es aceptada por todos. Pero me parece más probable que esta dolomía sea del Carbonífero superior que del Pérmico, por haber hallado Waagen su « *Spiriferina cristata* » también en las secciones media e inferior de la « Productus Limestone » (que corresponden, en mi opinión, al Carbonífero superior) y por haber sido señalada *Spiriferina campestris* en tres o cuatro lugares de Bolivia en estratos que casi seguramente pertenecen al Carbonífero superior.

B. SIERRA DE PILLAHUINCÓ Y SIERRA DE LAS TUNAS

En el potente conjunto de rocas sedimentarias referibles al Antracolítico que aflora en la Sierra de Pillahuincó y en la Sierra de las Tunas, Du Toit (1927, 22-26, y cuadro frente a la pág. 16) distinguió una sección basal, con conglomerados de origen glacial, una sección media constituida prevalentemente por pizarras gris azuladas, y una sección superior formada esen-

cialmente por areniscas y cuarcitas. Los depósitos glaciales ya habían sido reconocidos, descritos bajo la denominación de « Conglomerado del Valle del Río Sauce Grande », y paralelizados con los conglomerados glaciales de Dwyka por Keidel (1916, 15-19 y mapa geológico) quien los refería al Pérmico de acuerdo con la opinión de la mayoría de los geólogos. Du Toit, quien conocía bien los conglomerados de Dwyka, confirmó la interpretación de Keidel en cuanto a la equivalencia de las dos formaciones, pero puso estos conglomerados de Sauce Grande y las pizarras gris azuladas en el Carbonífero superior; en cambio refirió al Pérmico el grupo superior de areniscas y cuarcitas que designó con la denominación de « Pillahuincó beds ».

Harrington (1934) realizó un estudio más completo de todo este conjunto de estratos (conglomerados glaciales, pizarras gris azuladas, areniscas y cuarcitas) que llamó « Serie de Pillahuincó ». Esta expresión puede considerarse justificada por consideraciones topográficas, pero presenta el inconveniente, notado por Riggi (1938, 126), de prestarse a confusiones, por haber sido aplicado con anterioridad por Du Toit únicamente a la parte superior del conjunto. Harrington dividió su « Serie de Pillahuincó » en tres secciones o « grupos ». La sección inferior, o « grupo glacial de Sauce Grande », corresponde a los depósitos glaciales ya definidos por los estudios de Keidel y Du Toit. La sección media, o « grupo de Bonete », incluye las pizarras gris azuladas y la parte inferior de los « Pillahuincó beds » de Du Toit. La sección superior, o « grupo de Tunas » corresponde al resto de los « Pillahuincó beds ». La distinción entre el grupo de Bonete y el grupo de Tunas puede hacerse aún con criterios litológicos, pero no es fácil resumir claramente las diferencias en pocas palabras.

Este primer trabajo de Harrington estaba destinado, principalmente, a la descripción de los restos de plantas fósiles hallados en la parte inferior del « grupo de Bonete » y a la discusión de su significado stratigráfico. Fundándose en los resultados de sus investigaciones paleobotánicas, Harrington opinó que la flora del grupo de Bonete corresponde a la de la Serie de Ecca. En realidad, las cuatro especies identificadas sin reservas por Harrington (*Glossopteris browniana*, *G. indica*, *G. angustifolia* y *Gangamopteris cyclopteroides*) pueden haber vivido aún mucho tiempo antes de que se depositaran los primeros estratos de la Serie de Ecca, como lo demuestra la comparación de las flores de los « pisos » de Barakar y de Karharbari del Sistema de Gondwana; pero la interpretación de Harrington también es verosímil. En un trabajo anterior (Fossa, 1940, 199-205) he expuesto mis ideas acerca de las probables correlaciones de las formaciones continentales en distintos sectores del antiguo continente de Gondwana; en mi opinión, la serie de Ecca puede corresponder, aproximadamente, al Pérmico inferior. Por consiguiente, si la pequeña flora descrita por Harrington fuera efectivamente contemporánea de la de Ecca, entonces la parte inferior del « grupo de Bonete » debería corresponder al Pérmico inferior: si es anterior, lo cual me

parece posible, por lo menos una parte del « grupo de Bonete » debería corresponder al Carbonífero superior.

Es interesante una alusión de Harrington a restos de bivalvos hallados por Keidel tanto en las pizarras de la parte basal del « grupo de Bonete » como en ciertos sedimentos arenoso-arcillosos finamente bandeados que ocupan una posición más alta dentro del mismo « grupo de Bonete »; los estratos con los restos de vegetales se encuentran entre los dos horizontes con bivalvos (Harrington, 1934, 312). No se dice si estos bivalvos son marinos o de agua dulce.

Hallamos mayores datos acerca de estos bivalvos en el trabajo de Keidel sobre los Gondwanidés de la Argentina. Aquí vemos combinados, con criterio ecléctico, las subdivisiones de Du Toit con las de Harrington, pues Keidel distingue cuatro « series »: la del Sauce Grande, la de Piedra Azul, la de Bonete y la de Tunas. La serie de Piedra Azul corresponde a las pizarras griz-azuladas de Du Toit y la Serie de Bonete de Keidel corresponde a la parte restante de la Sierra de Bonete de Harrington. Los restos de bivalvos se hallan en la parte superior de la serie glacial de Sauce Grande, en la parte media de la Serie de Piedra Azul y en la parte inferior de la serie de Bonete. En la parte superior de la serie de Piedra Azul se notó la presencia de restos de gasterópodos. Algunos de los bivalvos de la parte inferior de la Serie de Bonete (en sentido estricto) y de un horizonte stratigráfico más bajo pertenecen al género *Eurydesma*. Se infiere del contexto que este importantísimo hallazgo es el fruto de diligentes y metódicas investigaciones del terreno, efectuadas por Keidel y por Harrington (Keidel, 1938, 224-229).

En el trabajo sobre la edad de la dolomía de Olavarría, Harrington hace una comparación entre el ambiente marino, relativamente cálido, en que puede haberse formado aquella dolomía y el ambiente marino frío en que deben haberse depositado los sedimentos conglomerádicos glaciales de la Serie de Sauce Grande y los estratos que contienen restos de *Eurydesma*. Harrington, adoptando las cuatro series y las denominaciones de Keidel, nos dice que en la Serie de Bonete hay varios horizontes constituídos por areniscas cuarcíticas moteadas, muy parecidas a las que alternan con los bancos de conglomerado glacial en la Serie de Sauce Grande; por lo menos en dos de estos horizontes de la Serie de Bonete hay voluminosas conchas de *Eurydesma*. Mas abajo, en las pizarras de la serie de Piedra Azul se han hallado restos de pequeños gasterópodos marinos que pertenecen al género *Pleurotomaria* o a algún género afín. Según Harrington, tanto la flora como los lamelibranquios de las Sierras de Pillahuincó y de las Tunas « se hallan estrechamente vinculados a similares floras y faunas del Pérmico medio del Brasil » mientras que la *Spiriferina* de Olavarría probablemente es del Carbonífero y seguramente no puede ser considerada como más joven que Pérmico inferior; esta consideración le induce a señalar « la probabilidad de que las dolomías sean realmente del Carbonífero superior y anteriores a

la deposición de los sedimentos glaciales de la serie de Sauce Grande » (Harrington, 1940, 241, 242).

Hemos visto en los capítulos X, XXII y XVII que los estratos que contienen restos de *Eurydesma* pueden ser del Gsheliano, o del Moscoviano o aun más antiguos. Hemos visto en los capítulos XXV y XXVI que es posible, y también probable, que todos los fósiles marinos hallados en el Brasil y referidos al Pérmico sean, en realidad, del Carbonífero superior. Sabemos que las pocas especies de plantas halladas en la serie de Bonete y descritas por Harrington pueden haber vivido tanto en el Pérmico como en la segunda mitad del Carbonífero. Por consiguiente, es perfectamente posible que la dolomía de Olavarría sea algo más reciente que los estratos con restos de plantas y lamelibranquios de la serie de Bonete. En este caso, naturalmente, los conglomerados glaciales de la Serie de Sauce Grande deberían ponerse en el Carbonífero superior. Hemos visto en los capítulos X y XI que ésta es justamente la posición que corresponde asignar a los conglomerados glaciales de Talchir (y, por consiguiente, a los de Dwyka).

XXXI. RESUMEN DE LOS CAPÍTULOS ANTERIORES

I. Si las correlaciones paleontológicas y estratigráficas generalmente aceptadas fueran correctas, durante el Antracólítico el mar habría invadido sucesivamente varias partes del actual continente sudamericano, retirándose de algunas de ellas antes de inundar otras, lo cual es posible pero no me parece muy verosímil. Ciertas consideraciones teóricas inducen a contemplar la posibilidad de una transgresión marina única sobre extensísimas regiones de este continente, pero esta hipótesis resulta incompatible con las correlaciones paleontológicas y estratigráficas comúnmente aceptadas. El presente trabajo contiene una discusión crítica de los fundamentos de estas correlaciones, que, examinados sin prejuicios dogmáticos, me parecen sumamente débiles y a veces insostenibles, de manera que se desvanecen, en mi opinión, los motivos para negar la posibilidad de que todos los animales marinos del Antracólítico cuyos restos han sido hallados en la América del Sur hayan vivido en una misma « época » geológica, que corresponde al Carbonífero superior. El examen de las fuentes de información seguramente no ha resultado tan completo como yo lo habría querido; pero la literatura geológica sobre el Antracólítico es demasiado abundante para que uno puede tener la certidumbre de que no se le ha escapado algo importante. Es mi deseo que los lectores subsanen las omisiones que notaren, rectifiquen eventuales errores y contribuyan a la discusión de un problema al cual, en el pasado, no se le ha reconocido toda la importancia que tiene.

