

RASGOS QUE CARACTERIZAN

LOS

PROBLEMAS DE LA GEOLOGÍA ARGENTINA

Por ALCIDES MERCERAT

SUMARIO: I. Plan del trabajo. — II. Estado de las investigaciones. — III. Vías de la solución de los problemas. — IV. Caracteres morfológicos y relaciones tectónicas. — V. Rasgos del estado de las investigaciones con relación a los fenómenos tectónicos. — VI. Correlaciones entre los fenómenos tectónicos de las diferentes edades geológicas en la región andina y en la región de las llanuras. — VII. Individualización de los elementos tectónicos. — VIII. Relaciones entre los fenómenos tectónicos, los caracteres morfológicos del suelo y los procesos de la formación del loess. — IX. El mecanismo de la formación del loess; diferentes clases de loess; tierra sedimentaria común; distribución y repartición de estas unidades petrográficas. — X. Procesos de la transformación de los elementos de las masas minerales en loess y tierra sedimentaria común. — XI. Observaciones referentes a la composición química del loess. — XII. Formaciones eolíticas de distintos períodos geológicos. — XIII. Solución natural del problema de la formación del loess. — XIV. Momentos de la formación del loess, y fenómenos diagenéticos de su transformación. — XV. Condiciones y fallas de las soluciones. — XVI. Solución natural del problema de la formación de los rodados tehuelches. — XVII. Acarreos, transportes y acumulación de las masas minerales constitutivas de los terrenos. — XVIII. Rasgos más característicos del régimen hidro-orográfico. — XIX. Constitución del suelo y del subsuelo. — XX. Bases de la clasificación y del sincronismo de los terrenos terciarios y cuaternarios. — XXI. Resultado de los estudios. — Apéndice. — Bibliografía.

I

PLAN DEL TRABAJO

No tienen estas líneas otro objeto que presentar, en forma preliminar, la más rápido posible, rasgos geológicos característicos de problemas fundamentales, que se tratan, con todo el detenimiento necesario, en una

monografía que tengo en preparación, y que aparecerá probablemente en la *Revista del Museo de La Plata*.

Los problemas fundamentales de la geología de la República Argentina, tal es el título de la monografía, adoptando para el desarrollo del tema el plan siguiente :

I. Consideraciones preliminares sobre las bases de los problemas.

II. Vías naturales de la solución de los problemas.

III. Estado actual de las investigaciones geológicas en relación a las unidades morfológicas en que se divide el territorio de la República Argentina:

A) Región andina :

1° Zona oriental y septentrional (precordillera de Suess):

a) Áreas de los movimientos precámbricos ; b) Áreas de los movimientos del paleozoico inferior hasta el paleozoico medio (sierras pampeanas de Stelzner) ; c) Áreas de los movimientos del paleozoico superior hasta el mesozoico inferior (precordillera de Bodenbender y Stapfenbeck) ;

2° Zona central ; áreas de los movimientos mesozoicos :

a) Sierras del *divortium interoceanico* ; b) Sierras patagónicas ;

3° Zona occidental y austral ; áreas de los movimientos paleozoicos y mesozoicos.

B) Región de las llanuras :

1° Zona septentrional o de las pampas ;

2° Zona central o de transición ;

3° Zona austral o de las mesetas patagónicas.

IV. Los fenómenos tectónicos en sus fases más importantes, y en sus relaciones con los problemas referentes a los caracteres morfológicos del suelo, y el mecanismo de los procesos genéticos de las masas minerales constitutivas de los terrenos.

V. Los fenómenos glaciares a través de las épocas geológicas.

VI. Acarreos, transportes y acumulación de las masas minerales constitutivas de los terrenos.

VII. La solución de los problemas geológicos fundamentales :

A) Problemas fundamentales referentes a las formaciones precenozoicas.

B) Problemas fundamentales referentes a las formaciones terciarias y cuaternarias :

1° Problemas especiales referentes a las formaciones terrestres : a) Areniscas, arenas, arcillas, margas, loess, tierras eolíticas, tierras sedimentarias comunes, limo, calcáreos, tosca, concreciones, gravas, rodados, ripio,

pedregullo, conglomerados, rocas eruptivas, cenizas, tufos, tobas, etc. ; *b*) Los fenómenos de denudación en sus relaciones con los fenómenos tectónicos del suelo ; *c*) Los caracteres morfológicos del suelo y sus relaciones con los fenómenos tectónicos. Las llanuras, las mesetas, las formaciones tabulares, los valles, las terrazas, los cañadones, las cañadas, los cañones, las quebradas, los ríos, los arroyos, las lagunas, los lagos, las depresiones, etc. ; *d*) Los fenómenos eolíticos en sus relaciones con los fenómenos tectónicos del suelo ; *e*) La solución natural de los problemas de la formación pampeana ; *f*) El suelo y el subsuelo ; constitución y distribución ;

2º Problemas especiales referentes a las formaciones marinas : *a*) Transgresiones, ingresiones y regresiones ; *b*) El poder de transporte y de distribución de las aguas del mar sobre masas minerales ; *c*) La solución natural del problema de la formación de los rodados tehuelches.

VIII. El régimen hidro-orográfico de la República Argentina en sus rasgos más característicos.

IX. Estudio crítico sobre los terrenos terciarios y cuaternarios en relación al estado actual de nuestros conocimientos de la geología de la República Argentina. Fallas en las observaciones.

X. Necesidad de organizar y practicar estudios geológicos regionales más fundamentales, más metódicos y de mayor especialización.

XI. Importancia e impostergabilidad de los estudios geológicos para asegurar el crecimiento y la multiplicación de la producción nacional de la agricultura, de la ganadería y de la minería, para la solución sobre bases definitivas de los problemas económicos y financieros y la emancipación del país.

II

ESTADO DE LAS INVESTIGACIONES

La geología de la República Argentina se señala por muy notables pasos de adelanto, en la vía de la solución de los problemas fundamentales, desde la transformación, en 1905, de la antigua repartición de minas y la creación, con su organización actual, de la Dirección general de mi-

nas, geología e hidrología, con elementos y recursos para la explotación geológica del país.

Las investigaciones, hasta entonces, se concretaban a las exploraciones organizadas por particulares o por instituciones científicas extranjeras y también del país. Estas exploraciones sólo tenían un carácter aislado y limitado.

Un gran empuje se anota en el desarrollo de la geología argentina, como consecuencia de la fundación de la Academia nacional de ciencias de Córdoba. La serie de las investigaciones de esa época empieza con los viajes de Stelzner, efectuados en los años 1871, 1872 y 1873, y se prolongan casi durante dos decenios, con las que hace Brackebusch, en calidad de sucesor de Stelzner, en la cátedra de geología. Los trabajos sistemáticos de paleontología estratigráfica, iniciados por estos dos sabios, fueron continuados con éxito por Bodenbender, su sucesor, el que sigue todavía actuando en la mencionada cátedra.

Los primeros jalones en las observaciones de orden tectónico los marcan los trabajos de Burckhardt y Wehrli, en los estudios organizados, en 1897 y 1898, por el Museo de La Plata, en la cuestión de los límites con Chile, en la cual el doctor Francisco P. Moreno, entonces director de la mencionada institución, desempeñó las funciones de perito en representación del gobierno argentino.

El programa inmediato de la sección de geología de la Dirección general de minas, geología e hidrología, al iniciar sus trabajos, no podía ser sino la recopilación de todos los conocimientos aislados hasta entonces, para unirlos por medio de nuevas investigaciones sistemáticas, hasta tener los elementos suficientes para trazar el plan metódico y racional de los trabajos.

Desde 1910 el aumento de personal y de los recursos permitió dar a los trabajos mayor desarrollo, y se van acumulando los elementos de las investigaciones. Están entre las publicaciones más importantes trabajos de Backlund, Beder, Bodenbender, Bonarelli, Delhaes, Gerth, Groeber, Hausen, Keidel, Nágera, Pastore, Rassmuss, Schiller, Sobral, Stappenbeck, Stieglitz, Wichmann, Windhausen y otros.

Se señalan en términos generales los trabajos de estos geólogos por su síntesis muy notable, como más especialmente deben mencionarse los del doctor Juan Keidel, quien en calidad de jefe de la sección dirigió todas las investigaciones y estudios desde su iniciación¹, habiendo logrado establecer bases sólidas de las observaciones, en las cuales se sientan en esos trabajos soluciones de problemas geológicos fundamentales.

Las interpretaciones, así como las soluciones formuladas, son natura-

¹ Me informan que el doctor Keidel renunció esas funciones.

les y claras, en todo lo que se refiere a los elementos estructurales, tanto de la región andina como de la región de las llanuras. Resaltan con evidencia indiscutible, en estos trabajos, las relaciones generales en el suelo argentino de los elementos estructurales modernos suficientemente estudiados, que constituyen el largo cordón de los Andes y se unen con la antigua masa del continente brasileño-africano.

Se desprende también con claridad de estos trabajos el hecho de que en el terreno de la República Argentina está encerrada la solución de las cuestiones geológicas más importantes del hemisferio austral, tomando en consideración la gran analogía de las relaciones generales de los trozos de la antigua masa del continente brasileño-africano, hoy día separados, y la similitud del desarrollo de los fenómenos, desde la era paleozoica, en Sud África, en la India Oriental y en gran parte de Australia.

Ponen igualmente en evidencia todos esos estudios, las fallas que resultan para las soluciones de los problemas de observaciones e investigaciones aisladas, para las cuales no se presentó la oportunidad de llevarlas sobre áreas de gran extensión y de perseguirlas y renovarlas durante todo el tiempo suficiente, que no admite más limitación, sino los mismos resultados obtenidos en comprobaciones seguras y bastante completas de todos los hechos.

De estos estudios se desprende también el grado de analogía absoluta, que resulta de un paralelismo establecido con toda precisión y en todos sus detalles, entre los fenómenos geológicos del mismo orden para todas las distintas partes del globo. Estos principios que establecen la prueba inconfundible de la inmutabilidad de las leyes de la naturaleza, en el juego tan sencillo de la transformación de la materia, el cual en la complejidad propia de sus manifestaciones resulta tan armónico y tan admirable, revelan, además, por otra parte, que deben ser muchos los problemas que no han llegado aún al estado de una solución aceptable.

Por faltar precisamente a estos principios tan inmutables no son aceptables las interpretaciones y las indicaciones que hoy prevalecen, referentes a los fenómenos geológicos, que en el suelo de la República Argentina dieron a la región de las llanuras de tan inmensas extensiones sus caracteres morfológicos tan peculiares, y que presidieron además a los procesos genéticos de las masas minerales constitutivas de los terrenos de las formaciones terciarias y cuaternarias.

Estos problemas, en la monografía que tengo en preparación, además de los otros a que se refiere el plan trazado, se tratan, entrando en un examen amplio y completo de todos los argumentos, y estableciendo pruebas claras, basadas en las observaciones reales y bien comprobadas, sobre el terreno de hechos inconfundibles e indiscutibles.

En la presente nota, en los correspondientes capítulos, sólo se dan las

razones más fundamentales de las condiciones de desaprobación de las mencionadas interpretaciones e indicaciones.

Nada aportan estas interpretaciones e indicaciones para la explicación de los fenómenos que han determinado los caracteres morfológicos tan peculiares, que se descubren en todas las regiones y en todas las zonas del país, tanto en la región andina como en la región de las llanuras, y tan peculiares estos caracteres en las pampas de la zona septentrional de la región de las llanuras, como en la zona central de transición y en las mesetas patagónicas de la zona austral.

III

VÍAS DE LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS

En 1891, el señor Luis Rollier, actualmente profesor honorario titular de paleontología en la Escuela politécnica federal y en la Universidad de Zúrich (Suiza), se tenía que haber incorporado al personal del Museo de La Plata para la ejecución, con mi colaboración, de un plan de investigaciones y estudios geológicos en la República Argentina. Hubo falla del presupuesto para la ejecución de ese plan, y en 1892 también me retiré del Museo de La Plata. Hice después (septiembre de 1892 a marzo de 1893) un primer viaje de reconocimiento a la Patagonia. En este viaje practiqué investigaciones en la zona de las mesetas, situada entre el río Santa Cruz y el Estrecho de Magallanes.

Esa región, como ya se podía entrever por los resultados de mis primeras investigaciones consignadas en una conferencia por mí dada, el 26 de agosto de 1893, en la Sociedad científica argentina de Buenos Aires (76) ¹ así como en una serie de otros trabajos (77-80) preliminares, resulta indudablemente, como hoy ya mejor también se puede juzgar, una de las regiones de mayor interés para el estudio de todos los fenómenos geológicos tan complejos, que dan origen a las mesetas y formaciones tabulares, y a los procesos genéticos de las formaciones eolíticas, a los cuales tanto las llanuras patagónicas como las pampas argentinas deben sus caracteres más peculiares.

Las investigaciones de este primer viaje me hicieron ver bien claramente toda la gran complejidad de los problemas ligados a los fenómenos mencionados y la necesidad para resolverlos con la seguridad y la amplitud indispensables de poder extender las exploraciones y observaciones a

¹ Los números que se irán intercalando así, entre paréntesis, en el texto de la presente nota, se refieren a las publicaciones que aparecen en la lista bibliográfica que va al final.

todo el territorio de la República Argentina. Tropecé con dificultades sin número, hasta llegar a crearme los medios necesarios de subsistencia y de ejecución del plan que tenía trazado. Hoy, seguramente, en la ejecución de un plan semejante, ya no se tropezaría con dificultades del mismo orden. Me hubiera sido imposible seguir pensando en la ejecución de este plan, si no me hubiese dedicado a estudios complementarios para presentarme a la Facultad de ingeniería de la Universidad nacional de Buenos Aires a los exámenes en obtención del diploma necesario para poder emprender operaciones judiciales de perito agrimensor para el saneamiento de títulos de propiedad.

Simultáneamente, con el ejercicio de esta profesión, en 1913 ya había logrado hacer investigaciones geológicas en todas las regiones del país, y los recursos que me había creado me hubiesen permitido, como era mi intención, dedicarme exclusivamente a complementar mis investigaciones geológicas sobre determinados puntos, si no hubiese sufrido las consecuencias de la paralización, que con respecto de la propiedad rural se hace sentir, por causa de la crisis que originara la cuestión balcánica, situación que fué tomando cada día mayor intensidad con la guerra mundial, sin que aún se pueda entrever el momento de alguna reacción. Como van pasando los años, me decido a hacer ahora la publicación de esta nota y más adelante tendré la oportunidad de ampliaciones.

El área de mis investigaciones, en ese mi primer viaje a Patagonia, no representa sino apenas sesenta mil kilómetros cuadrados y, en las investigaciones que posteriormente extendí, durante no menos de 18 años, a todas las diferentes partes del territorio, cuya superficie total no es inferior a tres millones de kilómetros cuadrados, he podido comprobar, con la más entera seguridad, que todos los fenómenos geológicos, que en esa reducida área de la Patagonia austral interesan las formaciones terciarias y cuaternarias, se han manifestado exactamente en la misma forma en todas las demás partes del territorio de la República Argentina, tanto en la región de las llanuras, como en la región andina.

El carácter de las mesetas o de las formaciones tabulares que se considera tan peculiar de la Patagonia, se descubre en todas las regiones del territorio, comprendidas entre el paralelo $54^{\circ}52'$ y el paralelo $21^{\circ}30'$ de latitud sur, y de este a oeste entre los meridianos 52° y 74° de longitud oeste de Greenwich. La única diferencia que con relación a este carácter se manifiesta entre las distintas regiones del territorio, es la alteración tan profunda que ha experimentado, especialmente en la región de las pampas, donde este carácter pasa completamente desapercibido al observador, que no ha llegado a extender las investigaciones necesarias a todas las regiones del país.

Observaciones análogas se extienden a todos los demás caracteres morfológicos, así como a todos los fenómenos geológicos estudiados, en

los trabajos preliminares por mí publicados, sobre las investigaciones de ese primer viaje a Patagonia. Debo agregar también que, con respecto de los procesos genéticos de la formación del loess, no me ha sido dado sorprender mejor la naturaleza sobre el hecho de las evoluciones y de las transformaciones que en el perfil de Shang-Aiken (78, págs. 121 a 126, y 80, láms. 5 y 9, perfil IV), sobre el paralelo $51^{\circ}20'$ de latitud sur y $70^{\circ}30'$ de longitud oeste de Greenwich, al cual ya varios autores hicieron referencia.

Se verá, además, cómo resultan sencillas y naturales las soluciones de los problemas que entonces se me presentaban, con relación a los acarreos, a los transportes y a las acumulaciones de las masas minerales constitutivas de los terrenos.

La formación de los rodados tehuelches, que ha llamado tanto la atención de todos los exploradores, también se explica muy sencillamente.

Con las deducciones que se desprenden de los fenómenos estudiados, se llega también, en este trabajo, a presentar la solución natural y sencilla de la formación pampeana, la cual, a pesar de toda la literatura que ya existe, no ha tenido jamás una explicación satisfactoria, que no esté en contradicción con uno o varios de los hechos múltiples y tan complejos que interesan esta formación, y cuyas manifestaciones no pueden ni deben escapar a la observación, ni quedar tampoco sin estar completamente explicados.

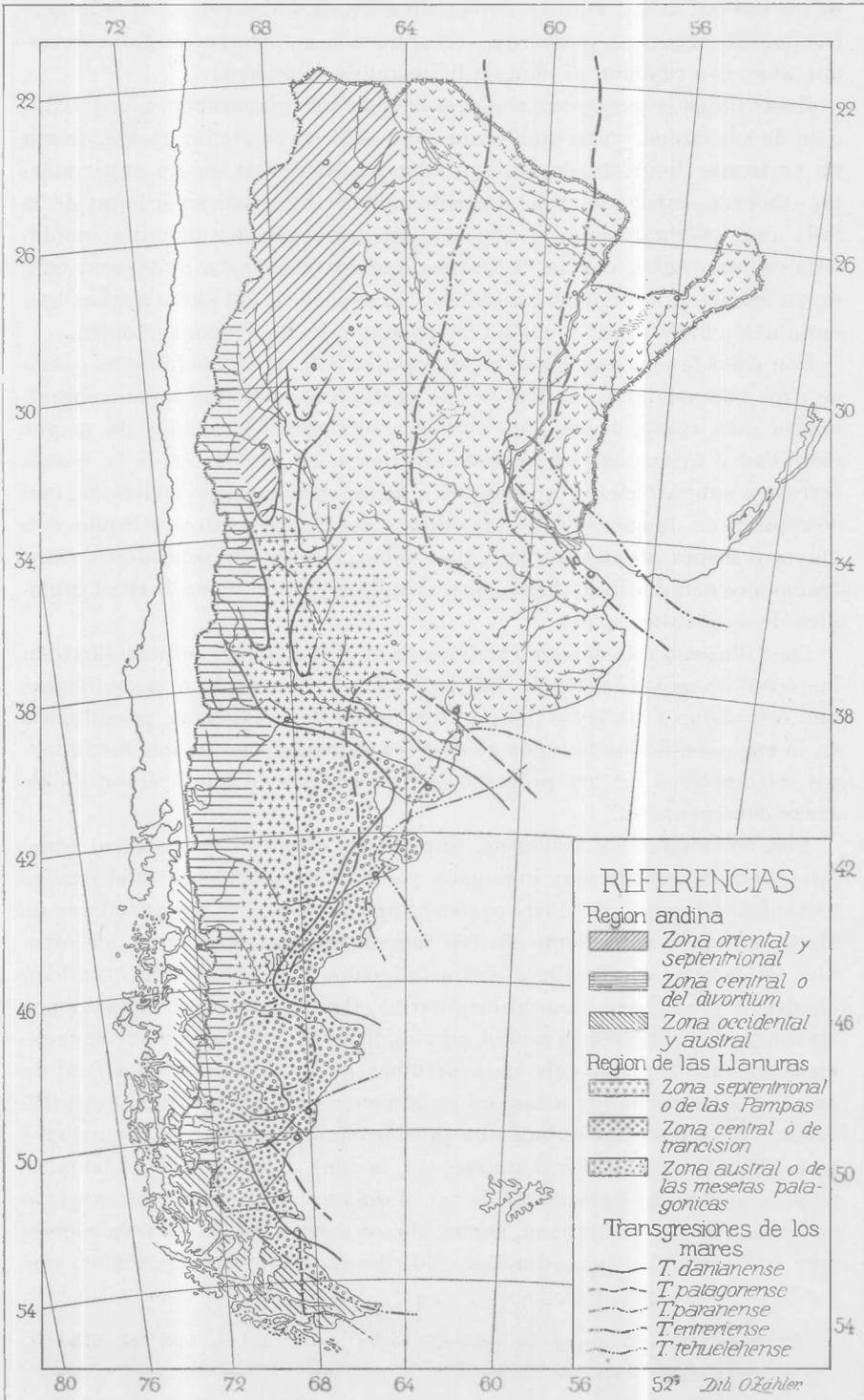
IV

CARACTERES MORFOLÓGICOS Y RELACIONES TECTÓNICAS

En atención tanto a los caracteres morfológicos, como asimismo a los fenómenos geológicos que se desarrollaron en el territorio de la República Argentina, se debe distinguir la región andina o de las montañas, de la región de las llanuras. Cada una de estas dos regiones comprende las tres zonas que aparecen en el croquis morfológico de la página 251, así como en la clasificación, con sus respectivas áreas, de la rúbrica III del capítulo I de esta misma nota.

Ya en los trabajos preliminares de mi primer viaje a Patagonia, al tratar de las relaciones tectónicas, se señala la frecuencia con la cual se presentan las fallas, atribuyendo a estos fenómenos tectónicos el rol principal en la formación de las mesetas y la determinación del relieve de la topografía del suelo.

Aparte de las fallas ligadas con la formación de las barrancas a lo largo de los valles, y la formación de las mesetas, también está consignada además la observación directa, en las mismas barrancas y escarpas



Caracteres morfológicos y transgresiones geológicas en el territorio de la República Argentina

de las costas, de los valles y de las mesetas, de fallas con extraordinaria frecuencia, según un plan transversal normal o con otros ángulos determinados, con relación al plan de la barranca o escarpa.

Estas fallas se presentan con desplazamiento generalmente muy reducido de sus labios, y afectando a menudo sólo las capas inferiores, hasta un horizonte determinado, sin extenderse a las demás capas superpuestas. En estas capas superpuestas sólo se suele observar en el lugar de la falla una desigualdad en su espesor, que corresponde a mayor acumulación de materiales, contra la escarpa que existía, hasta la desaparición de su desnivel, notándose a menudo a la superficie del suelo apenas una ondulación bien tendida, como testigo mudo del fenómeno tectónico.

Son estos fenómenos casos de postumidad o de rejuvenecimiento, como se verá más adelante, de fenómenos tectónicos análogos, pero generalmente más complicados, que tuvieron sus manifestaciones de mayor amplitud e intensidad en épocas anteriores, en las partes de la costra terrestre subyacentes, y que debido a las mismas causas primitivas, que se repiten en la sucesión de las edades geológicas, van afectando con mayor o menor atenuación las capas más recientes, presentándose estos fenómenos con distintas fases, correspondiendo cada una a la edad geológica de su manifestación.

Las fallas con relación a un sistema de distintos planos indican también la acción de movimientos de diferentes fases y de resultantes de fuerzas que responden a las leyes del paralelogramo de las fuerzas, presidiendo en la sucesión de los tiempos geológicos al mecanismo de los movimientos orogenéticos de los procesos de formación y de fracturación de las áreas continentales.

Los fenómenos de diaclasas, aunque de orden muy distinto, como Suess, en un estudio muy ingenioso sobre estos problemas ¹ del cuadro tectónico europeo, los hizo conocer, apoyándose en observaciones de Heim sobre el mecanismo de las fuerzas orogenéticas, y en los estudios sintéticos de Daubrée sobre la geología experimental, también obedecen a las mismas causas originarias, alcanzando en estos fenómenos las fuerzas resultantes en acción, en virtud de las resistencias que encuentran, solamente a producir las superficies de las diaclasas, en virtud de las cuales en todas las rocas, especialmente en las rocas bien estratificadas, que se encuentran bajo una presión constante y fuerte, tiene lugar una alteración de la estructura interna, la cual, al acabarse la tensión, se manifiesta por la existencia de un sinnúmero de grietas de mayor o menor extensión que cruzan, según planos determinados, la roca, siendo muy excepcionales en las diaclasas, los desplazamientos verticales, que

¹ E. SUESS, *Ueber Zerlegung der gebirgsbildenden Kraft; Mit. d. Geol. Gesellschaft, Wien*, Bd. I, página 13 y siguientes, 1913.

caracterizan las fallas, traduciéndose estos desplazamientos verticales en centenares y miles de metros en las fallas que se observan en las montañas, y reduciéndose, según el orden de las fallas, tanto en las pampas como en las mesetas de la región andina o de la región de las llanuras, a decenas o a unidades y fracciones también de metros.

Todos estos fenómenos, en cualquier grado que se los considere, siempre se presentan como el efecto de una fuerza que trata de producir plegamientos, pero que no puede vencer un cierto obstáculo.

V

RASGOS DEL ESTADO DE LAS INVESTIGACIONES CON RELACIÓN A LOS FENÓMENOS TECTÓNICOS

En la época en la cual senté las interpretaciones, de las cuales más arriba está la relación, de las observaciones referentes a las fallas, que llegué a señalar en el curso de las investigaciones de mi primer viaje a Patagonia, poco o nada se conocía de los fenómenos tectónicos del suelo en el territorio de la República Argentina, y se podía poner en duda la importancia de tales fenómenos como base de las soluciones naturales de los fenómenos geológicos fundamentales.

Hoy la situación es muy distinta. No sólo he tenido la oportunidad de hacer observaciones concluyentes en todas las regiones y en todas las zonas del territorio de la República Argentina, confirmando tales interpretaciones, sino que bastarían los conocimientos ya suficientemente adelantados, que hoy se tienen sobre las unidades de estructura de los terrenos, y sobre las manifestaciones de los fenómenos tectónicos en sus fases más importantes, con relación a los movimientos precámbricos, cámbricos, paleozoicos, mesozoicos, terciarios y cuaternarios también, en todas las zonas del país, para no poder poner en duda la acción y la importancia de los fenómenos mencionados.

Llama la atención la gran frecuencia con la cual los geólogos más competentes, en sus investigaciones en las zonas más distintas del país, señalan, conjuntamente con los movimientos tectónicos de plegamientos de todas las épocas, fallas de todo orden, que se van sucediendo de oeste a este, no solamente en la región andina y subandina, sino también al llegar a las llanuras, en toda su anchura, en la forma como las denuncian, tanto las observaciones directas como también el sistema bastante racional de perforaciones efectuadas por la Dirección general de minas, geología e hidrología, en los puntos de mayor interés para estas investigaciones, en toda la extensión del territorio, así como por las perfora-

ciones ejecutadas por el gobierno de la provincia de Buenos Aires, las compañías de ferrocarriles y las empresas particulares, para el alumbramiento de agua y las exploraciones mineras, más especialmente de los yacimientos de petróleo.

Son muy notables, a este respecto, dos trabajos recientes del doctor Windhausen (133 y 135). En estos trabajos el doctor Windhausen se ocupa muy especialmente de los elementos de estructura y de la formación de fallas y hendeduras, en la averiguación de las causas y las distintas fases del proceso de fracturación que tuvo lugar en las regiones meridionales del antiguo continente de las épocas paleozoica y mesozoica. Contienen, además, los mencionados trabajos, datos de orden tectónico y relaciones que contribuirán en muy grandes proporciones al completo esclarecimiento de los hechos más fundamentales de la geología de la República Argentina. En la monografía anunciada en la presente nota, será el lugar de detenerse a un examen a fondo de estos dos trabajos.

Es también de muy particular interés el trabajo reciente del doctor Frenguelli (50), referente a la gran falla, señalada ya por Alcides d'Orbigny (88) en su célebre viaje a la América meridional (1828-1829), y que, como de ella hace mención este gran observador, marca el curso del río Paraná.

En sus investigaciones, aprovechó el doctor Frenguelli de los datos y materiales de cinco perforaciones practicadas sobre el río Salado, a lo largo de la vía férrea, en el Kilometro 58 de la línea Nelson a San Cristóbal, las primeras perforaciones, suficientemente profundas, que se realizaron en proximidad del borde santafecino de la falla al norte de Santa Fe. Para facilitar el examen de los materiales extraídos, las cinco perforaciones se practicaron con máquina sin inyección. Los hechos recogidos en esas perforaciones, comparados con todos los resultados acumulados de observaciones, desde muy largos años, en una extensa zona de afloramientos en la provincia de Santa Fe y en Entre Ríos, y las indicaciones de las perforaciones en las provincias de Santiago del Estero (Selva), de Córdoba (San Francisco, altos de Chipión, Paqueta, Cotagaita, Van Praet), de Santa Fe (Seeber, río Salado) y de Buenos Aires (Timoté, Saladillo, Pehuajó, Villa Sauce), examinados a la luz del estado actual de nuestros conocimientos, suministran los elementos para establecer deducciones del mayor alcance para la historia geológica.

Resultan fijados, con estos elementos, la edad y los límites del mar paranense, al cual pertenecen los « estratos santafecinos » señalados por el doctor Stappenbeck ¹ y cuya naturaleza hasta se ha pretendido negar (101, págs. 256 y sig.).

¹ STAPPENBECK, R., *Resultados geológicos de algunas perforaciones hechas en las provincias orientales de la República Argentina. Memoria de la Dirección general de minerología, geología e hidrología*, 1913.

Como además se establecerá con toda claridad en la monografía a la cual se refiere la presente nota, ya no se trata tampoco de elementos aislados, de los cuales no resultan sino pruebas incompletas y discutibles. Se trata de elementos cuyo examen, a la luz de nuestros conocimientos en su estado actual, permite establecer relaciones bien definidas, con pruebas corroboradas por hechos exactamente observados, de orden stratigráfico, paleontológico y tectónico, que determinan un punto de arranque seguro para las correlaciones geológicas de las formaciones terciarias y cuaternarias del territorio de la República Argentina, en su sincronismo más especialmente, que ha sido constantemente el objeto de interminables discusiones, que se fueron renovando indefinidamente desde muy largos años.

Este punto de arranque que corresponde a la transgresión del mar paranense, coincide con el principio del mioceno, o sea con la segunda fase de los movimientos orogénicos de la región andina.

Otro punto de arranque de no menor importancia se desprende de los estudios del doctor Windhausen, más arriba mencionados, de los cuales resultan establecidas las relaciones de los movimientos tectónicos entre las diferentes unidades estructurales de la Patagonia, y fijado el límite entre los terrenos cretácicos y los terrenos terciarios, que corresponde a la transgresión marina de los últimos tiempos del cretácico, o sea a la transgresión daniana, cuya ingresión penetró en el continente (véase el croquis que acompaña la presente nota), avanzando hacia el norte a lo largo de los cordones cristalinos del basamento triásico de la zona actual de las mesetas, pasando a diferentes latitudes más al oeste de la línea actual de la costa, y, a la latitud del golfo de San Matías, penetró hacia el noroeste, invadiendo la mayor parte del territorio nacional de Río Negro, la parte este del territorio nacional de Neuquén, la parte oeste del territorio nacional de la Pampa y parte de las provincias de Mendoza, San Luis, San Juan y Rioja. Los límites de esta ingresión no se pueden establecer todavía con exactitud.

La regresión de este mar daniano marca el límite entre los terrenos cretácicos y los terrenos terciarios. Con ella se inició la primera fase de los movimientos orogénicos de la región andina y principia la era terciaria.

El mar paranense, cuya transgresión se verificó al principio del mioceno, del Atlántico del norte, penetró de norte a sur en el territorio de la República Argentina, hasta el pie del cordón septentrional de las sierras de Buenos Aires y el macizo cristalino de la Pampa Central, actualmente en subsuelo, cubriendo así lo que es hoy la provincia de Santa Fe, una faja de las provincias de Córdoba, de Corrientes, de Entre Ríos, de Buenos Aires y del territorio de la Pampa Central, como está representado en el croquis que acompaña esta nota. No existía entonces el estua-

rio del río de la Plata, y el límite del Atlántico (Atlántico medio) estaba más al este y sin comunicación todavía ni con el Atlántico del norte ni con el Atlántico del sur.

Se conocen ya, para determinadas regiones, las intrusiones pacíficas y atlánticas que tuvieron lugar a través de los tiempos geológicos; pero está aún demasiado incompleto el cuadro de nuestros conocimientos de la estratigrafía de extensas zonas para poder establecer un bosquejo,

Las transgresiones del patagonense (eoceno) y de las series del santacruzense (oligoceno) se verificaron del Atlántico del sur a través del continente austral, y han dejado la sedimentación marina, que hoy se conoce, a lo largo de la costa actual de la Patagonia, y también al interior.