II. La distinción entre « ingresiones » y « transgresiones en sentido estricto » no es prácticamente aplicable en nuestro caso, pues los restos

conocidos de sedimentos marinos del Antracolítico se encuentran diseminados en lugares del continente sudamericano muy distantes entre sí y además la edad de alguno de ellos es discutida o discutible ; por consiguiente, en el presente trabajo el término « transgresión » está usado en su sentido más amplio.

III. La idea de una transgresión marina única, que se habría producido en la segunda mitad del Carbonífero (y probablemente en la edad Uraliana) ya se encuentra en escritos de Steinmann y de Gerth.

IV. La gran regresión marina que se produjo a mediados del Carbonífero en extensas regiones del hemisferio boreal, permitiendo la formación de importantísimos yacimientos de carbón mineral, probablemente ha sido acompañada por una transgresión marina sobre regiones igualmente extensas del otro hemisferio que anteriormente no estaban cubiertas por el océano, no habiendo motivos para suponer que el volumen del agua de los océanos y mares haya disminuído repentinamente. Esta consideración habla en favor de la hipótesis de una transgresión única en el continente sudamericano. Pero tan simple hipótesis parece contradicha por el hecho de que los restos de animales marinos del Antracolítico hallados en distintas regiones de la América del Sur han sido referidos en parte al Carbonífero inferior, en parte al Carbonífero superior y en parte al Pérmico ; pero las faunas sudamericanas consideradas neocarboníferas por la mayoría de los autores superan considerablemente las otras por el número de individuos y la variedad de formas. Es razonable que nos preguntemos si acaso se ha deslizado algún error en la determinación de la edad de las faunas poco numerosas y relativamente pobres que han sido consideradas del Carbonífero inferior o del Pérmico por la mayoría, o por la totalidad, de los autores que las han estudiado. Los errores pueden proceder de determinaciones equivocadas de los fósiles, de diferencias en los criterios empleados para dividir del Antracolítico en unidades estratigráficas de varias categorías (sistemas, series, pisos y subpisos), o bien de correlaciones arbitrarias de faunas cuya edad ha sido determinada con criterios distintos. Los errores originados por la primera de estas causas sólo podrían rectificarse mediante un nuevo estudio de millares de fósiles del Antracolítico coleccionados en este continente y conservados en varios museos de ambas Américas y de Europa ; dudo de que exista algún paleontólogo dispuesto a dedicarse a esta revisión minuciosa y metódica y que, a la vez, pueda llevarla a término. Los errores que dependen de las otras causas pueden ser descubiertos mediante un examen crítico de la literatura geológica ; esta tarea no está fuera del alcance de un modesto estudioso.

V. En geología quien quiere evitar confusiones debe empezar por definir los términos estratigráficos que se propone emplear ; esta precaución es especialmente necesaria en nuestro caso, por cuanto hay grandes discrepancias entre diversos autores acerca de los límites no sólo de las subdivisiones menores sino también de los dos sistemas del Antracolítico. En el presente

trabajo distingo, de arriba abajo y refiriéndome esencialmente a las formaciones marinas, ocho pisos, a saber : Tartariano, Kazaniano, Kunguriano, Artinskiano, Uraliano, Moscoviano, Viseano y Tournaisiano. Los primeros dos constituyen el Pérmico superior, el tercero y el cuarto el Pérmico inferior, el quinto y el sexto el Carbonífero superior y los últimos dos el Carbonífero inferior (o Dinantiano). El Uraliano comprende dos subpisos : el subpiso superior, o Sakmario, corresponde, en la región típica, a la zona con *Pseudoschwagerina princeps* ; el subpiso inferior, o Gsheliano, está constituido, en la región típica, por una zona superior, con *Productus cora*, y por una zona inferior, con *Omphalotrochus whitneyi*. Considero el Namuriano como el subpiso inferior del Viseano, cuyo subpiso inferior designo como Viseano en sentido estricto. Esta clasificación es tan artificial como cualquier otra, pero la prefiero por ser relativamente sencilla y aplicable a las regiones donde el Pérmico y el Carbonífero superior marino han sido estudiados en detalle por primera vez.

VI. También en paleontología hay términos que es necesario definir o aclarar para no ocasionar confusiones. Por razones de prioridad los más comunes *Fusulinidae* del Sakmario deben referirse al género *Pseudoschwagerina* (genotipo *P. princeps*) y no al género *Schwagerina*, que comprende las formas que anteriormente se ponían en el género *Pseudofusulina*.

VII. Muchos son los criterios que han sido invocados por distintos autores para trazar el límite entre un sistema y otro ; ellos han sido expuestos y discutidos por una subcomisión especialmente designada por la American Association of Petroleum Geologists. Aplicando los más simples de estos criterios, sin tomar en consideración las costumbres que se han arraigado en los Estados Unidos, se llega a la conclusión de que el Sakmario, o sea la zona con *Pseudoschwagerina princeps*, debe ser incluido en el Carbonífero y que los estratos que se encuentran inmediatamente más arriba ya deben referirse al Pérmico.

VIII. Tanto el Pérmico como el Carbonífero han sido divididos en dos series por algunos autores y en tres series por otros. La división en dos series es preferible por cuanto refleja la costumbre que se había generalizado en todo el mundo durante el siglo pasado y que aun predomina en las Américas y en algunas partes de Europa.

IX. Siempre que sea posible, es preferible referirse a los « pisos » del Carbonífero y del Pérmico que a las « series », pues no hay tantas divergencias entre los autores acerca de los límites de aquéllos. Sin embargo en este continente carecemos, a menudo, de datos suficientemente abundantes o seguros para poder paralelizar determinadas faunas con las que caracterizan uno u otro piso en las regiones típicas. Por consiguiente, debemos conformarnos, en muchos casos, con indicar la serie, y entonces debemos tener presente que hemos adoptado la división de los sistemas Carbonífero y Pérmico en dos series y no en tres.

X. A menudo se toma por término de comparación una unidad estrati-

gráfica de una región que no es la típica, en cuyo caso se requiere mucha cautela en sacar conclusiones de las comparaciones, pues es posible que la correlación estratigráfica con la región típica sea discutible o errónea. Esto ha ocurrido (aunque hay muchos que aun no lo creen) con los estratos del Antracolítico de la Salt Range del Punjab. Estudios recientes indican que la sección superior (Upper Productus Limestone) del espeso conjunto de calizas fosilíferas corresponde al Pérmico inferior y que las secciones media (Middle Productus Limestone) e inferior (Lower Productus Limestone) corresponden al Uraliano. Más precisamente, la parte inferior de la Lower Productus Limestone (estratos de Amb) equivale a la zona con *Omphalotrochus* de Rusia: la parte superior de la Lower Productus Limestone (estratos de Katta) y toda la Middle Productus Limestone equivalen, en conjunto, a las zonas con *Productus cora* y con *Pseudoschwagerina princeps* de Rusia. Las areniscas moteadas (Speckled Sandstones), que vienen debajo de las calizas fosilíferas, y los conglomerados glaciales (Boulder Bed) que se encuentran debajo de las areniscas moteadas pueden corresponder a una parte del Moscoviano. En su parte inferior las areniscas moteadas contienen restos de *Eurydesma*; por consiguiente debemos admitir que este género de grandes lamelibranquios criófilos vivió, en el Punjab, en la segunda mitad del Moscoviano. Los conglomerados glaciales de Talchir no pueden ser más recientes, porque en el Punjab se encuentran debajo de los estratos con *Eurydesma*. Por esta razón, la idea, tan difundida, de que la gran glaciación de la India se produjo en el Pérmico me parece absolutamente insostenible.

XI. En Kashmir las calizas con *Syringothyris* corresponden probablemente al Viséano, las arcillas con *Fenestella* a una sección indeterminada del Carbonífero, las « Agglomeratic Slates » en parte al Moscoviano y en parte al Gsheliano inferior, la sección inferior de la serie de Zewan a la parte superior del Uraliano, la sección superior de la Serie de Zewan al Pérmico. Los restos de *Eurydesma* hallados en Kashmir provienen de las Agglomeratic Slates, y por consiguiente aquí estos moluscos deben haber vivido o en el Moscoviano o a principios del Gsheliano.

XII. En Nueva Gales del Sur dos especies del género *Eurydesma* están asociadas con dos formaciones glaciales entre las cuales se interpone un conjunto de estratos espeso unos quinientos metros, lo cual indica que la simple presencia de restos del género *Eurydesma* no puede invocarse para definir exactamente la edad. La presencia de cualquier forma de este género significa que el sedimento en que se encuentra es de origen glaciomarino y, en cuanto a la edad, puede corresponder a la base del Gsheliano, o al Moscoviano, o aun ser, posiblemente, algo más antiguo.

XIII. Los estratos fosilíferos de Honguer Ola, en Mongolia, corresponden a la Middle Productus Limestone de la Salt Range, en el Punjab, y por consiguiente al Sakmario y a la parte superior del Gsheliano, y no al Pérmico como lo ha afirmado Grabau.