La transgresión patagonense, que llegó más al norte, sólo alcanzó al pie del cordón austral de las sierras de Buenos Aires (véase el croquis que acompañamos). Datos que más tarde se me revelaron como confusiones con sedimentos de la ingresión daniana y de la ingresión paranense, me habían hecho creer que esta transgresión había llegado más al norte (82, pág. 10). La Patagonia se presentaba entonces como un pedazo separado del antiguo continente austral, entrecortado a menudo por canales que le daban transitoriamente el carácter de archipiélago, no habiendo tenido sino un carácter intermitente la falta de las comunicaciones terrestres de las diferentes partes del archipiélago entre sí y con el continente africano-brasileño.

Con la segunda fase de los movimientos orogenéticos de la región andina del principio del mioceno llegó también a suprimirse definitivamente la comunicación libre del mar terciario de Chile con el Atlántico del norte, como resulta de los estudios de Steinmann y Moericke ¹ de las faunas marinas de Navidad con carácter atlántico y de Coquimbo con carácter netamente pacífico.

Anteriormente a esta supresión no habían dejado de aparecer en varios momentos, y con carácter de intermitencia, puentes de comunicación entre el Continente africano-brasileño y Norte América, que establecieron las vías por las cuales pudo verificarse la propagación de las especies con los demás núcleos de evolución del Continente austral, de Europa y de Asia.

Con esta misma segunda fase de los movimientos orogenéticos de la región andina del mioceno está relacionada la transgresión paranense, de la cual las investigaciones del doctor Frenguelli establecen las relaciones estratigráficas y tectónicas en el territorio de la República Argentina.

La transgresión mesopotamiense ha sucedido inmediatamente a la tran-

¹ STEINMANN Y MOERICKE, *Tertiärbildungen des nördlichen Chile*, *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal. Bl.* Bd. X, 1896.

gresión paranense y a ésta sucedió la transgresión entrerriense. Estas dos transgresiones ya no tuvieron lugar desde el norte sino desde el sudeste, por el actual estuario del río de la Plata (véase el croquis), desde el Atlántico medio, cuando por el derrumbe del puente africano-brasileño se determinó la fusión en una sola de las diferentes cuencas atlánticas primitivas, hecho que fué establecido por el doctor Windhausen (131, págs. 12-14) al estudiar las faunas marinas entrerrianas, las que, por presentar estrechas relaciones con las faunas de Europa y de Norte América, están en abierto contraste con el carácter faunístico de las anteriores ingresiones patagónicas.

Anota el doctor Frenguelli, que en las mismas barrancas entrerrianas del río Paraná se observa una serie estratigráfica en la que, como en el subsuelo de Estación Río Salado, una serie de formaciones sabaéreas (mesopotamiense, fluvial-entrerriense, eolítico-araucanense, fluvial) se suceden sobre una más antigua base marina (paranense).

Todos los elementos estratigráficos, tectónicos y faunísticos, recordados por el doctor Frenguelli, permiten correlacionar exactamente la estructura del subsuelo de la región santafecina perforado, con la estructura de la región entrerriana, tal como aparece en las barrancas paranenses. En el subsuelo santafecino faltan solamente las formaciones marinas superiores del entrerriense y del araucanense, que en Entre Ríos establecen horizontes bien caracterizados. Estas ingresiones, como se sabe, remontando cauces fluviales preexistentes, abarcaron un área transversal muy limitada. Estación Río Salado se halla, además, a una latitud que no fué alcanzada por esas ingresiones. Se debe también tener presente, al establecer las correlaciones, de las acciones destructivas posteriores y de los fenómenos de denudación que llevaron los depósitos.

Por las relaciones estratigráficas y los caracteres petrográficos y paleontológicos, absolutamente distintos e inconfundibles, correspondientes a cada una de estas tres formaciones del paranense, del mesopotamiense y del entrerriense, hace ver el doctor Frenguelli cómo es imposible considerarlas como niveles o facies de una misma formación, como ha sucedido hasta hoy, y con razón señala precisamente esta confusión como una de las causas que más han obstaculizado la exacta interpretación de las series sedimentarias argentinas. La obstaculización a mi parecer es más fundamental, como lo establece la presente nota, y los nuevos hechos puestos de manifiesto por estas investigaciones del doctor Frenguelli, significan, indudablemente, un gran paso en la vía de la solución de los problemas de la evolución en las regiones australes.

Hasta discordancias tectónicas señala el doctor Frenguelli en los depósitos de esas formaciones, y las estudia en todos sus detalles. Observo numerosos y evidentes ejemplos de vestigios indiscutibles de disloca-

ciones, que somete a un examen minucioso y que le suministran el material de muy importantes deducciones. Son estas dislocaciones de dos especies: pliegues y fallas. Los pliegues, observa el doctor Frenguelli, son siempre simples, verticales y poco pronunciados; se pueden considerar, a su parecer, como ondulaciones amplias, formando anticlinales y sinclinales muy abiertas, debidas tal vez a un ligero empuje tangencial, combinado con aquel movimiento que se manifestó especialmente en sentido ascendente, eliminando en definitiva el mar paranense. Afectan esos pliegues-exclusivamente al paranense batial y al nerítico estuario.

Las fallas son también todas simples y normales y de pequeño rechazo. Afectan al mismo tiempo los dos niveles del paranense y el superpuesto mesopotamiense.

Un ejemplo muy ilustrativo de una falla refiere el doctor Frenguelli haberlo observado en la base de la barranca derecha del arroyo de la Curtiembre, a cerca de un kilómetro y medio de su desembocadura. De esta falla reproduce algunos detalles en dos fotografías (50, págs. 229 y 231).

Después del análisis de los accidentes tectónicos que afectan esas formaciones, establece el doctor Frenguelli las correlaciones entre las diversas fases de los movimientos de dislocación de las mismas y los fenómenos andinos.

Observa en primer lugar cómo el suave arrugamiento del paranense afectó las capas de este horizonte al final de su sedimentación, cuando el ambiente batial ya había sido substituído por el ambiente nerítico y estuario; y, en segundo lugar, considera cómo el mismo arrugamiento se verificó anteriormente a la sedimentación y a la fracturación del mesopotamiense.

En cuanto a este segundo proceso, anota el doctor Frenguelli cómo la primitiva fracturación de esta región determinó una serie de grandes y pequeñas fallas periféricas, cuyo rechazo miraba hacia el este o el nordeste, localizando hacia este lado el centro de una grandiosa cuenca de hundimiento, que el autor hace coincidir con el derrumbe del puente africano brasileño, estableciendo además el sincronismo con esta fase de los movimientos genéticos.

Son, según las demostraciones del autor, estos movimientos de fracturación en sus diferentes fases, que animaron la falla del río Paraná, que se reactivó posteriormente con los movimientos de las otras fases sucesivas, las cuales también originaron desplazamientos verticales entre los labios de la falla hasta producirse la inversión en el rechazo que hoy mira hacia el oeste y no hacia el este, como fué el caso primitivamente.

El valor vertical del rechazo de esa falla, el que representa en la actualidad la resultante de los diversos movimientos considerados, debe

calcularse en 28 metros aproximadamente. Se deduce fácilmente este último dato, considerando que en la actualidad la superficie superior del paranense (arcilla obscura, tipo *Blauschlick*), en las perforaciones de Estación Río Salado, se halla a cerca de 14 metros bajo el nivel del mar, mientras que en el puerto de Pueblo Brugo se halla más o menos a 14 metros sobre el mismo nivel.

No deja tampoco el autor de correlacionar estos movimientos con la revivificación general de la topografía de la pampa, y la formación del loess pampeano.

VI

CORRELACIONES ENTRE LOS FENÓMENOS TECTÓNICOS DE LAS DIFERENTES EDADES GEOLÓGICAS EN LA REGIÓN ANDINA Y EN LA REGIÓN DE LAS LLANURAS.

Estos conceptos sobre los cuales me detuve con alguna extensión, de las correlaciones entre los fenómenos tectónicos de la Pampa y los de la región andina, en la forma como están establecidas las deducciones, basadas en gran parte sobre hechos conocidos, puestos en paralelismo con determinadas y numerosas observaciones recogidas en todas las regiones del país por geólogos como Keidel, Windhausen, Rassmuss, Groeber, Stappenbeck, Beder, Burckhardt, Bodenbender y otros, referentes a las relaciones tectónicas que afectan depósitos terciarios y la formación del loess pampeano, adquieren indudablemente la fuerza de los hechos comprobados.

Sólo aquí, para hacer resaltar el alcance de estos conceptos, me limitaré a recordar las fuertes dislocaciones y las discordancias señaladas, con relación a los « estratos calchaqueños » en las sierras pampeanas, así como también en las zonas subandinas del norte, donde se distinguen entre los elementos tectónicos los núcleos precámbricos, cámbricos y paleozoicos, con su cubierta mosozoica y terciaria — hoy en su mayor parte destruída por denudación y erosión, — que constituyen vestigios de un plegamiento ya muy antiguo, y luego las anticlinales y las sinclinales y las fallas también, así como los sobreescurrecimientos que suelen presentarse y que deben su origen a movimientos tectónicos más modernos.

Complicaciones tectónicas que afectan sedimentos terciarios también se conocen por investigaciones de los geólogos mencionados de las provincias de Mendoza y de San Juan, y de los territorios nacionales de Neuquén, de Río Negro, de Chubut, de Santa Cruz y de Tierra del Fuego.

En la monografía a la cual me refiero al principio de la presente nota, aparecerán estudiados, con el debido detenimiento, todos estos fenómenos tectónicos en sus verdaderas relaciones con las soluciones de los problemas más fundamentales de la geología, y se pondrá bien en evidencia que no sólo en la formación de las cordilleras de los Andes, como en la formación de todas las cadenas de montañas de más importancia del universo, entran los fenómenos tectónicos en primera línea en la consideración de los demás fenómenos geológicos que participan en su génesis, sino que, además, en la región de las llanuras son también los fenómenos tectónicos que juegan el rol más importante en la determinación de todos los caracteres morfológicos.

Sobre las bases de las investigaciones practicadas en todas las partes del universo, la geología moderna ha puesto además en evidencia que la participación de los fenómenos tectónicos, en la formación de las montañas, es una gran obra que se caracteriza por la continuidad a través de las edades geológicas y la larga duración en cada una de sus distintas fases. Las investigaciones en la República Argentina ponen en evidencia la verdad absoluta de estos principios, tanto para la región de las montañas como para la región de las llanuras.

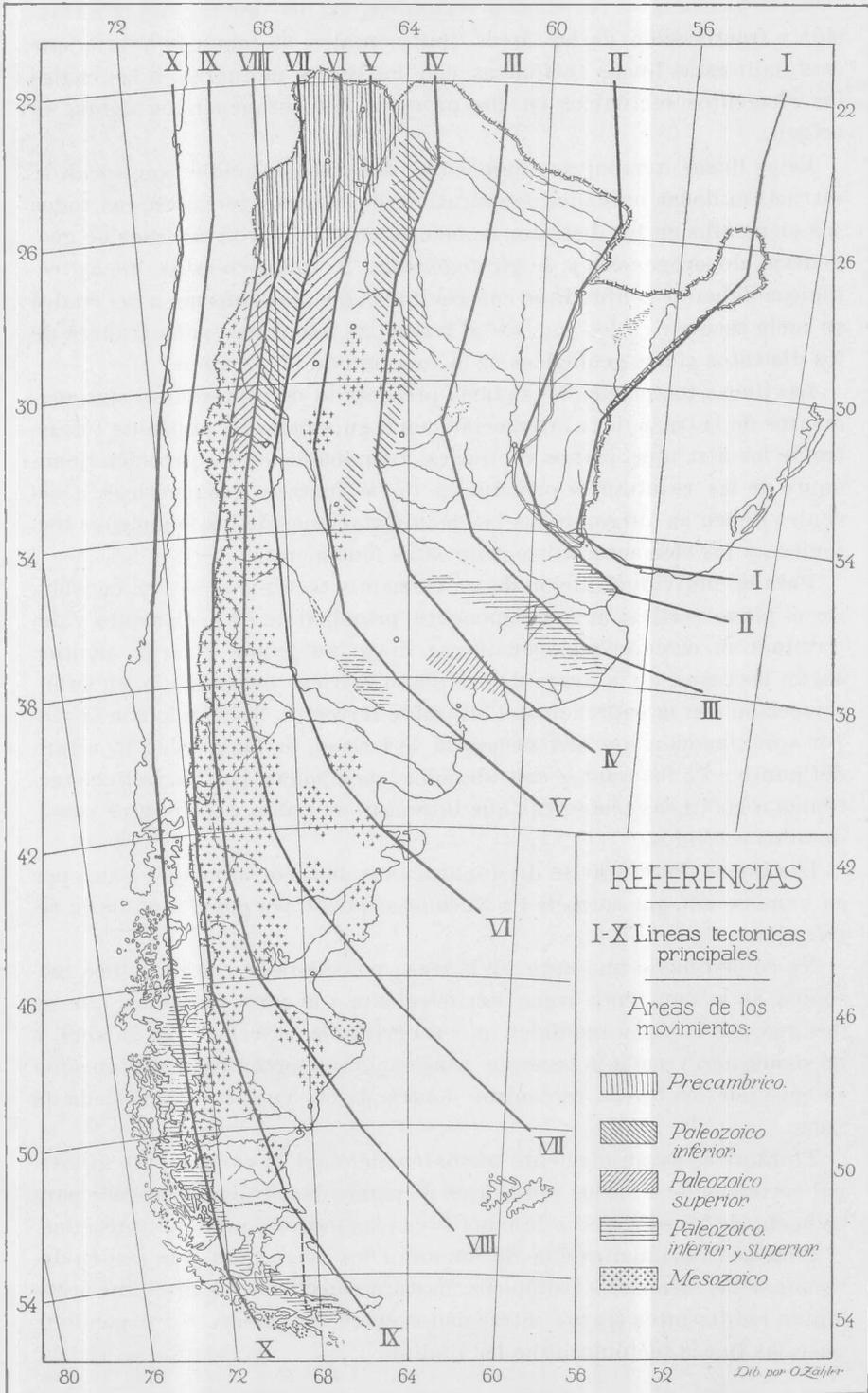
Estos principios ya resaltan en todas las diferentes publicaciones que se refieren a mi primer viaje a Patagonia y se confirma la exactitud de las interpretaciones que di entonces a todas las observaciones consignadas en las mencionadas publicaciones. Esta confirmación no sólo se basa en las observaciones propias mías, que en el curso de los años, como más arriba lo explico, logré extender a todas las regiones del territorio de la República Argentina, sino además en las mismas investigaciones de todos los distinguidos geólogos de los cuales hacen mención las líneas que anteceden.

VII

INDIVIDUALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS TECTÓNICOS

Para facilitar la individualización de los elementos tectónicos en toda la extensión del territorio de la República Argentina, a la cual habrá naturalmente que llegar en la discusión a fondo que se presentará en la monografía que motiva esta nota preliminar, es conveniente hacerlo con relación al sistema de líneas tectónicas que aparecen en el croquis de la página 261. Así lo reclaman no sólo la sencillez del sistema, sino más especialmente las correlaciones de los fenómenos tectónicos en sus propias manifestaciones a través de las edades geológicas.

No habría que confundir estas líneas tectónicas con las líneas de frac-



Líneas tectónicas en el territorio de la República Argentina

tura referentes a los fenómenos tectónicos en los procesos de la formación y fracturación de las áreas continentales, ni tampoco habría que confundir estas líneas tectónicas con las líneas de fuerza, a las cuales los elementos tectónicos en los procesos geopirogenéticos deben su origen.

Estas líneas tectónicas tampoco se deberán confundir con líneas de estructura de las unidades constitutivas de la costra terrestre, con todos sus elementos en los distintos momentos en sus respectivas fases de geogénesis, de orogénesis y de gliptogénesis. Ni tampoco estas líneas tectónicas deberán confundirse con las líneas de diastrofismo, a las cuales se suele recurrir en los cuadros al trazar las relaciones paleográficas de los distintos ciclos geológicos en la sucesión de los tiempos.

Las líneas tectónicas del sistema presentado no representan sino segmentos de la traza de la intersección con la superficie del elipsoide terrestre de los distintos planos verticales arrumbados en la dirección dominante de las resultantes principales de las fuerzas geogenéticas, a las cuales deben su origen todas las manifestaciones de los fenómenos tectónicos y los elementos mismos de estos fenómenos.