PLATAFORMA RUSA	SALT RANGE (PUNJAB)	KASHMIR	INDIA PENINSULAR	NUEVA GALES DEL SUR	KANSAS y IOWA
TARTARIANO			A		
KAZANIANO			D	RANIGANJ	
KUNGURIANO	PRODUCTUS LIMESTONE	CHIDERU	U		CIMARRON
ARTINSKIANO		KUNDGHAT	A	IRONSTONE SHALE	
		JABI	D		
SAKMARIANO		ZEWAN SERIES		BARAKAR	BIG BLUE
	KALABAGH				WELLINGTON SUMNER CHASE COUNCIL GROVE ADMIRE
GSHELIANO SUP.		VIRGAL			
INF.		KATTA	TALCHIR	KARHARBARI	VIRGIL
		AMB			
MOSCOVIANO	SPECKLED SANDSTONE BOULDER BED	PANJAL SERIES		TALCHIR BOULDER BED	DES MOINES
		AGGLOMERATIC SLATES			
NAMURIANO		FENESTELLA SHALE			
WISEANO <i>sensu stricto</i>		SYRINGOTHYRIS LIMESTONE			
TOURNAISIANO				KUTTUNG	
				GLACIAL STAGE	
				VOLCANIC STAGE	
				BASAL STAGE	
				BURINDI	

Fig. 9. — Algunas correlaciones que el autor del presente trabajo considera particularmente verosímiles

XIV. Las calizas con *Fusulinidae* y braquiópodos del valle de Kukurtuk, en el Tian Shan, también corresponden a la Middle Productus Limestone y, por consiguiente, al Sakmariano y a la parte superior del Gsheliano.

XV. Los fósiles del Antracolíptico de Birmania descritos por Diener como pérmicos son, probablemente, del Uraliano.

XVI. La rica fauna antracolíptica de la isla de Timor parece corresponder a la Middle Productus Limestone y por tanto debe referirse al Carbonífero superior más bien que al Pérmico.

XVII. La Upper Marine Series de Nueva Gales del Sur probablemente corresponde a una parte del Moscoviano; la Lower Marine Series, con *Eurydesma*, puede ser anterior al Moscoviano.

XVIII. Los restos de algunas pocas formas de ammonoideos hallados en el Antracolíptico de Australia no constituyen ningún argumento serio en favor de la supuesta edad pérmica de la Lower Marine Series; los estratos con *Paralegoceras* pueden pertenecer a cualquier piso del Carbonífero, salvo el Tournaisiano.

XIX. La Wolfcamp Series del oeste de Tejas, y los conjuntos de estratos que la representan en otra parte de los Estados Unidos de Norte América, son del Carbonífero superior y no del Pérmico. La Wolfcamp Series equivale, probablemente, a todo el Sakmariano y a la parte más alta del Gsheliano.

XX. Los fósiles marinos del Antracolíptico coleccionados en la región del Lago Titicaca (mayormente en territorio boliviano) son seguramente del Carbonífero superior y muy probablemente corresponden al Uraliano.

XXI. Otro tanto puede decirse de aquellos recolectados en el departamento de Cochabamba. No hay motivo para atribuir una edad diferente a los fósiles que se dice que provienen del departamento de Santa Cruz, aunque no se ha indicado dónde están los afloramientos fosilíferos. Puede afirmarse, pues, que en Bolivia no se conocen estratos fosilíferos marinos que no sean referibles al Carbonífero superior.

XXII. En el departamento de Puno, en el Perú, hay afloramientos de estratos fosilíferos que verosímilmente son todos del Uraliano y, en cualquier caso, del Carbonífero superior; la suposición de que las calizas moradas del valle de Vizcachani son del Carbonífero inferior fué demostrada errónea por el mismo paleontólogo que primero la formuló. En el resto del Perú se conoce la existencia de muchos otros afloramientos de capas fosilíferas marinas del Antracolíptico. En todos los casos que conozco, los fósiles coleccionados son referibles al Carbonífero superior y a veces indican claramente una edad Uraliana.

XXIII. Los fósiles marinos del Antracolíptico recolectados cerca de Gachalá son del Carbonífero superior y no es improbable que sean del Uraliano; no tengo noticia de que se conozca otro afloramiento de capas marinas fosilíferas del Antracolíptico en Colombia.

XXIV. En Venezuela la presencia del Antracolíptico marino ha sido com-

probada cerca del Paso Palmarito, donde se han recolectado fósiles referibles al Carbonífero superior; entre ellos hay foraminíferos que indican que algunos de los estratos fosilíferos pertenecen, probablemente, al Sakmario.

XXV. Los estratos fosilíferos marinos del Antracolítico que afloran en tantos lugares del Norte del Brasil (estados del Pará, del Amazonas y del Piauí, y territorio del Acre) pertenecen en su totalidad al Carbonífero superior y, al parecer, al Uraliano.

XXVI. Los fósiles marinos hallados en la perforación de Passinho y en los conocidos afloramientos de Teixeira Soares, de Bella Vista y del Río Tayó, en el Sur de Brasil, pueden ser todos del Carbonífero superior.

XXVII. Algunos fósiles marinos del Antracolítico traídos por indios paraguayos son, muy probablemente, del Carbonífero superior. Es posible que provengan de algún afloramiento desconocido del interior del Paraguay, pero parece más probable que hayan sido recolectados en Bolivia.

XXVIII. En Chile se conoce el Antracolítico marino sólo en una pequeña área cerca de la desembocadura del Río Choapa. Los fósiles cuyas determinaciones han sido publicadas indican que los estratos de donde provienen son, probablemente, del Carbonífero superior.

XXIX. Los fósiles marinos coleccionados en la Quebrada del Salto, en un vallecito próximo y en los alrededores de la Estancia del Leoncito (« Leoncito Encima»), en la provincia de San Juan, pueden ser todos del Carbonífero superior.

XXX. Lo poco que hasta ahora ha sido publicado acerca de los fósiles marinos del Antracolítico hallados en la provincia de Buenos Aires indica que todos ellos pueden ser del Carbonífero superior y que, además, no es improbable que los estratos con *Eurydesma* de la Sierra de Pillahuincó y de la Sierra de las Tunas correspondan a la parte superior del Moscoviano o a la Sección basal del Uraliano y que la dolomía de Olavarría sea algo más reciente, aunque siempre equivaldría a algún horizonte del Uraliano.

XXXII. CONCLUSIONES

Hay buenas razones para poner en el Carbonífero superior ciertas unidades estratigráficas regionales que eminentes autores han referido al Pérmico y que han servido, o pueden servir, como términos de comparación en las tentativas de determinar la edad de formaciones marinas fosilíferas de la América del Sur.

De estas unidades estratigráficas regionales las más importantes, para nosotros, son: el Sakmario y el Gsheliano de la Plataforma Rusa (que también figuran, como subpisos del Uraliano, en la columna estratigráfica de referencia general); la Middle Productus Limestone, la Lower Productus Limestone, la Speckled Sandstone y el Boulder Bed de la Salt Range, en

el Punjab ; la parte inferior de la Zewan Series y las Agglomeratic Slates de Kashmir ; los estratos con braquiópodos y foraminíferos del valle de Kukurtuk, en el Tian Shan ; la Jisu Honguer Formation, de Mongolia ; los estratos con braquiópodos de los « Shan States », en Birmania ; las formaciones fosilíferas marinas del Antracolíptico de Timor ; la Upper Marine Series y la Lower Marine Series de Nueva Gales del Sur, como también sus equivalentes en otras regiones de Australia ; la Wolfcamp Series del Oeste de Tejas y las formaciones que equivalen a ella en otras partes de los Estados Unidos de Norte América. La atribución errónea de estas unidades estratigráficas al Pérmico fué el resultado de correlaciones arbitrarias o de síntesis prematuras apoyadas por la autoridad de investigadores renombrados, como Waagen, Noetling, Frech, Gerth, Schuchert y Grabau.

En todas las faunas marinas del Antracolíptico halladas hasta ahora en la América del Sur y descritas en las obras que he podido consultar, hay una proporción considerable de formas idénticas a especies que son comunes en una u otra (o en varias) de las unidades estratigráficas mencionadas en el párrafo anterior. En cambio no se ha comprobado que en aquellas faunas haya formas que pueden referirse sin reservas a especies que han sido halladas sólo en el verdadero Pérmico o en el verdadero Carbonífero inferior en otros continentes.

Por consiguiente es posible, y me parece verosímil, que todos los sedimentos marinos fosilíferos cuyos restos conocemos en la América del Sur se hayan depositado en la segunda mitad del Carbonífero aunque no puede excluirse que la sedimentación marina haya continuado aún durante una parte del Pérmico, determinando la formación de estratos poco resistentes que posteriormente habrían sido destruídos casi totalmente por la erosión.

La distribución geográfica y estratigráfica de los depósitos marinos del Antracolíptico en la América del Sur está plenamente de acuerdo con la hipótesis de una transgresión marina, única, que se habría producido en la primera parte de la época Neocarbonífera (edad Moscoviana) y habría llegado a sumergir extensísimas regiones durante la segunda parte de la misma época (edad Uraliana). La regresión puede haber tenido lugar a fines de la edad Uraliana o bien en la primera parte de la época Eopérmica.

La transgresión pudo estar relacionada con la gran regresión que se produjo al comienzo de la edad Moscoviana en amplias regiones del hemisferio boreal.

Buenos Aires, 21 de octubre de 1943.

Summary. — A critical review of the literature available to the writer seems to support the following statements :

It is reasonable to assume that the Sakmarian (*i.e.*, the « *Pseudoschwagerina* Zone ») of the Russian Platform is uppermost Carboniferous.

The Sakmarian of the Russian Platform is probably homotaxial with the Kalabagh Beds (upper section of the *Productus* Limestone) of the Salt Range, with a part of the Barakar « stage » of Peninsular India, with a rather low section of the Zewan Series of Kashmir, with most, or the whole, of the Jisu Honguer Formation of Mongolia, with the upper section of the Upper Coal Measures of New South Wales, with the Chase and Council Grove Formations of Kansas, and possibly with the *Pseudoagathiceras* Zone of Timor.

In the Anthracolithic faunas of South America there are many species which have also been found in one or several of the formations mentioned above or in somewhat older beds, whereas species only known in undoubtedly Permian, or Lower Carboniferous beds, are wanting.

The geographical and stratigraphical distribution of the Anthracolithic marine fossils in South America is consistent with the hypothesis of *one* marine transgression which took place in Upper Carboniferous times, followed by *one* regression at the end of the same epoch or rather in early Permian, the lack of typical Permian fossils being due, perhaps, to erosion of the upper marine beds.

LISTA DE TRABAJOS MENCIONADOS EN EL TEXTO Y EN LOS DIAGRAMAS

- AGASSIZ, A., *Geological Note*, en DERBY, O. A., *Notice of the palaeozoic fossils (of Lake Titicaca)*, B. M. C. Z., III, n° 12, 283-286, Cambridge, Mass., 1876.
- AGASSIZ, A. y S. W. GARMAN, *Exploration of Lake Titicaca*, B. M. C. Z., III, n° 11, 274-279, Cambridge, Mass., 1876.
- ALBUQUERQUE, O. R., *Reconhecimentos geologicos no vale do Amazonas*, B. S. G. M. B., n° 3, 40-41, Rio de Janeiro, 1922.
- ANDERSSON, J. G., *Note on the find of an Eurypteris-specimen in the Kaiping coal-basin*, B. G. S. C., n° 2, 66-67, Peking, 1920.
- ANDRÉE, K., *Geologie in Tabellen*, Berlin, 1922.
- BALTA, J., *Ensayos sobre la geología del Perú. I. El sistema carbonífero en el Perú*, reimpresión de artículos publicados en la *Revista de Ciencias*, II, Lima, 1899.
- BECKWITH, R. H., *Contributions to the geology of Northern Mongolia*, B. A. M. N. H., V, n° 67, art. 7, 327-339, New York, 1934.
- BEEDE, J. W. y H. T. KNIKER, *Species of the genus Schwagerina and their stratigraphical significance*, B. U. T., n° 2433, Anstin, 1924.
- BERKEY, C. P., y MORRIS F. K., *Relation of the Jisu Honguer formation to the general geology of Mongolia*, en GRABAU, A. W., *The Permian of Mongolia*, págs. 12-33, New York, 1931.
- BERRY, W., *Distribution of the Fusulinidae*, P. A. G., LVI, n° 3, 181-187, Les Moines, 1931.
- *Sketch of the geology of Bolivia*, P. A. G., LVII, 240-262, Les Moines, 1932.
- *Fusulina and Bolivina from Peru*, P. A. G., LIX, 262-272, Les Moines, 1933.
- BION, H. S., *The fauna of the Agglomeratic Slate Series of Kashmir*, P. I., n. s., XII, Calcutta, 1928.

- BLACKWELDER, E., *United States of North America*, en STEINMANN-WILKENS, *Handbuch der regionalen Geologie*, VIII, n° 2, Heidelberg, 1910.
- BOWMAN, I., *The Andes of Southern Peru* (segunda edición), London, 1920 (la primera edición fué publicada en los Estados Unidos en 1916).
- BRAVO, J., *Reconocimiento de la región costanera de los departamentos de Tumbes y Piura*, A. A. P. P. C., Lima, 1921.
- BRONGNIART, A., O. DUFRÉNOY, y E. BEAUMONT, *Rapport sur un mémoire de M. Alcide D'Orbigny intitulé : Considérations générales sur la géologie de l'Amérique Méridionale*, Séance du 28 août de 1843 de l'Académie Royale des Sciences, en apéndice al *Voyage dans l'Amérique Méridionale* de D'Orbigny, III, parte 3ª, Paris, 1843.
- BRÜGGEN, J., *Grundzüge der Geologie und Lagerstättenkunde Chiles*, Heidelberg, 1934.
- BRYANT, W. L., *Fossil fish remains from the Permian tillite of Brasil*, en Ruedeman, R., *Fossils of the Permian tillite of São Paulo*, B. G. S. A., XL, n° 2, 424-425, Washington, 1929.
- CABRERA LA ROSA, A. y G. PETERSEN, *Reconocimiento geológico de los yacimientos petrolíferos del departamento de Puno*, B. C. I. M. P., n° 115, Lima, 1936.
- CARVALHO, P. F., *Valle do Rio Tapajóz*, en *Reconhecimentos geologicos e sondagens na Baía do Amazonas*, B. S. G. M. B., n° 15, 33-88, Rio de Janeiro, 1926.
- CARVALHO, P. F., J. MIRANDA y P. A. ALVIM, *Geologia de Mafra*, B. D. N. P. M., n° 105, Rio de Janeiro, 1942.
- CHRIST, P., *La coupe géologique le long du chemin de Mucuchachi à Santa Barbara dans les Andes Vénézuéliennes*, en *Eclogae Geologicae Helvetiae*, XX, Basel, 1927.
- DAVID, T. W. E., *Evidence of glacial action in the Carboniferous and Hawkesbury Series, New South Wales*, Q. J. G. S., XLII, n° 170, 190-196, London, 1887.
- *Explanatory notes to accompany a new geological map of the Commonwealth of Australia*, Sidney, 1932.
- DAVID, T. W. E. y C. A. SÜSSMILCH, *Upper Paleozoic glaciation of Australia*, B. G. S. A., XLII, n° 6, 481-522, New York, 1931.
- DELÉPINE, G., *Observations sur la limite entre Carbonifère supérieur et Permien dans l'Oural*, en *Comptes Rendus du Congrès des Sociétés Savantes, Section Sciences*, n° 71, 193-195, Nice, 1938.
- DERBY, O. A., *On the Carboniferous brachiopoda of Itaituba, Rio Tapajós, Prov. of Pará, Brazil*, B. C. U., I, n° 2, Ithaca, N. Y., 1874.
- *Notice of the Paleozoic fossils (of Lake Titicaca)*, B. M. C. Z., III, n° 12, 279-286, Cambridge, Mass., 1876.
- *Contribuções para a geologia da região do Baixo Amazonas*, A. M. N. R. J., II, 77-104, Rio de Janeiro, 1877.
- *A contribution to the geology of the Lower Amazonas*, P. A. P. S., 1879, 155-178, Philadelphia, 1879.
- *The Amazonian Upper Carboniferous fauna*, J. G., II, n° 5, 480-501, Chicago, 1894.
- DEREIMS, A., *Les gisements Carbonifères des hauts plateaux Boliviens*, en KOZŁOWSKI, R., *Les brachiopodes du Carbonifère supérieur de Bolivie*, A. P., IX, 4-8, Paris, 1914.
- DIENER, C., *The Permocarboniferous fauna of Chitichun n° 1*, P. I., serie 15ª, I, parte 3ª, Calcutta, 1897.
- *Anthracolithic fossils of Kashmir and Spiti*, P. I., serie 15ª, I, parte 2ª, Calcutta, 1899.
- *Anthracolithic fossils of the Shan States*, P. I., n. s., III, Mem. n° 3, Calcutta, 1911.
- *The Anthracolithic faunae of Kashmir, Kanaur and Spiti*, P. I., n. s., V, Mem. n° 2, Calcutta, 1915.
- *Leitfossilien des marinen Perm*, en GÜRICH, G., *Leitfossilien*, parte 5ª, Berlin, 1927.
- D'ORBIGNY, A., *Voyage dans l'Amérique Méridionale*, II, Paris, 1839-1843; III, parte 1ª, Paris, 1844; III, parte 3ª (Géologie) y 4ª (Paléontologie), Paris, 1842; VIII (Atlas), Paris, 1847.

- DOUGLAS, J. A., *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 »*, Q. J. G. S., LXX, n° 277, 1-53, London, 1914.
- *Geological sections through the Andes of Peru and Bolivia : II. From the Port of Mollendo to the Inambari River*, Q. J. G. S., LXXVI, n° 301, 1-61, London, 1920.
- *A Permo-Carboniferous fauna from South-West Persia (Iran)*, P. I., n. s., XXII, Mem. n° 6, Calcutta, 1936.
- DUARTE, A. G., *Brachiopodos do Rio Parauari*, B. S. G. M. B., n° 84, Rio de Janeiro, 1936.
- *Fosseis da sondagem de Therezina, Estado de Piauí*, N. P. S. G. M. B., n° 2, 1-3, Rio de Janeiro, 1936.
- *Fosseis carboniferos de Rio Jatapú*, B. S. G. M. B., n° 74, Rio de Janeiro, 1938.
- DUNBAR, C. O., *The Type Permian : its classification and correlation*, B. A. A. P. G., XXIV, n° 2, 237-281, Tulsa, 1940.
- DUNBAR, C. O. y G. E. CONDRA, *The Fusulinidae of the Pennsylvanian system of Nebraska*, B. N. G. S., 2ª serie, n° 2, Lincoln, Nebr., 1927.
- DUNBAR, C. O. y J. SKINNER, *New fusulinid genera from the Permian of West Texas*, A. J. S., 5ª serie, XXII, n° 129, 252-268, New Haven, Conn., 1931.
- *Schwagerina versus Pseudoschwagerina and Paraschwagerina*, J. P., X, n° 2, 83-91, Menasha, Wis., 1936.
- DU TOIT, A. L., *A geological comparison of South Africa with South America*, P. C. I. W., n° 381, Washington, 1927.
- *Our wandering continents*, Edinburg, 1937.
- ESCUTTI-ARREGO, A., *Fósiles del Morro de Arica*, Santiago de Chile, 1909.
- FERMOR, L. L., *General Report of the Geological Survey (of India) for 1921*, R. G. S. I., LIV, parte 1ª, Calcutta, 1922.
- FIUZA DA ROCHA, J., *Iniciação ao estudo das formações carboníferas no Sul do Brasil*, A. D. N. P. M., n° 25, Rio de Janeiro, 1938.
- FIUZA DA ROCHA, J. y E. PENA SCORZA, *Estratigraphia do carvão em Santa Catarina*, B. D. N. P. M., n° 104, Rio de Janeiro, 1940.
- FLETCHER, H. O., *Paleontological evidence of the Hunter Valley in regard to the boundary between the Permian and Carboniferous systems*, R. A. N. Z. A., XXIV, 91-92, Sidney, 1939.
- FORBES, D., *On the geology of Bolivia and Southern Peru*, Q. J. G. S., XVII, n° 69, 7-62, London, 1861.
- FORSCH, N. N., *Samarskaya Luka*, en *The Permian Excursion, Southern Part*, 37-53, G. E., 17º C. G. I., Leningrad, 1937.
- FOSSA-MANCINI, E., *Acerca de la edad de las capas fosilíferas del llamado « Bajo de Velis » en la Provincia de San Luis*, R. M. L. P., n. s., I, *Geología*, 161-232, Buenos Aires, 1940.
- *Sobre la edad de los estratos con braquiópodos de Barrial y de Leoncito Encima (Provincia de San Juan)*, R. M. L. P., n. s., I, *Geología*, 299-324, La Plata, 1943.
- *Sobre la edad de los estratos con Reticularia lineata de la Ligua (Provincia de Aconcagua, Chile)*, N. M. L. P., VIII, *Geología*, n° 23, 59-73, La Plata, 1943.
- *Segunda nota sobre la edad de los estratos con Reticularia lineata de Huantelauquen (Provincia de Aconcagua, Chile)*, N. M. L. P., VIII, *Geología*, n° 26, 251-267, La Plata, 1943.
- *Supuestos vestigios de glaciaciones del Paleozoico en la Argentina*, R. M. L. P., n. s., I, *Geología*, 347-406, La Plata, 1943.
- FOX, C. S., *The Gondwana system and related formations*, M. G. S. I., LVIII, Calcutta, 1931.
- FRECH, F., *Das Carbon*, en *Lethaea Geognostica*, parte I, vol. II, entrega 2ª, 257-434, Stuttgart, 1899; entrega 3ª, 435-452, Stuttgart, 1901.