Para la individualización de un elemento tectónico bastará considerar el plano vertical de la componente principal de este elemento y determinar su orientación; considerar luego un punto o varios puntos, según los casos, de la traza de ese plano vertical mencionado, en su intersección con la superficie del elipsoide terrestre, indicando con la mayor aproximación que sea necesaria la latitud, la longitud y la altura del punto o de los puntos considerados; mencionar, por fin, la línea tectónica o las líneas tectónicas que interesan el punto o los puntos considerados referidos.

Las líneas tectónicas se distinguen unas de las otras en este sistema por su numeración, que corre de I a X, como se puede ver por el croquis de referencia.

No coincidiendo un punto de la traza considerada con una línea tectónica, se lo considera como perteneciente a la zona tectónica, que se designa por la línea tectónica que atraviesa la superficie de la zona, y no siendo atravesada la zona por ninguna línea tectónica, la designación se hace por las líneas tectónicas dentro de las cuales está ubicada la zona.

Tratándose de un elemento tectónico, del cual la componente principal corresponde a varios segmentos de planos verticales, se procede para cada uno de los segmentos de acuerdo con las indicaciones que anteceden.

Para la individualización de las unidades tectónicas que suelen determinar los elementos tectónicos, bastará considerar las distintas áreas o bien los distintos trozos intercalados entre los planos correspondientes a las líneas tectónicas que los limitan.

Las líneas tectónicas, como se ve por el croquis, tienen una dirección meridional o submeridional, y se caracterizan, además, por estar afectadas por el fenómeno de la virgación, determinada por la flexión bastante constante hacia el este que sufren las líneas tectónicas.

La orientación de las líneas tectónicas y el mismo fenómeno de la virgación están directamente relacionados, como se desprende de la exposición que antecede, con las resultantes principales de las fuerzas geogénicas, que en sus múltiples fases dan origen a los fenómenos tectónicos de todos los diferentes grados y en todas las formas como se presentan a la observación. Los resultantes de las fuerzas geogénicas, o sea las componentes de los fenómenos tectónicos, dependen a su vez, como también se desprende de la exposición que antecede, en su totalidad, tanto en su orientación como en su intensidad, de las resistencias de todo orden que se oponen a sus manifestaciones, tan constantes, como lo son las causas originarias de las mismas fuerzas geogénicas.

Considerando cualquier elemento tectónico, se entiende con estas explicaciones, cómo la orientación de su eje, con relación a los elementos de las líneas tectónicas, puede variar considerablemente y presentarse bajo los ángulos los más distintos, según el elemento tectónico considerado. Entre las resistencias que se oponen a las manifestaciones de las fuerzas tectónicas en el territorio de la República Argentina, no se debe dejar de tener en cuenta las resistencias que nacen de los procesos de fracturación del antiguo continente africano-brasileño.

Entre las investigaciones de todos los elementos de los fenómenos tectónicos, más frecuentemente que en las de los fenómenos geológicos de otro orden, se revela la necesidad, para la exacta y segura interpretación, de extender las observaciones sobre mayores áreas. Las dislocaciones en todas sus formas, en el territorio de la República Argentina, acusan generalmente un empuje muy pronunciado de oeste a este, que se reconoce en las anticlinales, en las sinclinales, en los plegamientos en general, así como también en las fallas, en los escurrimientos, etc.

Después de las explicaciones que anteceden, se entiende que para la individualización de los elementos tectónicos, los meridianos terrestres no podrían substituir con ventaja el sistema de las líneas tectónicas, no solamente por las razones ya más arriba expresadas, referentes a la sencillez del sistema y a las correlaciones de los fenómenos tectónicos en sus manifestaciones a través de las edades geológicas, sino además por ser las líneas tectónicas líneas materiales, señaladas sobre el terreno por los caracteres morfológicos y por resultar, por consiguiente, la determinación de las coordenadas o, mejor dicho, de los elementos de posición de los fenómenos tectónicos que no reclaman mayor precisión, sino una aproximación relativa, una operación que no ofrece ninguna complicación.

Basta para darse una idea de las ventajas del sistema el soio examen del croquis de la página 261, sin necesidad de especializarse aquí con ejemplos de ninguna de las líneas tectónicas que darían mucha extensión a esta exposición.

VIII

RELACIONES ENTRE LOS FENÓMENOS TECTÓNICOS, LOS CARACTERES MORFOLÓGICOS DEL SUELO Y LOS PROCESOS DE LA FORMACIÓN DEL LOESS.

Señalaba en las publicaciones referentes a mi primer viaje a Patagonia las fallas que con tanta frecuencia se observan en todas las regiones del país, como el fenómeno determinante de la formación de las mesetas que dan a la Patagonia su carácter morfológico más peculiar (76, págs. 22-23), a la vez que grandioso e imponente, no precisamente por los desplazamientos verticales que presentan los labios de las fallas, que son muy reducidos, sino por la multiplicidad de los casos y la disposición y la extensión de las áreas afectadas. Hacía ver también en estas publicaciones la participación de estos fenómenos tectónicos a la determinación de los demás caracteres morfológicos: valles, cañadones, quebradas, ríos, arroyos, lagunas, lagos, depresiones.

En estas publicaciones están explicadas las relaciones de la formación del loess con las fallas (76, págs. 9, 10 y 20). En las escarpas de las mesetas, cuando están desprovistas de vegetación, la denudación llega al punto de dejar ver una serie de capas horizontales compuestas de areniscas, de margas, de arenas, de conglomerados, de rodados, etc., superpuestas las unas a las otras. Son estos parajes los que más especialmente se designan con el nombre de barrancas. Toman su mayor desarrollo a lo largo de la costa, en los valles, a la orilla de los ríos, en los bajos, en las depresiones, en las serranías, en las montañas, etc. Los materiales que se desprenden de las barrancas, bajo la influencia de los más diversos agentes, cuando el peso no es demasiado y la orientación de las barrancas está dispuesta de manera que el viento pueda actuar con toda su intensidad sobre la superficie inclinada, los transporta el mismo viento a la cumbre donde se acumulan estos materiales, a la orilla de las mesetas, y constituyen los médanos, los cuales por la acción de los organismos vegetales esencialmente se transforman en loess, cuyas capas en su conjunto alcanzan hasta 10, 20, 30 y 40 metros de espesor. Esta formación es la que Darwin llama tierra roja. A menudo se presenta formando montículos o cordones y cadenas de mayor o menor elevación, cubriendo áreas de extensión muy variable. En el norte y noroeste del país esta

formación adquiere a menudo un espesor de varios centenares de metros.

Comprende esta formación una serie de estratos, que se van sucediendo, por lo general, en gran número encima unos de los otros, presentando la estratificación característica de los depósitos eolíticos. La estructura de su masa acusa igualmente el mismo origen. Es una tierra arenácea que contiene una proporción de arcilla bastante constante. Su color es rojizo, grisáceo, amarillento, de muy variados matices.

Estas relaciones entre la presencia de las fallas y los fenómenos morfológicos del suelo, así como con la formación del loess, las he podido observar en toda la extensión del territorio de la República, tanto en la región andina como en la región de las llanuras.

El diastrofismo en la región andina es naturalmente más complicado que en la región de las llanuras, por el hecho de haberse manifestado los fenómenos tectónicos y los fenómenos volcánicos en esa región, así como todos los demás fenómenos geológicos, con intensidad incomparablemente mayor. Los rastros de los fenómenos glaciares cuaternarios en la región andina, en toda su extensión de norte a sur, sólo cubren áreas que apenas han pasado los límites de las áreas de los glaciares actuales.

Son hechos todos que dan la razón de caracteres morfológicos más complicados en la región andina y de la relativa profunda alteración de las formaciones mesetiformes, que se reconocen, sin embargo, en todas partes.

En la región de las llanuras las mesetas existen no solamente en la zona austral o patagónica, sino también en la zona central o de transición y en la zona septentrional o de las pampas. En la zona central o de transición el carácter mesetiforme se va alterando, sea por la diferencia de nivel entre las mesetas que se va reduciendo, o bien por resultar el relieve menos aparente debido a la denudación o a la acumulación de materiales en las escarpas. En virtud de las mismas causas, el carácter mesetiforme en la zona septentrional o de las pampas por lo general ha desaparecido ya, no pudiéndose observar más de este carácter primitivo, sino las acumulaciones al pie de los planos de fallas que determinaron en esos puntos el mayor espesor de las capas superpuestas, produciéndose así la consiguiente nivelación y la desaparición de las escarpas de las mesetas. Las ondulaciones más o menos tendidas de la superficie del suelo suelen también presentarse en el lugar de antiguas mesetas.

IX

EL MECANISMO DE LA FORMACIÓN DEL LOESS; DIFERENTES CLASES DE LOESS; TIERRA SEDIMENTARIA COMÚN; DISTRIBUCIÓN Y REPARTICIÓN DE ESTAS UNIDADES PETROGRÁFICAS.

Las investigaciones geológicas por mí practicadas, me permiten también afirmar que la formación del loess, en los lugares donde ésta pasa de determinado espesor (3 a 4 metros), no puede haberse verificado sino sobre las áreas mismas que se encontraron afectadas por la acumulación de las masas minerales que dan origen a las dunas o médanos, las cuales masas minerales se fueron transformando, en la forma como más arriba se señala, en loess.

Las áreas circundantes, inmediatas a esos centros de la formación del loess, llegaron a cubrirse de loess también, debido a los movimientos muy complejos, bien conocidos y propios de los médanos, en el transporte y en los fenómenos de transformación ya mencionados, de las masas minerales de su génesis.

Es un error pensar que el loess ha sido transportado de lejos, a grandes distancias, como lo afirman tantos autores, por la necesidad de sostener teorías, o mejor dicho simples hipótesis, que no dan la explicación satisfactoria de los hechos, cuando no resultan en la más absoluta contradicción con todos los mismos hechos, como lo revelan las observaciones metódicas y racionales recogidas con paciencia y perseverancia, sobre todas las áreas en que, con relación a estos fenómenos, se encuentran distribuidas en todas las zonas del país, tanto en la región andina como en la región de las llanuras.

Los fenómenos eólicos, en cuanto a la distribución y al transporte de los materiales de su génesis, tienen límites relativamente reducidos. Sólo por la multiplicación de los centros generadores de estas formaciones, es decir de los médanos, se llega a dar una explicación completamente satisfactoria de la vasta distribución del loess y de su relativa uniformidad en la repartición, así como del enorme volumen que representan las masas minerales que lo constituyen. Estas explicaciones, por otra parte, están en completa armonía con los hechos que se pueden observar en todas las regiones del país.

Para evitar confusiones, creo conveniente distinguir esta clase de loess con la designación de *tierra eólica medanalosa*.

En los lugares donde no se encontraron reunidas las condiciones necesarias para la formación de dunas o médanos y, en los cuales, a pesar de esta falla de ciertas condiciones bastante favorables, el viento llegó

sin embargo a formar acumulaciones de masas minerales, procedentes igualmente de fenómenos de denudación, como en el caso anterior, y que también subsidiariamente, por la acción de los organismos vegetales esencialmente, se transformaron en loess, no resulta esta formación con un espesor mayor de 3 a 4 metros.

Esta clase de loess podría distinguirse con la designación de *tierra eolítica común*.

Debido al mecanismo de la separación, por la acción del viento, de ciertos elementos de las masas minerales, que en el proceso de esta formación de la tierra eolítica común no puede ser tan activo ni tan prolongado, como sucede en la formación de la tierra eolítica medanalosa, por el mecanismo de todos los movimientos propios de los elementos de las dunas o médanos, resulta la tierra eolítica común de composición relativamente distinta de la tierra eolítica medalanosa.

Contiene la tierra eolítica común mayor proporción relativamente de arena y de arcilla que la tierra eolítica medanalosa, siendo la arena y la arcilla los elementos en que los procesos de la transformación en loess se fijan con más dificultad, y no es tampoco tan completa la transformación de los demás elementos de las masas minerales que entran en la constitución de estos productos eolíticos.

Los depósitos de loess formados por tierra eolítica medanalosa tienen, por lo general, mayor espesor y constituyen un suelo y un subsuelo de las mejores condiciones para la renovación indefinida de los elementos superficiales del suelo, que se van alterando con los procesos del cambio de la materia en la producción.

Además del loess, como se acaba de clasificar, se tiene que considerar la *tierra sedimentaria común*, en cuya formación no interviene en ningún momento la acción de los vientos para el transporte y la separación de elementos de las masas minerales que participan en su génesis. La formación del suelo, constituido por tierra sedimentaria común, se debe, como bien se sabe, a la acción combinada del aire, del agua de imbibición y de los organismos sobre las capas superficiales de la costra terrestre, y puede tener por resultado también, como igualmente se sabe, hasta la transformación de rocas compactas, en tierra sedimentaria común.

Este suelo constituido por tierra sedimentaria común no alcanza a tener sino un espesor mucho más reducido que el suelo en cuya constitución entra el loess. No supera su espesor por lo común de 60 centímetros.

Las condiciones de la formación de este suelo de tierra sedimentaria común ya son muy distintas de las de la formación del loess. Ya no se trata de la transformación de elementos disgregados y sueltos, en abundantes cantidades y en las condiciones más favorables para la transformación más rápida, no interviniendo para nada en esta génesis los fenómenos eolíticos.

Para esta clase de suelo se suele extender el subsuelo a las capas de la costra terrestre que aún no se han transformado en tierra, y es natural que en esta clase de suelo los fenómenos de la renovación de los elementos superficiales del suelo deben ser menos activos y más limitados.

Los suelos de esta clase en la República Argentina suelen ser, sin embargo, bastante ricos en elementos minerales especiales, para que la producción se obtenga sin abonos. A este respecto se entiende bien, sin pensar más que a su génesis, que en los suelos de tierra eolítica común y en los suelos de tierra eolítica medanalosa, más especialmente en éstos, los fenómenos de renovación de los elementos superficiales podrán verificarse indefinidamente, sin temerse jamás un agotamiento.

En la zona septentrional o de las pampas, de la región de las llanuras, la distribución del suelo es más o menos de las siguientes proporciones: las 7 quinceavas partes de la superficie pertenecen al suelo constituido por tierra eolítica medanalosa, las cinco quinceavas partes, o sea la tercera parte de la superficie, al suelo de la tierra eolítica común, y las tres quinceavas partes, o sea la quinta parte restante de la superficie, al suelo de tierra sedimentaria común.

En la zona austral, o de las mesetas patagónicas, la repartición del loess reponde a proporciones muy distintas por la circunstancia, como se verá más adelante, de encontrarse ya el loess del plioceno transformado en areniscas, es decir, en un estado más avanzado de su fase de litogénesis, y la distribución del suelo responde más o menos a las siguientes proporciones: una quinceava parte de la superficie al suelo constituido por tierra eolítica medanalosa, una tercera parte al suelo constituido por tierra eolítica común, y tres quintas partes al suelo constituido por tierra sedimentaria común.

En la zona central o de transición las proporciones para la distribución del suelo responden más o menos a la media de las proporciones asignadas en los dos párrafos anteriores a la zona septentrional o de las pampas y a la zona austral o de las mesetas.

En los valles, en las depresiones, y a menudo también en las mesetas de la región andina, lo mismo que en los valles, en las depresiones y en las mesetas, suficientemente protegidas contra los vientos, de las áreas de la zona septentrional o de las pampas cubiertas por las sierras pampeanas, resulta bastante difícil fijar proporciones por ser muy variable la distribución. El suelo, constituido por tierra eolítica medanalosa, en esas zonas suele, con mucha frecuencia, presentarse con centenares de metros de espesor.

El loess, tanto el loess constituido por tierra eolítica medanalosa, como el loess constituido por tierra eolítica común, es decir, aquella roca de origen y estructura eolítica, no afectada por remociones aéreas posteriores, a la cual se debe reservar el nombre, representa solamente una

parte de la estructura superficial, a la cual se acaba de hacer referencia, siendo constituida la otra por materiales más o menos finos, más o menos gruesos de transformación incompleta, o por materiales de acarreo fluvial o de sedimentación lacustre, estuariana o limnica, de cenizas volcánicas y hasta sobre el borde atlántico por sedimentos marinos.