- FRECH, F., *Die Dyas*, en *Lethaea Geognostica*, parte I, vol. II, entrega 3ª, 453-578, Stuttgart, 1901; entrega 2ª, 579-788, Stuttgart, 1902.
- FREDERICKS, G., *The Permian of the Ural region*, R. 16th S. I. G. C., I, 657-662, Washington, 1936.
- FRENGUELLI, J., *Acerca de la presencia de «Rhacopteris ovata» en el «Paganzo I» de Villa Unión, La Rioja*, R. M. L. P., n. s., II, 11-47, La Plata, 1943.
- FUENZALIDA VILLEGAS, H., *Algunos afloramientos paleozoicos de la desembocadura del Choapa*, B. M. N. H. N., XVIII, 37-64, Santiago de Chile, 1940.
- GABB, W. M., *Description of a collection of fossils, made by Doctor Antonio Raimondi in Peru*, J. A. N. S. P., VIII, 236-336, Philadelphia, 1881.
- GEE, E. H., *The geology of the Umaria coal field, Rewah State, Central India*, R. G. S. I., LX, parte 4ª, 399-410, Calcutta, 1928.
- GEIKIE, A., *Text-book of Geology*, 4ª edición, II, London, 1903.
- GEMMELLARO, G. G., *La fauna dei calcari con Fusulina della valle del Sosio*, Palermo, 1877-1899.
- GERTH, H., *Geologische und morphologische Beobachtungen in den Kordilleren Südperús*, G. R., VI, entr. 3ª, 129-153, Leipzig, 1915.
- *Die Korallenfauna des Perm von Timor und die permische Vereisung*, en *Leidsche Geologische Mededeelingen*, III, n° 1, 7-14, Leiden, 1926.
- *Neue Vorkommen von marinem Oberkarbon in den nördlichen Anden*, N. J. M. G. P., B. B. LXV, Abt. B, 521-529, Stuttgart, 1931.
- *Geologie Südamerikas, Erster Teil*, Berlin, 1932.
- GIGNOUX, M., *Géologie Stratigraphique*, 2ª ed., Paris, 1936.
- GIRTY, G. H., *Triticites, a new genus of Carboniferous Foraminifera*, A. J. S., 4ª s., XVII, n° 99, 234-240, New Haven, 1904.
- GORSKY, J. J., *Chussovaya to Solikamsk*, en *The Permian Excursion, Northern Part*, 58-94, G. E. 17° C. G. I., Leningrad, 1937.
- GORTANI, M., *Era Paleozoica*, en PARONA, C. F., *Trattato di geologia*, 2ª edición, Milano, 1924.
- GRABAU, A. W., *A new species de Eurypterus from the Permian of China*, B. G. S. C., n° 2, 61-66, Peking, 1920.
- *A Lower Permian Fauna from the Kaiping coal basin*, B. G. S. C., n° 2, 69-76, Peking, 1920.
- *The Permian of Mongolia*, en *Natural History of Central Asia*, vol. IV, New York, 1931.
- *Oscillation or pulsation*, R. 16th S. I. G. C., I, 539-553, Washington, 1936.
- GREGORY, H. E., *Geologic sketch of Titicaca Island and adjoining areas*, A. J. S., 4ª s., XXXVI, n° 213, 187-213, New Haven, 1913.
- GREGORY, J. W. y B. H. BARRET, *General Stratigraphy*, London, 1921.
- GROEBER, P., *Ueber die Faunen des unterkarbonischen Transgressionsmeeres des zentralen Tianschan, die in der Umgebung des Sart-dschol-Passes gefunden worden sind*, N. J. M. G. P., B. B. XXVI, 213-248, Stuttgart, 1908.
- *Carbon und carbonfossilien des nördlichen und centralen Tianschan*, A. B. A. W., XXIV, 2ª parte, 341-384, München, 1909.
- *Das südliche Tianschan*, en *Penck's Geographische Abhandlungen*, X, n° 1, Stuttgart, 1914.
- *Pérmico y Triásico en la costa de Chile*, en *Physis*, V, n° 20, 315-319, Buenos Aires, 1922.
- GUBLER, J., *La valeur stratigraphique des Fusulinidés du Permien*, C. R. A. S., CXCVIII, n° 4, 381-383, Paris, 1934.
- GUERASSIMOW, N. P., *Cycles of sedimentation in the Upper Paleozoic of the Permian Preduralie and the boundary between the Carboniferous and the Permian*, A. P. 17° C. G. I., 88, Moscow, 1937.

- GUIMARÃES, D., *Cuadro chrono-geologico do Brasil*, en *Mineraçao e Metallurgia*, n° 2, Rio de Janeiro, 1936.
- HARRASSOWITZ, H., *Die Karbonformation. — Die Permformation*, en SALOMON, W., *Grundzüge der Geologie*, II, 227-274 y 245-308, Stuttgart, 1926.
- HARRINGTON, H. J., *Sobre la presencia de restos de la flora de Glossopteris en las Sierras Australes de Buenos Aires y su significación en lo referente a las relaciones de la Serie Glacial y series superiores*, R. M. L. P., XXXIV, 303-338, Buenos Aires, 1934.
- *La edad de la dolomita de Olavarría y la estructura de corrimiento de las Sierras Bayas*, R. M. L. P., n. s., I, *Geología*, 233-258, Buenos Aires, 1940.
- HARRISON, J. V., *The geology of Central Andes in part of the Province of Junin, Perú*, Q. J. G. S., XCIX, n° 393-394, 1-36, London, 1943.
- HARTT, G. F., *Geology and Physical Geography of Brazil*, Boston, 1870.
- HAUG, E., *Traité de Géologie*, II, Paris, 1908-1911.
- HAUTHAL, R., *Beiträge zur Geologie der argentinischen Provinz Buenos Aires*, P. G. M., L, n° 4, 83-97, Gotha, 1904.
- HAYDEN, H. H., *The stratigraphical position of the Gangamopteris Beds of Kashmir*, R. G. S. I., XXXVI, parte 1ª, Calcutta, 1907.
- KAHLER, F. y G., *Fusulinidae aus dem Tianschan*, N. J. M. G. P., B. B. LXXXIII, B., n° 2, 348-362, Stuttgart, 1940.
- KATZER, F., *Ueber das Carbon von Itaituba am Tapajós-Flusse in Brasilien*, N. J. M. G. P., 1897, II, n° 2, 218-220, Stuttgart, 1897.
- *Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes (des States Pará in Brasilien)*, Leipzig, 1903.
- KAYSER, E., *Lehrbuch der Geologie*, III, 6ª ed., Stuttgart, 1923.
- KEIDEL, H., *Geologische Untersuchungen im südlichen Tian-schan nebst Beschreibung einer oberkarbonischen Brachiopodenfauna aus dem Kukurtuk-Tal*, N. J. M. G. P., B. B. XXII, 266-384, Stuttgart, 1906.
- *Geología de las sierras de la provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud Africa y los Andes*, A. M. A. S. G., XI, n° 3, Buenos Aires, 1916.
- *Observaciones geológicas en la precordillera de San Juan y Mendoza*, A. M. A. S. G., XV, n° 2, Buenos Aires, 1921.
- *Sobre la distribución de los depósitos glaciares del Pérmico, conocidos en la Argentina*, B. A. N. C. C., XXV, n° 3, Córdoba, 1922.
- *Ueber die Gondwaniden Argentinens*, G. R., XXX, nos 1-2, 148-240, Stuttgart, 1938; 241-249, Stuttgart, 1939.
- *Paleozoic glaciation in South America*, en *Proceedings of the Eighth American Scientific Congress (Washington, May, 1940)*, vol. IV, 89-108, Washington, 1942.
- KEIDEL, J. y H. J. HARRINGTON, *On the discovery of Lower Carboniferous tillites in the Precordillera of San Juan, Western Argentina*, G. M., LXXV, n° 885, 103-129, London, 1938.
- KOBER, L., *Lehrbuch der Geologie*, Wien, 1923.
- KONIXCK, L. G. DE, *Recherches sur les fossiles paléozoiques de la Nouvelle Galles du Sud*, en *Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liège*, s. 2ª, VI y VII, Liège, 1876 y 1877.
- KOZLOWSKI, R., *Les Brachiopodes du Carbonifère supérieur de Bolivie*, A. P., IX, Paris, 1914.
- KRÄUSEL, R., *Oberkarbonische Pflanzenreste aus Colombien*, N. J. M. G. P., B. B. LXV, 529-534, Stuttgart, 1931.
- KRENKEL, E., *Faunen aus dem Unterkarbon der südlichen und östlichen Tianschan*, XXVI, n° 8, München, 1913.
- LAPPARENT, A. DE, *Traité de Géologie*, 2ª edición, Paris, 1892; 5ª edición, Paris, 1906.
- LEUCHS, K., *Marines Oberkarbon im zentralen Tianschan*, S. B. A. W., 1919, II, 217-228, München, 1919.

- LIKHAREV, B. K., *Permian System of the U. S. S. R.; certain problems of its stratigraphy and correlations with other countries*, A. P. 17° C. G. I., 81, Moscow, 1937.
- LISSEN, C. I., *Terrenos reconocidos hasta hoy en el Perú y sinopsis de su fauna fósil*, en *Boletín de Minas, Industrias y Construcciones*, s. 2ª, III, nºs 10 a 12, 141-173, Lima, 1911.
- *Edad de los fósiles peruanos y distribución de sus depósitos en la República. — Mapa paleontológico del Perú. — 1. Ubicación de afloramientos sincrónicos, etc.*, Lima, 1913.
- LÖWENECK, S., *Beiträge zur Kenntnis des Paläozoikums im Tianschan*, A. B. A. W., n. s., XI, 5-140, München, 1932.
- MEEK, F. B., *Report on the paleontology of Eastern Nebraska, with some remarks on the Carboniferous rocks of that district*, en HAYDEN, F. V., *Final report of the U. S. Geological Survey of Nebraska, etc.*, 84-239, Washington, 1872.
- MEYER, H. L. F., *Carbonfaunen aus Bolivia und Perú*, N. J. M. G. P., B. B. XXXVII, 590-652, Stuttgart, 1914.
- MIDDLEMISS, C. S., *Introductory Chapter*, en BION, H. S., *The fauna of the Agglomeratic Slate Series of Kashmir*, P. I., n. s., XII, Calcutta, 1928.
- MILLER, A. K., *Age of the Permian Limestone of Sicily*, A. J. S., 5ª s., XXVI, nº 154, 409-427, New Haven, 1933.
- MOORE, R. C., *Pennsylvanian of the Northern Midcontinent Region*, G. E. 16° C. G. I., nº 20, Exc. C-2, 1-8, Washington, 1932.
- *Comparison of the Carboniferous and Early Permian rocks of North America and Europe*, D. C. S. C., II, 641-676, Maestricht, 1937.
- *Carboniferous-Permian boundary*, B. A. A. P. G., XXIV, nº 2, 282-336, Tulsa, 1940.
- MOURA, P. DE, *Reconhecimentos geológicos no vale do Tapajos*, B. S. G. M. B., nº 67, Rio de Janeiro, 1934.
- *Geologia do Baixo Amazonas*, B. S. G. M. B., nº 91, Rio de Janeiro, 1938.
- MURCHISON, R. I., *The Permian System*, en *Philosophical Magazine*, 3ª s., XIX, London, 1841; reproducido en MATHER, K. F., y MASON, S. L., *A Source Book in Geology*, 247-249, New York, 1939.
- NÁGERA, J. J., *Tandilia*, en *Biblioteca Humanidades*, XXIV, La Plata, 1940.
- NALIVKIN, D. V., *Introduction*, en *The Permian Excursion, Southern Part*, G. E. 17° C. G. I., 5-25, Leningrad, 1937.
- *Moscow to Kuibyshev*, en *The Permian Excursion, Southern Part*, G. E. 17° C. G. I., 26-36, Leningrad, 1937.
- *Scientific results of the Permian Conference*, en WILLIAMS, J. S., *Pre-Congress Permian Conference in the U. S. S. R.*, B. A. A. P. G., XXII, nº 6, 771-776, Tulsa, 1938.
- NIKITIN, S., *Depôts carbonifères et puits artésiens dans la région de Moscou*, M. C. G., V, nº 5, Saint Pétersbourg, 1890.
- NIKOFOROVA, A. I., *The boundary between the Permian and the Carboniferous based on the distribution of the bryozoan fauna*, A. P. 17° C. G. I., 90, Moscow, 1937.
- NOETLING, F., *Beiträge zur Geologie der Salt Range, insbesondere der permischen und triasischen Ablagerungen*, N. J. M. G. P., B. B. XIV, 369-471, Stuttgart, 1901.
- *Die Dyas in Indien*, en *Lethaea Geognostica*, parte 1ª, II, entrega 4ª, 639-658, Stuttgart, 1902.
- OLIVEIRA, A. I. DE, *Rio Parauary*, en *Reconhecimentos geológicos e sondagens na bacia do Amazonas*, B. S. G. M. B., nº 15, 12-17, Rio de Janeiro, 1926.
- *Rio Urupadí*, en *Reconhecimentos geológicos e sondagens no bacia do Amazonas*, B. S. G. M. B., nº 15, 22-26, Rio de Janeiro, 1926.
- OLIVEIRA, A. I. DE, y LEONARDOS, O. H., *Geologia do Brasil*, Rio de Janeiro, 1940.
- OLIVEIRA, E. P. DE, *Regiões carboníferas dos Estados do Sul*, publicación del Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, 1918.

- OLIVEIRA, E. P. DE, *Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná*, M. S. G. M. B., VI, Rio de Janeiro, 1927.
- *Fosseis marinhos na Série Itararé no Estado de Santa Catharina*, A. A. B. S., II, n° 1, 17-21, Rio de Janeiro, 1930.
- *Geologia Historica do Brasil*, Rio de Janeiro; 1933.
- *Relatorio annual do Director (do Serviço Geologico e Mineralogico do Brasil)*, anno 1935, Rio de Janeiro, 1936.
- *Um novo brachiopodo da Serie Itararé*, N. P. S. G. M. B., n° 5, 8-10, Rio de Janeiro, 1936.
- OLIVEIRA, P. ERICHSEN DE, *Um brachiopodo carbonifero do Rio Moa, Territorio do Acre*, N. P. S. G. M. B., n° 6, 1, Rio de Janeiro, 1936.
- PAIVA, G. D. y MIRANDA, J., *Geologia e recursos minerais do Meio Norte*, B. S. F. P. M., n° 15, Rio de Janeiro, 1937.
- PARONA, C. F., *Trattato di Geologia*, 2ª edición, Milano, 1924.
- PHILIPPI, F., *La formación carbonífera en Chile*, A. U. C., CI, 387-388, Santiago de Chile, 1898.
- PHILIPPI, R. A., *Ueber paläozoische Schichten in Chile*, Z. D. G. G., L, n° 2, 425, Berlin, 1898.
- PIA, J. VON, *Das Wesen der geologischen Chronologie mit besonderer Berücksichtigung des Perms*, D. C. S. C., II, 857-902, Maestricht, 1937.
- RAGGATT, H. C., *Age significance of correlation of Permian of East-Central New South Wales with other sequences of the Gondwana Region*, R. A. N. Z. A., XXIV, 91, Sidney, 1939.
- RANGE, P., *Beiträge zur Fauna und Flora der Karruformation Südwestafrikas*, C. R. 15° C. G. I., II, 111-114, Pretoria, 1930.
- *Südwestafrika. — Geologie und Bergbau*, Z. D. G. G., LXXXIX, nos 8-9, 463-509, Berlin, 1937.
- RAUSER-TSCHERNOUSSOWA, D. M., *On the renaming of the genus Schwagerina and Pseudofusulina proposed by Dunbar and Skinner*, B. A. S., S. G., IV, 573-580, Leningrad, 1936.
- *Die Fusuliniden und die Stratigraphie des Ural-Anthrakolits*, A. P. 17° C. G. I., 91, Moscow, 1937.
- *The Upper Paleozoic Foraminifera of the Samara Bend and the Trans-Volga region*, T. I. G. A. S., VII, 69-167, Leningrad, 1938.
- REED, F. R. COWPER, *Upper Carboniferous fossils from Argentina*, P. C. I. W., n° 381, 129-150, Washington, 1927 (apéndice a DU TOIT, A. L., *A geological comparison of South Africa with South America*).
- *A Permo-Carboniferous marine fauna from the Umaria coal field*, R. G. S. I., LX, n° 4, 367-398, Calcutta, 1928.
- (*Información enviada a E. P. de Oliveira*) en WASHBURNE, C. W., *Petroleum geology of the State of São Paulo, Brasil*, B. C. G. G., n° 22, 36-37, São Paulo, 1930.
- *Uma nova fauna permo-carbonífera do Brasil*, M. S. G. M. B., X, Rio de Janeiro, 1930; texto portugués en las páginas pares, inglés en las impares.
- *New fossils from the Agglomeratic Slate of Kashmir*, P. I., n. s., XX, n° 1, Calcutta, 1932.
- *Some Upper Carboniferous Brachiopods from Brasil*, A. M. N. H., 10ª s., XI, n° 65, 519-537, Cambridge, 1933.
- *New Brachiopod from Upper Carboniferous of Santa Catharina, Brasil*, A. A. B. S., VII, n° 2, 201-202, Rio de Janeiro, 1935.
- *Some fossils from the Eurydesma and Conularia Beds (Punjabian) of the Salt Range*, P. I., n. s., XXXI, n° 1, Calcutta, 1936.
- REED, F. R. C., COTTER, G. DE P., y LAHIRI, H. M., *The Permo-Carboniferous succession*