Las formaciones lacustres y esterianas tienen mucho mayor desarrollo, en toda la extensión del territorio, de lo que se podría admitir de primeras investigaciones más o menos rápidas. Excepcional desarrollo han tomado en la región andina y en la parte subandina de la región de las llanuras, y donde mayor desarrollo alcanzan es en las provincias de Salta, Catamarca, Tucumán, Santiago del Estero, La Rioja, Córdoba (parte norte), San Luis (parte oeste), San Juan y Mendoza.

Las enormes acumulaciones loésicas y loessiformes, que en el interior suelen presentarse de centenares de metros de potencia a menudo, resultan con frecuencia de capas terciarias, en las cuales se ha operado a diferentes niveles ya cierta cementación, que se presenta con distintos grados de transformación, hacia el estado de arenisca o de roca algo más cuarzosa y de cemento más duro.

Se trata, en realidad, en estas acumulaciones de la misma formación pampeana, tan desarrollada en las otras regiones del país, cuyos depósitos pertenecen parte al terciario y parte al cuaternario, como más adelante se explicará, no siendo siempre claro el límite estratigráfico entre los depósitos pertenecientes a una y otra de las dos eras. Los fenómenos de denudación y de erosión suelen con frecuencia complicar las relaciones estratigráficas. En Patagonia el límite estratigráfico ya está más claro, especialmente en las áreas de la transgresión del mar plioceno, donde a su regresión se depositaron los rodados tehuelches. Resultan, además, en Patagonia, transformados en areniscas los depósitos eolíticos del plioceno, ocupando los rodados tehuelches, donde existen, el vértice en la serie.

X

PROCESOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LAS MASAS MINERALES EN LOESS Y TIERRA SEDIMENTARIA COMÚN

En la transformación de los elementos de las masas minerales constitutivas de las tierras eolíticas o loess, para su formación o génesis, intervienen los organismos vegetales esencialmente como en el capítulo anterior está la indicación.

Son los microorganismos, y entre ellos las bacterias y las algas, que desempeñan el rol más importante en esta transformación. Es también de

mucha importancia en estos fenómenos la acción de las raíces de las fanerógamas. La acción de los microorganismos y de las raíces de las fanerógamas tiene la mayor importancia, debido más especialmente a la producción de anhídrido carbónico y de ácido húmico, que ejercen una acción disolvente sobre las combinaciones del calcio y transforman los silicatos en carbonatos y en productos húmicos, poniéndose sílico pulverulento en libertad.

La formación de la tierra sedimentaria común, o sea la tierra del suelo común, se hace bajo la acción de fenómenos análogos, sobre las capas superficiales de la costra terrestre.

Bien se entiende que la transformación, ejercitándose la acción, para la formación de tierra sedimentaria común, sobre masas minerales, que no están disgregadas y sueltas, cuando no sobre rocas compactas, tiene que ser mucho más lenta que la transformación en los procesos genéticos de las tierras eolíticas o loess, cuyos elementos eolíticos están bien divididos, y respecto de los cuales los movimientos propios de que los animan los vientos llegan a colocarlos en lugares de ubicación más favorable, pudiendo así la acción de los factores de transformación desarrollarse con más eficiencia.

En la formación de la tierra sedimentaria común la disgregación sobre las capas de la costra terrestre no se produce sino por la acción combinada de los siguientes agentes: el acceso del aire atmosférico, la influencia de los cambios diurnos de temperatura y la acción del agua de imbibición, así como de las criptógamas, de los líquenes, de los musgos, de las algas y de las raíces de las fanerógamas. Se sabe como es lenta esta disgregación, especialmente por no poderse desarrollar la vegetación en condiciones tan favorables, ni con la misma rapidez, como resulta en la transformación de los elementos eolíticos.

Estas pocas explicaciones dan la razón del hecho, que en la comparación del volumen del loess que se ha formado, durante todo el tiempo en que se desarrolló la formación pampeana, es este volumen más de dos mil veces superior al volumen de la tierra sedimentaria común, que se pudo formar en iguales condiciones y en el mismo intervalo de tiempo.

XI

OBSERVACIONES REFERENTES A LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL LOESS

Basta pensar al mecanismo de la formación del loess y a los procesos genéticos de los elementos eolíticos que lo constituyen, así en la forma como está explicado en los capítulos que anteceden, para darse cuenta

que los estudios petroquímicos del loess no tienen sino una importancia muy relativa para la geología, mucho más relativa aún que la que ha llegado a tener para las rocas eruptivas.

Ni podrían tener estos estudios para la geología mayor importancia que los que pretendieran poder establecer diferencias en la composición química de calcáreos silúricos, jurásicos y cretáceos, o en la composición de areniscas de esas formaciones, para determinar su edad relativa.

En un estudio reciente, el ingeniero Moisés Kantor (63) hace el estudio comparativo petroquímico de varias muestras de loess procedentes de Córdoba, de las barrancas del río Paraná y de la costa atlántica de la provincia de Buenos Aires, y procede al análisis de los estudios más importantes referente al loess de la República Argentina y al loess de otros países.

Afirma el ingeniero Kantor en este estudio, que no existe ninguna razón para considerar el loess alóctono, transportado por la acción eólica, y que muy bien podría resultar que se tratara de un material descompuesto *in situ* debido a un proceso laterítico.

Los procesos genéticos de la formación del loess, estudiados en la presente nota, hacen ver con toda evidencia, y sin necesidad de entrar en mayores explicaciones, todo lo inaceptable de esta tesis del ingeniero Kantor en cuanto al origen laterítico del loess. Las afirmaciones del ingeniero Kantor, a este respecto, no son sino meras hipótesis, porque no se basan en ningún hecho observado y comprobado.

Será el lugar de discutir las afirmaciones del ingeniero Kantor en la monografía a que se refiere la presente nota.

En su trabajo, el ingeniero Kantor sostiene, además, que el loess o tierra pampeana no contiene productos zeolíticos, como lo afirma Bade (7). De la mayor importancia con respecto a la composición del loess es conocer, como lo demostró primero Van Bemmelen (10), la proporción en la cual se encuentran mezcladas la parte de los silicatos soluble en ácido clorhídrico y la otra parte insoluble en ácido clorhídrico, pero soluble en ácido sulfúrico. La parte soluble en ácido clorhídrico está constituida por los elementos en los cuales ocurren los movimientos químicos y físicos más característicos de los fenómenos del cambio de la materia. La masa principal de la parte del loess soluble en ácido clorhídrico se encuentra indiscutiblemente al estado coloidal.

Las diferencias en la composición química, que se señalan con el loess del Rhin, no son sino las mismas que se podrían señalar entre las rocas madres-areniscas, arenas, margas, conglomerados, etc., de los respectivos países, que suministran los elementos eólicos constitutivos del loess en la región del Rhin y en la Argentina. Tanto por la estructura eólica de los depósitos, de los cuales procede la roca, como por la propia estructura eólica tan característica de la roca misma, y los demás caracteres petro-

gráficos de sus elementos constitutivos, no se puede negar a la roca que en la República Argentina se llama loess esta designación en la clasificación, porque de hacerlo así, existirían las mismas razones para no seguir aplicando a las rocas madres que han suministrado los elementos de este loess, en los procesos genéticos arriba estudiados, la clasificación de areniscas, arenas, margas, conglomerados, etc. Con la misma razón, además, también se debería dejar de llamar con los nombres que se conocen en la petrografía las rocas a las cuales pertenecen los rodados de los conglomerados, y los elementos también de las areniscas, de las arenas y de las margas, que se acaba de señalar como rocas madres de los elementos del loess. Entre estas rocas, que son de muy numerosas clases, como se sabe, son los pórfidos, las porfiritas, los granitos y las sienitas que con mayor abundancia se presentan. No son fundamentales tampoco las diferencias que se señalan en la composición química.

XII

FORMACIONES EOLÍTIICAS DE DISTINTOS PERÍODOS GEOLÓGICOS

Existen en la República Argentina productos de la formación eolítica, de los terrenos cretáceos, así como de todas las series terrestres de la era terciaria y de todos los distintos horizontes del cuaternario. En la sedimentación se ha señalado ya más arriba el proceso de la transformación del loess en areniscas y en varias otras clases de rocas cuarzosas, en depósitos de la formación pampeana, transformación que en los terrenos más antiguos se operó en proporciones mayores que en las formaciones más recientes.

Además de la estratificación, que permite reconocer esta clase de formaciones, a menudo en el lugar de las fallas, apoyado a la base contra el plano mismo de su labio superior, es posible observar la acumulación del material, que determina el mayor espesor de las capas superpuestas en esta parte, y contribuye así a producir la nivelación en los fenómenos de la desaparición de las mesetas antiguas, fenómeno que ya se explicó en la presente nota al tratar de los caracteres morfológicos de las diferentes zonas de la región de las llanuras.

Las asociaciones de fósiles de tipos de faunas distintas que se deben a la denudación eolítica, de la cual se habla con más detenimiento en el capítulo XX de la presente nota, contribuyen a establecer también pruebas inconfundibles sobre las relaciones de estas formaciones.

Los paisajes, mesetiformes a través de las edades geológicas se han sucedido con toda regularidad y han tenido siempre idéntica participación en la formación de los depósitos eolíticos.

El hecho de haberse transformado ya el loess plioceno, en la Patagonia, en areniscas, como también más arriba se estableció, revela indudablemente, como se ha visto, un estado más avanzado en la fase de litogénesis de la roca, con relación a fenómenos del mismo orden en las demás zonas del país.

La transformación del loess en areniscas ha adquirido mucho mayores proporciones en la formación patagonense (eoceno), así como en la formación santacrucense (oligoceno). Está también bastante adelantada ya en la formación paranense (mioceno). No es tampoco raro observar este fenómeno en la formación pampanense (plioceno). Las espléndidas reproducciones de fotografías, de muy distintas zonas del país, que aparecen en la *Revista del Museo de La Plata*, volumen XXV, páginas 135 a 342, 1921; volumen XXVI, páginas 281 a 289, y 333 a 392, 1922, ofrecen muchos testimonios elocuentes de esta transformación.

XIII

SOLUCIÓN NATURAL DEL PROBLEMA DE LA FORMACIÓN DEL LOESS

La solución presentada en esta nota del problema de la formación del loess o tierra eolítica está basada en todas sus partes sobre los hechos rigurosamente observados y comprobados en largas y perseverantes investigaciones en toda la extensión del territorio de la República Argentina.

En ninguna de sus partes tiene esta solución que recurrir a hipótesis más o menos ingeniosas, y sí sólo reposa sobre la realidad de las observaciones y comprobaciones.

Ninguno de los fenómenos que se presentan a la observación, con relación a la formación del loess en esta solución, queda sin tener una explicación natural, amplia e inconfundible.

A pesar de no hacer intervenir sino la acción exclusiva del viento como medio de transporte de los elementos de las masas minerales constitutivas del loess, y de excluir la acción del agua como medio de transporte de los elementos en la formación del loess, que no reposa sino sobre una hipótesis en contradicción con todos los hechos que se pueden observar, la solución natural presentada en esta nota, del problema de la formación del loess y tierra eolítica, explica sin dificultad alguna la presencia de rodados y de fragmentos de rocas, que se suelen observar con frecuencia en todos los distintos niveles de esta formación.

No he llegado jamás a observar rodados y fragmentos de rocas en el loess de dimensiones mayores que el que representa un huevo de galli-

na, y aun fragmentos de estas dimensiones sólo se encuentran con muy raras excepciones. Por lo común los fragmentos no pasan el volumen de una arveja o de una avellana; los que alcanzan el volumen de una nuez ya son escasos. Los vientos, pegando contra la superficie bien orientada de las barrancas, en las escarpas de las mesetas, como ya lo tengo explicado en las publicaciones que se refieren a mi primer viaje a Patagonia ¹, van barriendo con la mayor facilidad, conjuntamente con las arenas y demás partículas que se desprenden de las mismas areniscas, conglomerados y bancos de margas, tierras y arenas de esas superficies inclinadas, los rodados y fragmentos de rocas considerados, transportándolos a la cumbre mezclados con los demás elementos eolíticos.

Los fragmentos con aristas más o menos angulosas de rocas que se suelen encontrar entre estos elementos del loess, son los mismos que se encuentran en las areniscas, en los conglomerados, en las margas, en las tierras y en las arenas de las barrancas. Se sabe, además, que las mismas rocas de los rodados, bajo la acción únicamente de las variaciones diurnas de la temperatura, suelen partirse en fragmentos.

Basta con estas explicaciones para darse cuenta que la presencia de rodados y fragmentos de rocas diversas, entre el loess, se explica sin hacer intervenir la acción directa del agua o del hielo para el transporte, siempre que el peso de los rodados y fragmentos no fuere demasiado para impedir que el viento alcance a llevarlos, barriéndolos, rodando sobre la superficie denudada, inclinada y bien orientada de la barranca, hasta llegar a la cumbre y mezclarse sobre la meseta con los demás elementos eolíticos.

La solución natural de los problemas de la formación de loess, en la forma como está presentada en esta nota, también tiene las suficientes condiciones de adaptabilidad para explicar la presencia de rodados y fragmentos de rocas de todas las dimensiones entre el loess, si es que en alguna parte se llegase a encontrar. Yo, como más arriba lo digo, no los observé jamás de dimensiones mayores a las que corresponden al peso límite indicado.

Para la explicación natural de la presencia, entre el loess, de trozos cuyo peso límite fuera superior, bastaría hacer intervenir fenómenos que se presentan con mucha frecuencia, como ser el cambio en el cauce de un río o de un brazo del río, o bien una creciente, seguidos esos fenómenos de la denudación necesaria, y posteriormente de la sedimentación con alguna cantidad de loess para la cubierta. Esta explicación, como se ve, es natural y no presenta ninguna complicación; está en perfecta concordancia con los caracteres especiales que se han puesto de relieve al tratar de la distribución y de la repartición del loess.

¹ Consúltese en (77, págs. 280 a 281) la primera relación de este fenómeno.

Si se procediere a un examen crítico de todas las teorías y explicaciones que se dieron a conocer hasta el día de hoy y que constituyen una literatura muy vasta sobre la formación del loess, tanto en la Argentina como en las demás partes del mundo, se podría apreciar en toda su realidad las condiciones naturales, amplias y completas de la solución presentada en esta nota, condiciones que no ofrecen ninguna de las otras teorías y explicaciones invocadas.

Corresponde darle a esta teoría, de condiciones así naturales, amplias y completas de la solución de los problemas de la formación del loess, presentada en esta nota, la designación de *teoría eolo-tectónica* para distinguirla de las otras teorías que no ofrecen las mismas condiciones naturales.

Entre estas otras teorías y explicaciones invocadas las hay muchas que no son aceptables, por no basarse sino sobre hipótesis que están en contradicción con la realidad de los hechos que se pueden observar y darles la interpretación que les corresponde, bien comprobada, segura e inconfundible.

Entre las demás teorías ninguna se presenta en condiciones naturales, amplias y completas, sino que sólo se refieren a tal o cual fenómeno o a tales o cuales fenómenos de condiciones especiales relacionados con la formación del loess.

Ninguno de estos casos resulta tampoco excluido por la solución natural presentada en esta nota, sino que caben todos en ella o, mejor dicho, persisten a su lado para la explicación de los fenómenos especiales a los cuales se refieren, que se desarrollaron independientemente del fenómeno general de la formación del loess, como se explica por la solución natural presentada por esta teoría eolo-tectónica.

No se podría negar que no han tenido lugar fenómenos de acumulación, como los invocados en sus respectivas teorías por Doering, Steinmann y Keidel, por ejemplo; pero jamás esos fenómenos — lluvias de cenizas volcánicas; acumulaciones de materiales de trituración de los glaciares y de las erupciones volcánicas llevados por los glaciares, por las mismas erupciones y por los vientos para su distribución y repartición; acumulaciones extraordinarias en la región andina transportadas a las llanuras por los ríos y distribuidas por los vientos — han tenido el carácter general, ni han adquirido tampoco las proporciones que permitirían acumulaciones tan enormes como las que suponen la formación del loess.

Tales acumulaciones no llegan, con toda probabilidad, a representar ni la diez milésima parte del volumen representado por las masas loésicas y loessiformes de la República Argentina, y quedaría además con estas teorías, entre otros varios problemas sin explicación posible, el de la repartición y distribución de las masas minerales con la uniformidad con la cual se presenta.