- in the Warcha Valley, Western Salt Range, Punjab, R. G. S. I., LXII, n° 4, 412-433, Calcutta, 1930.
- RICHTHOFEN, F. VON, *Führer für Forschungreisende*, Hannover, 1886; reimpression, 1901.
- RIGGI, A. E., *Resultados de las investigaciones geológicas en las Sierras Australes de Buenos Aires y sus correlaciones con otras estructuras de la Argentina*, R. M. L. P., n. s., I, *Geología*, 117-128, Buenos Aires, 1938.
- ROMER, A. S., *Early history of Texas Redbeds vertebrates*, B. G. S. A., XLVI, n° 11, 1597-1658, New York, 1935.
- ROTAI, A. P., *The Lower Carboniferous of the Donetz Basin and the position of the Namurian Stage in the Carboniferous System*, A. P. 17° C. G. I., 42, Moscow, 1937.
- ROVERETO, G., *Forme della Terra. — Trattato di Geologia Morfologica (Geomorfologia)*, I, Milano, 1924.
- RUEDEMANN, R., *Fossils from the Permian tillite of São Paulo, Brazil, and their bearing on the origin of the tillite*, B. G. S. A., XL, 417-425, Washington, 1929.
- RUZENCEV, V. E., *The boundary between the Carboniferous and the Permian based upon materials from the Orenburg region and the South Bashkirian* A. S. S. R., A. P. 17° C. G. I., 89-90, Moscow, 1937.
- SALOMON, W., *Grundzüge der Geologie*, II, Stuttgart, 1926.
- SALOMON-CALVI, W., *Die permokarbonischen Eiszeiten*, Leipzig, 1932.
- SALTER, J. W., *On the fossils from the High Andes collected by David Forbes*, Q. J. G. S., XVII, n° 65, 62-73, London, 1861.
- SCHAFFER, F. X., *Lehrbuch der Geologie*, II, Leipzig, 1924.
- SCHILLER, W., *Investigaciones geológicas en las montañas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires*, A. M. L. P., 2ª s., IV, parte 1ª, Buenos Aires, 1930.
- SCHROEDER, H., *Marine Fossilien in Verbindung mit permischer Glazialkonglomerat in Deutsch Südwestafrika*, J. P. G. L., 1908, XXIX, parte 1ª, Berlin, 1909.
- SCHUBERT, R., *Die Foraminiferen des jüngeren Palaeozoikums von Timor*, en *Palaeontologie von Timor*, II, parte 3ª, 49-60, Stuttgart, 1915.
- SCHUCHERT, C., *The Russian Carboniferous and Permian compared with those of India and America. — A review and discussion*, A. J. S., 4ª s., n° 127, 29-46, n° 128, 143-58, New Haven, 1906.
- *Paleogeography of North America*, B. G. S. A., XX, 427-606, Washington, 1910.
- *Review of the Late Paleozoic formations and faunas, with special reference to the ice-age of Middle-Permian time*, B. G. S. A., XXXIX, n° 3, 769-886, Washington, 1928.
- *Correlations of the more important marine Permian sequences*, B. G. S. A., LXVI, n° 1, 1-46, Washington, 1935.
- SCHUCHERT, C. y DUNBAR, C. O., *Historical Geology*, 3ª edición, New York, 1933; 4ª edición, New York, 1941.
- SEWARD, A. C., *Plant life through the ages*, 2ª edición, Cambridge, 1933.
- SIEMIRADZKI, J. VON, *Zur Geologie von Nord-Patagonien*, N. J. M. G. P., 1893, I, 22-32, Stuttgart, 1893.
- *Eine Forschungsreise in Patagonien*, P. G. M., XXXIX, 51, Gotha, 1893.
- *Geologische Reisebeobachtungen in Südbrasilien*, S. A. W. W., CVII, parte 1ª, n° 1, 29-39, Wien, 1898.
- SMITH, J. P., *The Carboniferous Ammonoids of America*, M. U. S. G. S., XLII, Washington, 1903.
- STAPPENBECK, R., *La Precordillera de San Juan y Mendoza*, A. M. A. S. G., IV, n° 3, Buenos Aires, 1910.
- *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*, Stuttgart, 1926.
- STEINMANN, G., *A sketch on the geology of South America*, en *The American Naturalist*, XXV, n° 298, 855-860, Philadelphia, 1891.
- (*Ueber die Steinkohleformation in Südamerika*), G. R., II, n° 1, 50-51, Leipzig, 1911.

- STEINMANN, G., *Geologie von Perú*, Heidelberg, 1929.
- STEPANOV, P., A. ROTAI, B. LICHAREV y A. MALIAVKIN, *Geological description of the Donetz coal basin (Donbass)*, en *The Southern Excursion. — Donetz Coal Basin*, 5-43, G. E. 17° C. G. I., Leningrad, 1937.
- STUTZER, O., *Beiträge zur Geologie der Kolumbianische Ost-Kordillere in der näheren und weiteren Umgegend von Bogotá*, N. J. M. G. P., B. B. LVII, B., 305-341, Stuttgart, 1927.
- SUNDT, L., *Geología y Mineralogía*, en POIRIER, E., *Chile en 1908*, apéndice, 33-47, Santiago de Chile, 1909.
- *Breve reseña de la geología y mineralogía chilena*, en POIRIER, E., *Chile en 1910*, Santiago de Chile, 1910.
- TEICHERT, C., *Review of Western Australian Upper Paleozoic: correlation, paleogeography, tectonics*, R. A. N. Z. A., XXIV, 92-93, Sidney, 1939.
- THOMAS, H. DIGHTON, *An Upper Carboniferous fauna from the Amotape mountains, North-Western Peru*, G. M., LXV, n° 766, 146-152, n° 767, 215-234, n° 769, 289-301, London, 1928.
- *The Late Paleozoic glaciation*, en *Nature*, CXXIII, n° 3112, 946-948, London, 1929.
- THOMPSON, M. L., *The genotype of Fusulina s. s.*, A. J. S., XXXII, n° 190, 287-291, New Haven, 1936.
- *Permian Fusulinids from Peru*, J. P., XVII, n° 2, 203-205, Menasha, Wis., 1943.
- TILLEY, C. E., *Australia: Geology*, en *Encyclopaedia Britannica*, 14ª edición, II, 704-707, London, 1929.
- TOLSTIKHINA, M. M., *The Asha Works*, en *The Permian Excursion, Southern Part*, 115-122, G. E. 17° C. G. I., Leningrad, 1937.
- TOMLINSON, C. W., R. C. MOORE, R. H. DOTT, M. G. CHENEY y J. E. ADAMS, *Classification of Permian rocks*, B. A. A. P. G., XXIV, n° 2, 337-358, Tulsa, 1940.
- TSCHERNYSCHEW, T., *Die obercarbonischen Brachiopoden des Urals und des Timan*, M. C. G., XVI (1902), Saint Pétersbourg, 1903.
- TOULA, F., *Ueber einige Fossilien des Kohlenkalkes von Bolivia*, S. A. W. W., LIX, 433-445, Wien, 1869.
- *Lehrbuch der Geologie*, 2ª edición, Wien, 1906.
- VINASSA DE REGNY, P., *La Terra*, Torino, 1933.
- WAAGEN, W., *Salt Range Fossils. — I. Productus Limestone Fossils, part IV, Brachiopoda*; fasc. I, Calcutta, 1882; *Preface*, Calcutta, 1887.
- *Salt Range Fossils. — IV. Geological Results, part. I*, Calcutta 1889; *part II*, Calcutta, 1891.
- *Die carbone Eiszeit*, J. G. R., XXXII, n° 2, 143-192, Wien, 1887.
- *Mitteilung eines Briefes von Herrn O. A. Derby über Spuren einer Carboneiszeit in Südamerika, etc.*, N. J. M. G. P., 1888, II, 172-176, Stuttgart, 1888.
- WADIA, D. N., *Geology of India*, London, 1926.
- *The geology of Poonch State (Kashmir) and adjacent portions of the Punjab*, M. G. S. I., LI, 2ª parte, Calcutta, 1928.
- *Note on the paleogeography and climate of Kashmir during the Permo-Carboniferous*, A. P. 17° C. & I., 218-219, Moscow, 1937.
- WANNER, J., *Die marine Permfauna von Timor*, G. R., XVII-A (Sonderband, 20-48), Berlin, 1926.
- WASHBURNE, C. W., *Petroleum geology of the State of São Paulo, Brazil*, B. C. G. G., n° 22, São Paulo, 1930.
- WHEELER, H. E., *The Carboniferous-Permian dilemma*, J. G., XLII, n° 1, Chicago, 1934.
- WHITE, D., *Permian of Western America from the paleobotanical standpoint*, en *Proceedings of the Pan-Pacific Science Congress*, II, 1050-1077, Melbourne, 1926.
- WILKINSON, C. S., *Mémoire sur la géologie de la Nouvelle Galles du Sud*, C. R. 2° C. G. I., 236-239, Bologna, 1882.

- WILLIAMS, H. S., *Correlation problems suggested by a study of the faunas of the Eastern Quadrangle*, B. G. S. A., XXIV, 377-398, Washington, 1913.
- WILMARTH, M. G., *The geologic time classification of the United States Geological Survey*, B. U. S. G. S., n° 769, Washington, 1925.
- WINDHAUSEN, A., *Geología Argentina, Segunda Parte*, Buenos Aires, 1931.
- WOODWORTH, J. B., *Geological expedition to Brazil and Chile, 1908-1909*, B. M. C. Z., LVI, n° 1, Cambridge, Mass., 1912.
- WYNNE, A. B., *On the geology of the Salt Range in the Punjab*, M. G. S. I., XIV, Calcutta, 1978.
- YIN, T. H., *Upper Paleozoic Ammonoids of China*, en *Palaeontologia Sinica*, serie B, XI, n° 4, Peiping, 1935.

EXPLICACION DE LAS ABREVIATURAS EMPLEADAS EN LA LISTA DE TRABAJOS CITADOS

- A. A. B. S. : Annaes da Academia Brasileira de Ciencias.
- A. A. P. P. C. : Archivos de la Asociación Peruana para el Progreso de las Ciencias.
- A. B. A. W. : Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Math.-Naturw. Klasse.
- A. D. N. P. M. : Avulso do Departamento Nacional da Produção Mineral.
- A. J. S. : American Journal of Science.
- A. M. A. S. G. : Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sección Geología, Mineralogía y Minas.
- A. M. L. P. : Anales del Museo de La Plata.
- A. M. N. H. : Annals and Magazine of Natural History.
- A. M. N. R. J. : Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro.
- A. P. : Annales de Paléontologie.
- A. P. 17° C. G. I. : Abstracts of Papers, 17ª sesión del Congreso Geológico Internacional.
- A. U. C. : Anales de la Universidad de Chile.
- B. A. A. P. G. : Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists.
- B. A. M. N. H. : Bulletin of the American Museum of Natural History.
- B. A. N. C. C. : Boletín de la Academia Nacional de Ciencias en Córdoba (República Argentina).
- B. A. S. S. G. : Bulletin de l'Académie des Sciences de l'URSS, Série Géologique.
- B. C. G. G. : Boletim da Comissão Geographica y Geologica do Estado de São Paulo.
- B. C. I. M. P. : Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas del Perú.
- B. C. U. : Bulletin of the Cornell University (Science).
- B. D. N. P. M. : Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, División de Geologia e Mineralogia.
- B. G. S. A. : Bulletin of the Geological Society of America.
- B. G. S. C. : Bulletin of the Geological Society of China.
- B. M. C. Z. : Bulletin of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College.
- B. M. N. H. N. : Boletín del Museo Nacional de Historia Natural.
- B. N. G. S. : Bulletin of the Nebraska Geological Survey.
- B. S. F. P. M. : Boletim do Serviço do Fomento da Produção Mineral.
- B. S. G. M. B. : Boletim do Serviço Geologico e Minero do Brasil.
- B. U. S. G. S. : Bulletin of the United States Geological Survey.
- B. U. T. : Bulletin of the University of Texas.
- C. R. A. S. : Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris.
- C. R. 2° C. G. I. : Compte-Rendu, 2ª Sesión del Congreso Geológico Internacional.
- C. R. 15° C. G. I. : Compte Rendu, 15ª Sesión del Congreso Geológico Internacional.

- D. C. S. C. : *Compte Rendu du Deuxième Congrès de Stratigraphie Carbonifère.*
 G. E. 16° C. G. I. : *Guías de las Excursiones de la 16ª Sesión del Congreso Geológico Internacional.*
 G. E. 17° C. G. I. : *Guías de las Excursiones de la 17ª Sesión del Congreso Geológico Internacional.*
 G. M. : *The Geological Magazine.*
 G. R. : *Geologische Rundschau.*
 J. A. N. S. P. : *Journal of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia.*
 J. G. : *Journal of Geology.*
 J. G. R. : *Jahrbuch der k. k. Geologischen Reichsanstalt.*
 J. P. : *Journal of Paleontology.*
 J. P. G. L. : *Jahrbuch der Preussischen Geologischen Landesanstalt.*
 M. C. G. : *Mémoires du Comité Géologique.*
 M. G. S. I. : *Memoirs of the Geological Survey of India.*
 M. S. G. M. B. : *Monographias do Serviço Geologico e Mineralogico do Brasil.*
 M. U. S. G. S. : *Monographs of the United States Geological Survey.*
 N. J. M. G. P. : *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie (B. B. : Beilage Band).*
 N. M. L. P. : *Notas del Museo de La Plata.*
 N. P. S. G. M. B. : *Notas Preliminares e Estudos do Serviço Geologico e Mineralogico do Brasil.*
 P. A. G. : *Pan-American Geologist.*
 P. A. P. S. : *Proceedings of the American Philosophical Society.*
 P. C. I. W. : *Publications of the Carnegie Institution of Washington.*
 P. G. M. : *Petermanns Geographische Mitteilungen.*
 P. I. : *Palacontologia Indica.*
 Q. J. G. S. : *Quarterly Journal of the Geological Society.*
 R. A. N. Z. A. : *Reports of the Australian and New Zealand Association for the Advancement of Science.*
 R. G. S. I. : *Records of the Geological Survey of India.*
 R. M. L. P. : *Revista del Museo de La Plata.*
 R. 16 S. I. G. C. : *Report of the 16th Session of the International Geological Congress.*
 S. A. W. W. : *Sitzungsberichte der naturwissenschaftliche Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien.*
 S. B. A. W. : *Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.*
 T. I. G. A. S. : *Travaux de l'Institut Géologique de l'Académie des Sciences de l'URSS.*
 Z. D. G. G. : *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft.*

ÍNDICE

Advertencia preliminar.....	49
I. Consideraciones generales.....	50
II. El concepto de transgresión.....	51
III. Ideas de Steinmann y de Gerth.....	53
IV. Argumentos en favor y en contra de la hipótesis de Steinmann.....	54
V. Series y pisos del Antracólítico.....	56
VI. Una cuestión de nomenclatura zoológica.....	58
VII. El límite entre Carbonífero y Pérmico.....	61
A. Los criterios recomendados por la subcomisión para la clasificación del Pérmico de la American Association of Petroleum Geologists.....	61

B. Definición originaria del sistema en el lugar típico.....	62
C. Datos que se refieren a otras regiones, citados por quien originariamente propuso el sistema.....	64
D. Uso dominante en la región donde el sistema se presenta en su desarrollo típico (Plataforma rusa y Zona preuraliana).....	64
E. Uso dominante en el mundo.....	67
F. Los límites más naturales en el área típica.....	68
G. Los límites más naturales determinables mediante el conjunto de las observaciones efectuadas en todo el mundo.....	70
H. El valor de los foraminíferos en las correlaciones estratigráficas...	72
I. La solución recomendable.....	73
VIII. División de los sistemas Pérmico y Carbonífero en series	77
IX. Conveniencia de referirse a los pisos y no a las series del Antracolíptico...	79
X. El Antracolíptico marino en el Punjab y en la India peninsular.....	80
XI. El Antracolíptico marino de Kashmir.....	87
XII. La edad de los estratos con <i>Eurydesma</i> fuera de la India.....	89
XIII. El Antracolíptico marino en Mongolia.....	93
XIV. El Antracolíptico marino en el Tian Shan.....	97
XV. El Antracolíptico marino en Birmania.....	99
XVI. El Antracolíptico marino en la isla de Timor.....	100
XVII. El Antracolíptico en Nueva Gales del Sur.....	103
XVIII. Los estratos con <i>Agathiceras</i> y los estratos con <i>Paralegoceras</i>	108
XIX. El Pérmico inferior y el Pennsylvaniano superior en los Estados Unidos de Norte América	111
XX. El Antracolíptico marino en la región del Lago Titicaca (Bolivia y Perú)..	115
A. Observaciones, colecciones y determinaciones de D'Orbigny.....	115
B. Colecciones de Forbes y determinaciones de Salter.....	120
C. Colecciones de Agassiz y determinaciones de Derby.....	120
D. Colecciones de Raimondi y determinaciones de Gabb.....	121
E. Estudios de H. E. Gregory.....	121
F. Colecciones de Dereims y estudios de Koszłowski.....	122
G. Colecciones y estudios de Douglas.....	123
H. Interpretación dada a las observaciones de Douglas por Cabrera La Rosa y Petersen.....	124
I. Opiniones de W. Berry y de M. L. Thompson acerca de ciertos <i>Fusulinidae</i> de la región del Lago Titicaca.....	126
XXI. El Antracolíptico marino en otras partes de Bolivia.....	126
A. Departamento de Cochabamba.....	126
B. Departamento de Santa Cruz de la Sierra.....	128
XXII. El Antracolíptico marino en el Perú.....	130
A. Departamento de Puno.....	130
B. Otros departamentos	132
XXIII. El Antracolíptico marino en Colombia.....	136
XXIV. El Antracolíptico marino en Venezuela.....	137
XXV. El Antracolíptico marino en el Norte del Brasil.....	138
XXVI. El Antracolíptico marino en el Sur del Brasil.....	143
XXVII. Supuestos indicios de la existencia del Antracolíptico marino en el Paraguay.....	150

XXVIII. El Antracolítico marino en Chile.....	151
A. El supuesto Carbonífero del Morro de Arica	151
B. El Antracolítico en las provincias de Aconcagua y Coquimbo.....	152
XXIX. El Antracolítico marino en la provincia de San Juan.....	154
A. Barreal.....	154
B. Estancia del Leoncito (« Leoncito Encima »).....	157
XXX. El Antracolítico marino en la provincia de Buenos Aires.....	158
A. Sierra Baya.....	158
B. Sierra de Pillahuincó y Sierra de las Tunas.....	160
XXXI. Resumen de los capítulos anteriores.....	163
XXXII. Conclusiones	169
Lista de los trabajos mencionados en el texto y en los diagramas....	171
Explicación de las abreviaturas empleadas en la lista de trabajos citados.	180