El examen a fondo de todas esas teorías y explicaciones de la literatura sobre la materia, en la forma como lo reclama la importancia y la complejidad de los problemas, daría a esta nota mucha extensión, razón por la cual aparecerá este examen en la monografía a que se refiere la presente nota. Comprenderá este examen crítico trabajos de los siguientes autores: d'Orbigny, Darwin, Bravard, Burmeister, Heusser y Claraz, Doering, Ameghino, Aguirre, Steinmann, Keidel, Bodenbender, Bailey Willis, Rovereto, Wichmann, Outes, Burckhardt, Lehmann, Nitsche, Kühn, Frenguelli, Kantor, Walther, von Richtofen, Andréé, Arsandaux, Bauer, Van Bemmelen, Bruhns, Bücking, Meigen, Scheering, Werling, Wright, Fenner, Keilhack, Reizler, Sauer, Tietze, Wiegers, Werth, Anderson, Soergel, Solger, Virlet, Jentzsch, Weinschenck, Zirkel y otros.

XIV

MOMENTOS DE LA FORMACIÓN DEL LOESS Y FENÓMENOS DIAGENÉTICOS DE SU TRANSFORMACIÓN

Los momentos de la solución natural de la formación del loess en la República Argentina, de su sedimentación, de su cementación y de sus transformaciones en la teoría eolo-tectónica son los siguientes: 1° Formación y desarrollo del carácter morfológico del suelo que más favorece la acción eolítica; 2° Desarrollo de superficies de denudación, con la conveniente orientación e inclinación en las unidades tectónicas mesetiformes, con las correspondientes playas de las orillas del mar en el litoral, de las orillas de los ríos y arroyos y de los valles y depresiones en el interior; 3° Desprendimiento, bajo la influencia de los más diversos agentes de las intemperies, de la erosión, de los vientos, etc., de materiales de las masas minerales que entran en la composición de las superficies de denudación de las unidades tectónicas mesetiformes y de las playas; 4° Transporte por el viento de los materiales desprendidos de las masas minerales de las superficies de denudación, o sea de los elementos eolíticos a la cumbre de las mesetas; 5° Acumulación de estos elementos eolíticos a la superficie de las mesetas y formación eventual de médanos; 6° Mecanismo de la distribución y repartición de estos elementos eolíticos, así como de su transformación en loess; 7° Procesos de la transformación de los elementos eolíticos en loess; 8° Estratificación del loess; 9° Fenómenos de sedimentación y cementación; 10° Fenómenos de transformación diagenética.

La formación del loess, como la de cualquier otra roca, presenta en su génesis tres fases distintas: la fase de litogénesis, la fase de orogénesis y la fase de gliptogénesis.

A la fase de litogénesis corresponden todos los momentos enumerados en el cuadro establecido más arriba. Todos estos momentos están entre sí relacionados y ligados en forma tal, que no es posible descubrir en ellos ningún fenómeno de lateritismo. Se insiste aquí sobre este hecho, más especialmente con relación a los fenómenos de sedimentación y cementación, que corresponden al momento noveno del cuadro establecido. En otras partes de la presente nota ya se hizo referencia a estos fenómenos, tratando de la transformación de los depósitos eolíticos, de diferentes edades geológicas, en areniscas y en varias otras clases de rocas cuarzosas, fenómenos que absolutamente nada tienen de común con el lateritismo.

Son estos fenómenos, más bien que de metasomatosis, fenómenos de orden diagenético, que no se pueden confundir con los fenómenos de lateritismo. La diagénesis en estos fenómenos está determinada por la sílice. Se observa, además, en el loess otros fenómenos de diagénesis determinados por el calcáreo.

Estos fenómenos de diagénesis determinados por la sílice, a mi saber, no han sido estudiados. Sobre las proporciones y escala de estos fenómenos informa la relación que aparece en el capítulo XII de la presente nota.

Se refieren estos fenómenos, que se han desarrollado en muy grande escala, a la transformación de las capas de loess en areniscas y rocas cuarzosas. Comprende este fenómeno dos momentos característicos: la separación de sílice, y su concentración en el cemento de las areniscas y rocas cuarzosas que resultan. De las peculiaridades de estos dos momentos depende que el producto de la transformación resulte ser arenisca o roca cuarzosa, así como también la dureza y las demás propiedades del mismo. En los estratos afectados por estos fenómenos se suele observar todos los grados de transición de una roca a la otra.

Los fenómenos de diagénesis determinados por el calcáreo son fenómenos relativamente bien conocidos. Quiero decir, más bien, que son fenómenos señalados con mucha frecuencia. Están, sin embargo, muy lejos de presentarse en la escala y en las proporciones de los fenómenos de diagénesis determinados por la sílice.

El loess, como se sabe, suele ser bastante rico en calcáreo o carbonato de calcio y se suele a menudo descalcificar, concentrándose entonces el calcáreo en concreciones, semejantes a los muñecos del loess de Europa y conocidos en el país con el nombre de tosca o tosquilla, según el tamaño de las concreciones, que es muy variable. Se presentan desde el grosor de una arveja hasta el de bloques más o menos esféricos de varios decímetros cúbicos. Suelen también estas concreciones presentarse bajo la forma de trozos irregulares y muy duros en las partes más concrecionadas. Estos trozos, a veces, se presentan con ramificaciones irregulares

que constituyen apófosis, con partes muy duras, dentro de una masa más o menos pulverulenta y más o menos abundante. A menudo estos productos de tosea se presentan formando estratos y bancos más o menos desarrollados.

Debido también a procesos análogos de diagénesis, suelen presentarse en el loess fajas y bancos más o menos espesos, más o menos continuos de calcáreo de estructura muy compacta y muy resistente a los golpes del martillo, de un color gris pardusco o gris blanquecino. El calcáreo también se suele presentar formando filones y rellenando hendeduras en el loess.

Son también productos de la misma naturaleza los muñecos de piro-lusita o bióxido de manganeso, que se suelen encontrar en el loess.

Al establecer el hecho de la falta completa de pruebas de la existencia, en la República Argentina, del hombre terciario (81 y 82), pruebas, como se verá más adelante, que sólo tienen por base real una serie de confusiones que dieron lugar a una literatura bastante voluminosa, di también las explicaciones del caso referentes a la presencia de los productos, que en la mencionada literatura se llegó a llamar «escorias» y «tierras cocidas», que no resultan sino productos que suelen, con mucha frecuencia, aparecer en los lugares afectados por fenómenos de diagénesis.

Con estas llamadas escorias no hay que confundir otra clase de productos de origen volcánico, de estructura vesicular también, que igualmente suelen presentarse en las formaciones loésicas y loessiformes, y cuya presencia en esas formaciones tiene la misma explicación que la relacionada con los rodados y fragmentos con aristas de rocas eruptivas.

Con respecto de la fase de orogénesis y de gliptogénesis de la formación del loess, no se observa ningún fenómeno especial.

Bien claramente se ve, por estas relaciones genéticas de la formación del loess, que nada existe que autorice a suponer para esta roca un origen laterítico.

XV

CONDICIONES Y FALLAS DE LAS SOLUCIONES

Acusa muy notables momentos la historia de la génesis del loess en la República Argentina. Ponen estos momentos de la historia en evidencia la gran complejidad de los problemas y la necesidad mucho más ineludible, para las soluciones de estos problemas, más que para los problemas de cualquier otro orden de la geología, de poder multiplicar indefinidamente las investigaciones y extenderlas sobre áreas de muy grandes extensiones.

En muy breves anotaciones, que aparecieron en 1857, Bravard (25)

consigna el hecho de proceder los elementos de la formación pampeana de las dunas cuaternarias de la costa. Habla de esta formación aplicándole la designación de «arena de las dunas cuaternarias». Sin preocuparse de su estructura, ni de otros caracteres, para distinguir la roca (loess) de la arena, y sin entrar tampoco en explicaciones sobre los múltiples y complejos fenómenos que presidieron a esta formación, admite la intervención de los vientos, para la distribución y repartición de los materiales, desde la costa hacia el interior en las pampas y en los valles y faldas de las montañas, conjuntamente con las cenizas volcánicas arrojadas por los cráteres que existían en la cordillera. Sostiene también, sin entrar en mayores explicaciones, en oposición a las ideas de d'Orbigny y de Darwin, que la acumulación de los depósitos pampeanos es el resultado de causas atmosféricas y terrestres.

Si bien en las anotaciones de Bravard no se encuentra ninguna indicación con respecto a la solución de los problemas más importantes de la formación pampeana, no se le podría negar a este naturalista el mérito de haber sido el primero en señalar el origen eolítico de los elementos de esta formación, con anterioridad de cerca de un cuarto de siglo a los estudios de von Richthofen sobre el loess.

Burmeister¹ rechazó la idea de Bravard del origen eolítico de la formación pampeana, apoyándose más especialmente en la presencia de cascajos y de conchas en los depósitos. Modificó también las teorías de d'Orbigny y de Darwin. Sin rechazarlas, trató de darles bases de mayores ampliaciones, explicando las causas de la formación de estos depósitos, de acuerdo con las ideas que entonces hacían escuela en geología para la explicación de los fenómenos del *diluvium*. No recurre en estas explicaciones a ninguna causa anormal como sucede con la teoría de d'Orbigny, que, de acuerdo con las ideas de la antigua escuela de Elie de Beaumont, liga las causas de la formación de los depósitos pampeanos con las inundaciones y sumersiones del suelo del cataclismo del levantamiento de la cordillera de los Andes. Darwin, por otra parte, considera los depósitos de la formación pampeana como depósitos de grandes estuarios, que en el levantamiento del suelo, según lo hace resaltar Burmeister en sus descripciones, perdieron su comunicación con el mar y se transformaron en lagunas, que alcanzaron a cubrir grandes extensiones y dieron origen a los depósitos de la formación pampeana con los elementos minerales acarreados de las montañas por los ríos y arroyos.

Los depósitos de esta naturaleza, y a los cuales se refiere Burmeister, cubren grandes extensiones en muchas regiones de la República Argen-

¹ BURMEISTER, *Description physique de la République Argentine*, tomo II, página 176, París, 1876.

tina, como bien se desprende de la exposición en diferentes capítulos de esta monografía, más especialmente de las observaciones del capítulo IX. Estos depósitos de origen fluvial y lacustre se reconocen por su estratificación regular y bien clara, y no se pueden confundir con los depósitos de origen eolítico, en los cuales la estratificación no es tan clara, por ser muy irregulares los planos de estratificación y muy homogéneos los materiales constitutivos de sus estratos sucesivos, mientras que en los depósitos de origen fluvial y lacustre los planos de estratificación son bien regulares y bien aparentes — horizontales, siempre que su posición no haya sido perturbada — y la homogeneidad de los materiales no se observa sino en un mismo estrato, notándose a menudo una gran variación en la sucesión de los estratos, alternando capas de materiales más o menos finos o más o menos gruesos de arenas y guijaros con tierras, limos y arcillas, etc.

Burmeister ha sido un observador demasiado escrupuloso para haber podido incurrir en confusiones de esta naturaleza, que sólo se explican por haber dado a observaciones recogidas por él mismo en su itinerario a través de la Pampa para llegar a Mendoza, una generalización que no se armoniza con la realidad de los hechos. Multiplicándose indefinidamente las observaciones y llevándolas a áreas de mayores extensiones, en todas las regiones del país, es necesario distinguir entre las masas minerales de la formación pampeana las unidades petrográficas establecidas en el capítulo IX de la presente monografía.

Aun en las partes de la estructura constituídas por materiales de acarreo fluvial o de sedimentación lacustre, estuariana o límica, como está la relación en el capítulo IX de esta monografía, resulta la estratificación por la regla general muy poco aparente en las barrancas abiertas, debido a las alteraciones que produce la acción de los vientos y de las intemperies sobre superficies así de denudación y las acumulaciones de materiales sueltos que sobre tales superficies se suelen observar. Nada difícil sería que en observaciones demasiado rápidas se llegase a confundir depósitos de origen realmente eolítico con depósitos de origen fluvial o lacustre.

Burmeister, como d'Orbigny, aplicó la designación de « arcilla pampeana » a los depósitos de la formación pampeana, mientras que Darwin más bien habla de « tierra pampeana » o de « limo pampeano ».

En la historia de la génesis de los depósitos de la formación pampeana le corresponde al ingeniero Eduardo Aguirre ¹ el mérito de la identificación de las masas minerales con el loess del Rhin; los consideró (2) como depósitos diluviales de origen fluvial, en los cuales apenas puede distinguirse una estratificación, por el hecho mismo de ser el producto

¹ Falleció el ingeniero Eduardo Aguirre el 31 de diciembre de 1923.

del transporte de ríos y arroyos pequeños, cuyos sedimentos han ido avanzando en línea de una antigua costa o sobre una tierra ya emergida. Debido a este mismo carácter de la estratificación rechazó la idea de haberse verificado los depósitos en el fondo de estuarios o de mares. Tampoco participa de la opinión de Bravard, de ser estos depósitos una acumulación por los vientos, basándose en esto sobre el hecho de no poder la arcilla calcárea, por sus caracteres físicos, formar nunca médanos movibles, por aglomerarse por sí sólo, cuando los granos están suficientemente divididos.

Tendría razón el ingeniero Aguirre si no omitiere uno de los momentos de más importancia en la génesis del loess. En los elementos eolíticos de los médanos, que dan origen al loess, el calcio está al estado de silicatos y no al estado de carbonatos. Esta transformación de los silicatos en carbonatos es una de las reacciones químicas más características en la fase de la litogénesis del loess, es decir, en la fase de la transformación de los elementos eolíticos de los médanos movibles en loess, como está la explicación de estos fenómenos en el capítulo X de la presente nota.

Entre los fenómenos fluviales, a los cuales se refiere el ingeniero Aguirre en sus explicaciones de la formación de los depósitos pampeanos, hay que distinguir los que pertenecen realmente a la fase de litogénesis de los que corresponden a la fase de gliptogénesis. A los primeros corresponden las mismas interpretaciones que más arriba se ha dado al tratar de las observaciones de Burmeister. En cuanto a los otros, son fenómenos de denudación que se manifiestan en mayores proporciones, principalmente en el litoral de las provincias de Buenos Aires, de Santa Fe y de Entre Ríos, y son más bien fenómenos de la fase de gliptogénesis. Tampoco es tan uniforme y homogénea la composición del loess, como lo hacen suponer las explicaciones del ingeniero Aguirre.

Es necesario, aquí también, entrar en un examen breve de la teoría eolo-glacial del doctor Steinmann, así como de la teoría eolo-fluvial del doctor Keidel.

El doctor Keidel (65) rechaza la teoría de un origen eolo-glacial del loess por la desproporción evidente entre la cantidad de las antiguas acumulaciones verdaderamente glaciales, generalmente exageradas, y la masa extraordinariamente grande del manto de loess. Admite, para explicar el origen del loess en la República Argentina, la posibilidad de una conexión entre la formación de gruesas capas de loess en las partes montañosas del poniente y la distribución del manto de loess desde las montañas hacia el litoral. Admite el doctor Keidel que durante todo el tiempo de la formación del loess éste ha sido transportado de la región andina hacia el naciente.

Las explicaciones referentes al mecanismo de la formación del loess, así como a los procedimientos de la transformación de los elementos eolí-

ticos en loess, contenidos en la presente nota, bastan para hacer ver que esta teoría del doctor Keidel no tiene las condiciones de una solución amplia y completa, como con más detenimiento se hará resaltar en el examen a fondo que aparecerá en la monografía a la cual se refiere esta nota.

En esta teoría del doctor Keidel faltan explicaciones sobre los siguientes puntos: 1° No explica en su teoría la formación de las gruesas capas de loess en las partes montañosas; 2° Es por demás evidente que, acarreado el loess por las corriente de los ríos, en el transporte, ya los sedimentos que podrían dejar estos ríos no podrían ser loess, sino otra clase de sedimentos, los cuales necesitarían sufrir otra serie de procesos généticos para ser transformados en loess; 3° La teoría del doctor Keidel para nada se refiere a esta segunda fase de los procesos généticos; 4° Ante la masa extraordinariamente grande del manto de loess en el litoral, la formación de las gruesas capas de loess en las partes montañosas debería haber adquirido proporciones tan enormes que ni multiplicando por cien, el tiempo que podría haber durado el transporte por los ríos, que podrían haber existido para este transporte, sería posible una explicación satisfactoria; 5° Los fenómenos de un transporte de esta naturaleza y de estas proporciones deberían forzosamente haber dejado rastros múltiples, aun admitiendo que en el loess de las capas gruesas en las partes montañosas no se hubiesen verificado los fenómenos de diagénesis tan comunes en estas formaciones. Rastros de esta naturaleza no se encuentran en ninguna parte; 6° Transportes por el viento a distancias que pasan de ciertos límites tampoco son admisibles. Demasiado lo prueban las observaciones, que en las dunas o médanos actuales, generadores del loess, se pueden establecer en todas las regiones y zonas del territorio de la República Argentina, tanto en el litoral como en el interior y en las llanuras como en las montañas; 7° Se complican tanto las explicaciones de la formación del loess, con esta teoría del doctor Keidel, que apenas se pretende analizar cualquier momento de la misma, se tropieza con dificultades que están en contradicción hasta con los hechos de observación común.

En la hipótesis del doctor Keidel basta, además, pensar en la acción de los ríos que hace intervenir para la distribución y repartición sobre tan enormes áreas, como las que ocupa la formación pampeana, para darse cuenta que esta distribución no ha podido operarse por los ríos. Admitiendo la acción de los ríos para el acarreo hasta determinados puntos y la acción concomitante de los vientos para la distribución, la hipótesis del doctor Keidel quedaría muy distante de explicar en forma satisfactoria los procesos généticos que acusan tanto la naturaleza como la estructura y la composición de las masas minerales que constituyen los depósitos de la formación pampeana. Nada aporta tampoco esta hipóte-

sis del doctor Keidel para la explicación, como se conoce, de los fenómenos que han determinado los caracteres morfológicos tan peculiares, que se descubren en todas las regiones y en todas las zonas del país.

Si se tiene además en cuenta, que depósitos que acusan procesos genéticos del mismo orden y de la misma naturaleza en el territorio de la República Argentina, no solamente se encuentran en la formación pampeana sino además en todas las formaciones que se han sucedido desde la base de los terrenos terciarios más antiguos, y que formaciones análogas también se presentan en la serie de los depósitos mesozoicos, no podría la hipótesis del doctor Keidel, de ninguna manera, explicar toda esta serie de fenómenos; y, sobre todo, se necesitaría, con esta hipótesis, admitir para las precipitaciones acuosas, proporciones que no estarían en armonía con tantos otros fenómenos que se pueden observar en todas las zonas de las diferentes regiones del país, y más especialmente con los fenómenos de las sucesivas glaciaciones tan bien estudiados por el doctor Keidel (67, 69, 70 y 72).

Los mismos ríos que deberían haber funcionado para la génesis de los depósitos de la formación pampeana, en la hipótesis formulada por el doctor Keidel, deberían haber dejado en todas partes, tanto en su fase de erosión como en la fase de los acarreos y acumulaciones, rastros y señales múltiples e inconfundibles, que no se observan tampoco en ninguna parte, y que no es admisible pudieran haber desaparecido completamente.

Los argumentos formulados en las líneas que anteceden, ponen en evidencia fallas tan fundamentales, que hacen ver cuán insuficiente e insostenible es esta teoría eolo-fluvial del doctor Keidel.

No está tampoco apoyada por hechos observados, bien establecidos e interpretaciones incontrovertibles que le sirvan de base incommovible.

El profesor doctor Steinmann es el defensor más caracterizado de la teoría del origen eolo-glacial del loess, a la cual, en lo que se refiere a la República Argentina, le dió bases de mayor amplitud, haciendo intervenir además como factor genético, para la formación del loess, la actividad de los volcanes. Aun con esta base de amplitud la teoría del doctor Steinmann no resulta una solución aceptable, como se desprende de la exposición de la presente nota; pero, asimismo, no se le puede negar al profesor doctor Steinmann autoridad para tratar de la formación pampeana como lo hace el señor Roth (101, pág. 192).

El profesor doctor Steinmann, que hizo exploraciones geológicas en varios viajes a la Argentina y otros países de la América del Sur, ha sabido poner los jalones de los grandes problemas de la geología y de la paleontología, y los principios que se revelan en sus trabajos y sus observaciones no dejarán de ser la mejor prueba de su autoridad incontestable y de su profunda preparación.

Y la misma exposición del profesor doctor Steinmann (112), referente a la formación pampeana, es una producción que el más preparado de los geólogos siempre podrá leer con provecho.

No sucede así con la citada publicación del señor Roth, en la cual pretende también explicar la formación del loess pampeano. Entre sus explicaciones, dice en la página 205, se cita textualmente: «Es un hecho que no deja lugar a duda, que, durante todo el tiempo en que se formó el loess pampeano, esta llanura estaba habitada por grandes mamíferos herbívoros, los que para su existencia necesitaban una abundante vegetación que a su vez requería un clima húmedo. En todas partes donde hay plantas se forma con el tiempo una capa de tierra vegetal y como no se encuentran interposiciones de esta clase de estratos, ni en los horizontes antiguos ni en los más recientes, forzosa-mente hay que admitir que ésta se ha transformado en loess, de la misma manera que los huesos frescos se convierten en fósiles. Se puede decir que el loess es una tierra vegetal fósil.»

Basta sólo pensar en la naturaleza del fenómeno de la fosilización, así como en los principios más fundamentales de litogénesis, para apercibirse que no se puede hablar de tierra vegetal fósil.

La fosilización es un fenómeno de pseudomorfosis que nada absolutamente tiene de común con la litogénesis de las rocas — el loess es una roca. Por otra parte, el suelo, que también es una roca, es suelo mientras ocupa en la estratigrafía la posición de cubierta que le corresponde, conservando al mismo tiempo las relaciones que le corresponde con la vegetación. Al alterarse o al cesar estas relaciones ya no hay más suelo en el lugar considerado, ni se puede hablar de suelo fósil, porque ya los elementos minerales y orgánicos de su constitución entran a participar de los fenómenos de litogénesis como los de cualquier otra roca.

La litogénesis del loess está sometida a las mismas leyes fundamentales de la naturaleza que la de cualquier otra roca, y en el capítulo XIV de la presente nota está el examen de sus momentos.

Por otra parte, no se puede dejar de considerar que el volumen del suelo, que se podría haber formado durante el tiempo de la formación del loess pampeano, no podría alcanzar a la cien milésima parte del volumen representado por el loess pampeano. Y si se pretendiera recurrir a tal explicación para la formación del loess de los distintos períodos geológicos anteriores, se tendría que anotar mayores desproporciones.

Basta con estas consideraciones para apercibirse que las concepciones del señor Roth son muy discutibles, y que no solamente carecen de condiciones para alcanzar a explicar la formación del loess pampeano, sino que están en las más flagrantes contradicciones con los principios fundamentales de las ciencias geológicas, como se puede comprobar en todas las partes de la citada publicación.

Intercalados entre los diferentes capítulos de la misma publicación, aparecen dos capítulos referentes a un estudio petroquímico del loess del doctor Federico Bade. Ya en otros capítulos de la presente nota está señalada la importancia muy relativa, para la geología, de los estudios petroquímicos del loess, y el ingeniero Kantor ha establecido (63) que no es exacta la interpretación del doctor Bade con relación a la presencia de elementos zeolíticos en la composición del loess.

A esto debo añadir que existe la más completa confusión en las deducciones del doctor Bade con relación a los fenómenos genéticos del loess. Confusiones de esta naturaleza nada tienen de muy extraño tratándose de un químico que, aun muy especializado, siempre necesita, en esta clase de estudios, las direcciones de un geólogo experimentado. Lo más curioso en esto es que el señor Roth aparece aceptando los resultados de los estudios del doctor Bade, sin haberse apercibido de tales confusiones, llegando a formular afirmaciones y deducciones que nada de aprovechable podrían aportar a las ciencias geológicas.

Y aun, tomándose todas las disposiciones del caso para no caer en confusiones de la naturaleza de las señaladas, los estudios petroquímicos no podrían suministrar base alguna para la determinación de la edad del loess. Estudios de esta naturaleza, practicados con todas las disposiciones racionales y metódicas necesarias, para que puedan responder a los fines buscados, serán imprescindibles, y de mucha importancia a la vez, en las investigaciones referentes al valor económico relativo en los estudios del suelo y del subsuelo.

La contribución que representa la presente nota tiene la pretensión de ofrecer las explicaciones satisfactorias de una solución natural amplia y completa de los problemas de la formación del loess en la República Argentina de las distintas edades geológicas en las cuales tuvo sus manifestaciones.

Conservo también ciertos recuerdos de Europa que me hacen abrigar la esperanza que la solución natural de los problemas de la formación del loess, presentada en esta monografía, podrá extenderse a la formación del loess en los demás países del universo.

Antes de pasar a otro capítulo quiero hacer una manifestación que seguramente no sería necesaria, o, mejor dicho, que se desprendería con toda espontaneidad de la exposición misma de las distintas partes de estos estudios, si les diera mayor extensión, presentando, sin abreviaciones, los resultados del análisis amplio y completo. Si en este trabajo me veo en el caso de oponer reparos a determinadas interpretaciones e indicaciones del doctor Keidel, no quisiera que alguien, ni el mismo doctor Keidel, pudiese del hecho, a pesar de los argumentos que van enumerados, pensar que con las observaciones presentadas, creyera, ni un momento, en la posibilidad de disminuir la importancia y el valor de

los trabajos geológicos de este sabio. Ha demostrado el doctor Keidel, en sus investigaciones en la República Argentina, tener un alto grado de especialización, tanto en la observación como en el análisis y en la síntesis, llegando a la solución de los problemas geológicos fundamentales, relacionando las soluciones con estudios de bases incommovibles de otros países del universo.

XVI

SOLUCIÓN NATURAL DEL PROBLEMA DE LA FORMACIÓN DE LOS RODADOS TEHUELCHES

En las publicaciones referentes a mi primer viaje a Patagonia ya hacía resaltar que la capa clásica de rodados de la Patagonia, mencionada por Darwin, y que constituye el piso tehuelche de Doering (41), es un depósito estratificado. Hacía resaltar que esta capa a la cual apliqué la designación de *rodados tehuelches*, no constituye un depósito glacial, como varios autores habían llegado equivocadamente a hacérselo decir a Darwin.

Decía entonces (76, pág. 15): « Si este sabio no se ha expresado categóricamente sobre la naturaleza de este depósito, por lo menos ha reconocido una estratificación en esta capa, en el punto mismo del valle del río Santa Cruz, que le suministra el perfil publicado en su obra (37, págs. 57-59), y en muchas partes de la misma obra hace resaltar la acción del mar en el depósito de esta capa. Dice en la página 32: « Considerando la capa de rodados en cualquiera de las mesetas, no puedo dudar, con todos los datos consignados en este capítulo, de que los rodados han sido depositados y distribuidos por la acción lenta y duradera del mar, probablemente durante el paulatino levantamiento del suelo. El estado de pulimento y la forma bien redondeada de esta infinidad de rodados indican ya una acción continua y larga. Otra cuestión más difícil de resolver es la de saber cómo han sido transportados los materiales de esta capa de las montañas del interior a la planicie. » Después de invocar muchos ejemplos concluyentes, dice el mismo autor en la página 35 de su obra: « No puedo dudar de que el poder de distribución de rodados sobre grandes extensiones sea una manifestación de la actividad regular del mar, y que en cuanto a la enorme capa de rodados de Patagonia no hay necesidad de invocar la acción de una catástrofe. » Podría multiplicar las citas, sigo diciendo, pero me parece suficiente con estas dos para demostrar que Darwin estaba muy lejos de considerar la capa de rodados de Patagonia como un depósito glacial.

En la región de las llanuras mesetiformes, al sur del río Santa Cruz,

la capa de rodados, a la cual se refiere Darwin, se presenta efectivamente como un depósito dejado por la actividad del mar, hasta por la composición de su cemento rojo ferruginoso y muy arcilloso, y llegué en mis publicaciones a considerarlo como el depósito dejado por la última regresión del mar pliocénico.

Basándome en ciertas otras indicaciones del mismo Darwin, así como en datos consignados por Doering y por varios exploradores, y sin conocer yo entonces más que la parte extraandina del territorio comprendida entre el río Santa Cruz y el Estrecho de Magallanes, creí que esta misma capa de rodados podría extenderse sobre toda la superficie correspondiente a la región de las llanuras de la Patagonia. En 1902 y 1903 tuve la oportunidad de conocer otras varias partes de la Patagonia, y pude desde entonces darme cuenta del error de interpretación que había cometido. Y, sin embargo, hasta hoy todos los exploradores, y geólogos mismos, que anduvieron por Patagonia, hablan de los «rodados tehuelches», y mucho se ha escrito y discutido, sin que nadie hasta la fecha haya presentado la solución natural del problema de la formación de los rodados tehuelches.

Desde 1884, el doctor Ameghino, que había sostenido antes las conclusiones de Burmeister, mucho escribió sobre manifestaciones glaciares, tanto con relación a la formación del loess pampeano así como con relación a la formación de los rodados de la Patagonia. Llegó, en 1896, a reconocer¹ un origen marino a los «rodados tehuelches». No hace referencia ninguna a mis publicaciones, ni las menciona. Se basa en un descubrimiento de su hermano, Carlos Ameghino, de depósitos marinos con restos de *Ostrea* entre los rodados tehuelches. Con respecto de estos depósitos hice ver (78, págs. 115-117; 79, págs. 314-315) la confusión en la cual se incurría. Se trata no de los «rodados tehuelches» sino de depósitos mucho más antiguos.

El mismo doctor Ameghino, en 1906, dice (6, pág. 263) textualmente lo que sigue: « Les questions (celles de nomenclature incluse) qui se réfèrent aux couches de cailloux de différente nature, qui couvrent le sol de la Patagonie, constituent les problèmes les plus obscures et les plus compliqués de la géologie de cette vaste contrée. Ce n'est que par des recherches patientes et prolongées qu'on arrivera à jeter un peu plus de lumière sur ces problèmes. Dans l'état actuel de nos connaissances, je ne puis rien ajouter de nouveau a ce que j'en ai dit. »

El doctor Keidel (71) se ocupa, en bastante extensión, de la formación de los rodados en la Patagonia. Contrariamente a lo que él mismo

¹ AMEGHINO F., *Notas sobre cuestiones de geología y paleontología argentinas*, en *Boletín del Instituto Geográfico argentino*, tomo XVII, páginas 87-119, 1896; *IBID*, *Geology and Paleontology of Argentine*, en *Geol. Mag.*, volumen IV, páginas 4-20, 1897.

supone, no es de la formación de los « rodados tehuelches » de la cual se ocupa, sino que los rodados a los cuales se refiere este autor sólo representan rodados que no son sino los productos de los fenómenos de la denudación, que se han manifestado con tanta actividad a través de todas las edades geológicas sobre los conglomerados de los depósitos mesozoicos y cenozoicos.

La formación de los « rodados tehuelches », acabo de decirlo más arriba, está constituida por el depósito dejado por la regresión del mar al terminarse el período pliocénico, como bien resulta definida en las publicaciones referentes a mi primer viaje a Patagonia. Depósitos de esta formación no pueden encontrarse sino en las áreas de la última ingresión pliocénica, como están indicados en el croquis que acompaña esta nota; y éstos mismos depósitos en muchas partes también han sido alterados por denudación, cuando no han desaparecido.

En la monografía a la cual se refiere esta nota entraré en una discusión amplia con relación a la formación de los rodados de la Patagonia. Casi todas las publicaciones que se refieren a esta formación dejan la impresión de acumulaciones enormes y uniformes. Ni se trata de acumulaciones tan enormes, ni tampoco tiene su distribución, sino la continuidad y uniformidad que presentan los depósitos de esta naturaleza. En vez de limitarse estas publicaciones a la observación estricta de los hechos que realmente se pueden observar, entran en consideraciones que sólo traen confusiones y alejan cada vez más de la vía para la solución de los problemas.

Las acumulaciones que acusan estos depósitos no son de volumen superior al de las acumulaciones que se pueden estudiar en muchos parajes de la costa actual del Atlántico. Un estudio muy interesante a este respecto es el que hizo en la bahía de San Blas, al norte de la desembocadura del río Negro, el doctor Witte (136). Lástima que estudios de esta clase no se hayan extendido a otras regiones y a mayores áreas.

A decir verdad, no se puede hablar de una formación de rodados en la Patagonia, en el sentido que a la palabra formación se le suele dar en geología. Los rodados que se observan en la Patagonia, geológicamente hablando, responden a depósitos de la siguiente naturaleza:

1° Rodados tehuelches, depósitos de la última regresión pliocénica del mar, cuyas áreas de distribución están muy reducidas, como más arriba está la indicación;

2° Restos de acumulaciones sobre líneas de antiguas transgresiones mesozoicas y cenozoicas;

3° Acumulaciones en distintos parajes de la costa actual del Atlántico;

4° Acumulaciones que resultan de los productos de los fenómenos de denudación sobre los conglomerados de los depósitos mesozoicos y cenozoicos;

5° Acumulaciones que resultan de los productos del acarreo de ríos y arroyos de la era cenozoica ;

6° Acumulaciones que resultan de los productos del acarreo de ríos y arroyos cuaternarios, en los cuales no se descubren señales de la acción de las glaciaciones ;

7° Acumulaciones que resultan de la acción de las glaciaciones cuaternarias. Estas acumulaciones sólo aparecen en valles al interior de la región andina.

XVII

ACARREOS, TRANSPORTES Y ACUMULACIÓN DE LAS MASAS MINERALES CONSTITUTIVAS DE LOS TERRENOS

Desde mis primeras publicaciones el problema del acarreo, transporte y acumulación de las masas minerales que suministraron todos los elementos de las areniscas, de los conglomerados, de las arenas, de las tierras y de las margas para los depósitos mesozoicos y cenozoicos, que tienen una potencia tan enorme, fué para mí de gran preocupación durante muchos años. Pero a medida que fuí extendiendo las observaciones a nuevas áreas también se presentó la solución racional.

Se simplifica el problema conociéndose hoy, como se conocen, la distribución y la naturaleza de las distintas unidades estructurales en todas las zonas del país.

Se simplifica el problema teniendo en cuenta que las transgresiones de los mares durante toda la era paleozoica y mesozoica, lo mismo que al principio de la era cenozoica, también tuvieron lugar del oeste, del este, del norte y del sur.

Otra causa que también contribuye a simplificar la solución de los problemas es el conocimiento que hoy se tiene de los fenómenos tectónicos.

Las erupciones volcánicas, tan abundantes y tan frecuentes en toda la serie de los tiempos geológicos, se han extendido también sobre todas las unidades tectónicas del país, y participaron, conjuntamente con los fenómenos tectónicos, en la mayor proporción, a la acumulación de las masas minerales.

Las glaciaciones constituyen otro factor de relativa importancia. Rastros seguros de glaciaciones paleozoicas se señalaron hasta en las sierras pampeanas. También se señalaron ya rastros de varias glaciaciones mesozoicas y de glaciaciones cenozoicas.

Sobre las glaciaciones cuaternarias, el doctor Keidel ha dado a conocer sus estudios en un trabajo muy fundamental y de alto interés (67). Llega a distinguir tres glaciaciones de la era cuaternaria.

Ya se ha visto que las oscilaciones en la extensión de las áreas de las diferentes glaciaciones cuaternarias se han producido dentro de límites de muy poca variación.

Son muy frecuentes en la literatura las indicaciones de rastros de la acción glaciár, que no reposan sino sobre interpretaciones erróneas de observaciones que no se practicaron en las condiciones, como lo reclaman los fenómenos de esta naturaleza. Los fenómenos glaciares son fenómenos que reclaman la concurrencia — salvo muy pocas excepciones — de muchos hechos, observados con toda seguridad para poder establecer deducciones.

El estudio de la formación del loess y el de los rodados hacen ver las proporciones de las exageraciones, con relación a los depósitos, llamados erróneamente de origen fluvio-glaciár.

Hasta con respecto de las áreas de las glaciaciones cuaternarias ha habido grandes exageraciones en las proporciones. Bien lo indican los estudios del doctor Keidel, para la parte andina al norte del paralelo 40° de latitud sur. De mayores proporciones aun resultan las exageraciones para la Patagonia.

En todas las regiones del territorio de la República Argentina hay que tener en cuenta un medio de transporte de materiales, del cual no he encontrado referencias en la literatura. El doctor Keidel a menudo habla de variación en la pendiente de las superficies, con la cual relaciona determinados fenómenos. Pero en ninguna parte recuerdo haber visto señalado el fenómeno del transporte de bloques erráticos y fragmentos de rocas y gravas que se presenta con mucha frecuencia, más especialmente en el oeste y en el noroeste del país, en los cauces de los ríos y arroyos, aun de pendientes poco pronunciadas, con lecho constituido por una acumulación espesa de rodados mezclados con tierra, arenas y margas, e invadidos los cauces periódicamente por crecientes torrenciales, que suelen traer un volumen de agua de grandes proporciones.

De las faldas en esos valles de las montañas se suelen desprender peñones o bloques de roca, cuyo volumen, en frecuentes casos, alcanza a muchos millares de metros cúbicos. Al desprenderse, estos bloques se precipitan por su propio peso hasta llegar al mismo cauce del río, descansando sobre el lecho de rodados, mezclados con tierras, arenas y margas. Al llegar una creciente, la cantidad de agua que penetra, infiltrándose y circulando en la mezcla del lecho del río, va arrastrando tierra, arena y margas, y determinan desplazamientos que ponen los rodados en movimiento. Estos rodados en movimiento, con relación al bloque, se transforman en un vehículo que va caminando con su carga hasta una distancia que depende de la duración y de la fuerza de esas crecientes periódicas.

Los fenómenos de transporte relatados por Trowbridge ¹, referentes a depósitos del valle de Owen, en el Canadá, al parecer, son de naturaleza análoga. La relación del autor en la parte principal carece, sin embargo, de precisión para poder juzgar. La corriente del agua por sí sola no podría, como es natural, llevar bloques de grandes dimensiones, sino combinada esa fuerza con los movimientos de los rodados, sobre los cuales descansan los bloques, formando una capa que al momento de desplazarse y ponerse en movimiento los rodados, como se acaba de explicar, resulta la misma capa de los rodados transformada en un vehículo que con su carga hace correr el agua.

El fenómeno se va repitiendo a cada creciente, y al cabo de un ciclo de años el trayecto recorrido por el bloque resulta de muchos kilómetros. En las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca y Rioja es donde observé los casos más interesantes. Hay casos en los cuales los bloques resultan verdaderos islotes flotantes, con gravas y vegetación.

Conviene distinguir estos casos de transporte de los demás verificados por las morrenas y los driftis. Se debe distinguir por consiguiente : 1° Los bloques erráticos morrénicos; 2° Los bloques erráticos drifticos; 3° Los bloques erráticos fluvíaticos.

En muchos parajes se observan los bloques erráticos fluvíaticos desparramados como si se tratara de morrenas antiguas. En la confusión de estos bloques se ha llegado a señalar a la glaciación cuaternaria, en muchas regiones, límites muy exagerados. Es el caso con las indicaciones de Nordenskiöld, de Hacher y las del mismo Bonarelli en la Patagonia austral. No ha intervenido tampoco la acción del hielo en el transporte de los bloques de roca a los cuales se refiere el doctor Sobral ² en la región del Famatina (Rioja), entre el pueblo de Famatina y Chilecito.

XVIII

RASGOS MÁS CARACTERÍSTICOS DEL RÉGIMEN HIDRO-OROGRÁFICO

Los valles y los ríos en toda la extensión del territorio de la República Argentina, desde los límites del extremo sur de Tierra del Fuego hasta los confines del norte, y más allá de los límites con Bolivia, en las altiplanicies mesetiformes de Jujuy y de Salta, y del territorio nacional

¹ ARTHUR C. TROWBRIDGE, *The terrestrial deposits of Owen's Valley, California*, en *Jour. of Geol.*, volumen XIX, páginas 740-742, 1911.

² JOSÉ M. SOBRAL, *Some physiographic notes on the Sierra de Famatina*, en *Geografiska Annaler*, páginas, 311-326, 1921.

de los Andes, son de origen tectónico. Son fallas o sistemas de fallas que marcan los valles y el cauce de los ríos, desde la zona de su nacimiento hasta su desembocadura.

La participación de los fenómenos de erosión en la determinación de los valles y del cauce de los ríos y arroyos, a pesar de haber tenido una actividad bastante pronunciada en todos los momentos, sólo viene en segunda línea, comparada con la participación de los fenómenos tectónicos que viene en primera línea.

Debido precisamente a los fenómenos tectónicos, es que los valles varían tanto en su ancho, presentando ensanchamientos o rinconadas, que se van repitiendo en todo el curso de los ríos. La observación directa también de fallas acusa este origen.

Debido precisamente a los fenómenos tectónicos y de la erosión, que en sus actividades combinadas dieron origen al cauce de los ríos, resulta que éstos, en toda la extensión del territorio de la República Argentina, se caracterizan por un doble cauce, un cauce superficial y un cauce subterráneo. Esta característica del doble cauce de los ríos se pone bien de manifiesto, tanto en los tiempos de disminución en el volumen de las aguas como en los casos de crecientes y de inundaciones.

En los tiempos de disminución en el volumen de las aguas suele ponerse en seco el cauce superficial, y no mantenerse circulación sino en el cauce profundo o subterráneo, circulación más o menos activa que se pone de manifiesto por pozos, que se van escalonando de distancia en distancia a lo largo de los ríos, y que, aun en los tiempos de mayores secas, suelen mantenerse siempre con agua. Estos pozos con frecuencia suelen tomar mayor extensión y presentarse como lagunas. Es frecuente también observar en ciertos trechos, más especialmente en el curso superior de los ríos, es decir en la parte más inmediata a sus nacimientos, la desaparición del cauce superficial, y no quedar señalado el curso del río a la superficie más que por los pozos, que se comunican con el cauce profundo.

En los tiempos de crecientes se pone de manifiesto el doble curso de los ríos, en la circunstancia de poderse observar con frecuencia la inundación de un valle, producirse en cualquier parte, lejos de los nacimientos del río, cuando todavía ha permanecido el cauce superficial sin agua, y remontarse la inundación paulatinamente hacia arriba, rebalsando el agua de los pozos en comunicación con el cauce profundo. Más rápida es la inundación estando en estado de creciente también los manantiales, que suelen recibir los ríos de las laderas, así como los afluentes de mayores o menores corrientes que llegan a caer a los mismos.

Son éstas todas condiciones hidro-orológicas de la mayor importancia para el estudio de los desagües, y cuyo régimen no se llega a normalizar completamente con la canalización y canales de cintura, sino que para

la solución completa de los problemas, uno de los factores de más importancia reside siempre en la combinación adaptada a las condiciones hidro-orológicas de las plantaciones de árboles de las esencias más convenientes.

Los ríos muy caudalosos presentan condiciones hidro-orológicas idénticas. Con respecto del río Paraná, por ejemplo — será el caso de ocuparse del régimen de otros ríos en la monografía a la cual se refiere esta nota, — en cuyo cauce superficial sólo se notan las variaciones en la circulación del enorme caudal de agua, por el alza o la baja que sufre el nivel de las aguas, dentro de límites relativamente bastante reducidos, las fallas que marcan su curso se estudiaron en sus caracteres al principio de esta nota, y en cuanto a las demás condiciones no son sino iguales, como lo revelan las frecuentes depresiones que se presentan en el cauce del río, cuya profundidad a menudo alcanza los 40 metros desde el nivel medio del río.

Son de la más absoluta inconsistencia las afirmaciones de los autores que hablan de valles de erosión en la República Argentina. Es natural que la erosión ha tenido su parte en la formación de los valles, lo mismo que en la formación del cauce de los ríos; pero la parte que le corresponde a la erosión es en todos los casos de orden subordinado a la participación de los fenómenos tectónicos en la demarcación de los valles y de los ríos.

A este respecto, es oportuno hacer aquí una citación referente a una observación del doctor Keidel (67, pág. 18); en nota al pie dice: «Tengo que insistir en el hecho (como resultado principal de mis estudios) de que la formación de los valles andinos, en general, ya había terminado antes de las glaciaciones cuaternarias; de manera que para explicar sus desniveles, no hay necesidad de acudir a la erosión glaciaria.»

Son erróneas, a este respecto, las indicaciones de Bonarelli y Nágera, que presentan (23) los valles del río Chico, del río Chalia, del río Santa Cruz, del río Coy Inlet y del río Gallegos como valles de erosión, y ni tampoco los perfiles esquemáticos, que aparecen en esa publicación (23, pág. 33, fig. 5, *a* y *b*), son concordantes con las propias indicaciones de estos autores.

Estos mismos perfiles están también en contradicción con los fenómenos geológicos que han presidido a las distintas formaciones de los terrenos. En el perfil *b* aparece además sobre el Estrecho de Magallanes, a la orilla, al pie de la barranca, una morrena. Esta indicación está equivocada también. Las áreas de glaciaciones cuaternarias, en esa región, no han alcanzado, hacia el este, el meridiano de Punta Arenas.

XIX

CONSTITUCIÓN DEL SUELO Y DEL SUBSUELO

Lo que comúnmente se llama suelo comprende toda la parte de la costra terrestre, que, por sus condiciones de estructura y de composición, participa directa o indirectamente de la producción vegetal.

De acuerdo con las explicaciones de los capítulos IX y X de la presente nota, entran en la constitución del suelo, como elementos esenciales, las siguientes unidades petrográficas: 1ª Tierra eolítica medanalosa; 2ª Tierra eolítica común; 3ª Tierra sedimentaria común.

Están en los capítulos IX y X mencionados las indicaciones necesarias sobre la génesis de estas unidades petrográficas, lo mismo que las referentes a su participación en la formación del suelo, a su distribución y a su repartición.

La tierra vegetal es la parte del suelo que participa directamente de la producción vegetal, diferenciándose, por lo común, por su color más oscuro del suelo propiamente dicho. El subsuelo comprende la parte del suelo que no participa, sino indirectamente, de la producción vegetal, suministrando los elementos de renovación de la tierra vegetal, es decir, de la parte que participa directamente de la producción vegetal. Entran a menudo en la composición del subsuelo partes o estratos de la costra terrestre, que no necesitan sufrir transformación para poder suministrar elementos de renovación a la parte del suelo afectada directamente por la producción vegetal.

Se entiende bien que entre la tierra vegetal y el subsuelo no puede haber un límite bien determinado, por la razón fundamental de que los procesos para las manifestaciones de la vida, en el suelo, alcanzan a profundidades que no son iguales, sino muy variables, según las especies que entran en la composición de la vegetación. Tratándose de fanerógamas de raíces hondas, de alfalfa, por ejemplo, la raíz, como se sabe, va penetrando en la profundidad, invadiendo poco a poco las diferentes capas sobre decenas de metros, siempre que no encuentre un cuerpo, que no penetra, o una zona con la presencia de substancias o materias poco favorables a su vegetación. En estos casos muere la planta. Así se observa en la República Argentina suelos de gran espesor, en los cuales el alfalfa persiste sin desaparecer, mientras que en otros suelos de condiciones menos favorables, el alfalfa sólo se desarrolla durante un número limitado de años, cuatro, seis u ocho años, y tiene que ser renovada la plantación, o sino se desarrollan otras plantas en substitución del alfalfa.

La coloración más oscura de la capa de tierra vegetal no se observa

sino hasta poca profundidad, y va disminuyendo, desde la superficie, hasta confundirse por el color con las capas subyacentes. Contribuyen también a esta coloración de la tierra vegetal la descomposición de los restos y vestigios de la vegetación y de otras materias, que caen a la superficie del suelo, así como las infiltraciones que se van produciendo.

XX

BASES DE LA CLASIFICACIÓN Y DEL SINCRONISMO DE LOS TERRENOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS

Los fenómenos eolíticos a través de los distintos períodos de la era terciaria, como se desprende de los estudios de la presente nota, han alcanzado un gran desarrollo. Por estos estudios se llega también a conocer, con relación a las soluciones naturales, amplias y completas de los problemas, los principios que rigen en su mecanismo y en su génesis la formación de los depósitos de origen eolítico.

Conocidos, en todas sus fases, los procesos del mecanismo y de la génesis de la formación de los depósitos de origen eolítico, como en forma preliminar y rápida, pero bastante completa, los presentan estos estudios, bien claramente indican estos procesos que las clasificaciones basadas en caracteres petrográficos y petroquímicos de las masas minerales constitutivas de los terrenos no podrían en ninguna forma llenar sus fines.

Lo fundamental en geología es conocer con seguridad la edad de las formaciones. Mientras no se logre este resultado, quedan, se puede decir, los conocimientos en un estado de estagnación completa. La clasificación en geología tiene mucho más importancia que en cualquier otra rama de las ciencias, y se impone su rechazo no ofreciendo las bases necesarias para poder responder a sus fines.

Los servicios que podrían prestar tales clasificaciones tendrían que ser, en virtud de estos mismos principios invocados, aún mucho más limitados que los de clasificaciones análogas, con relación a formaciones de otros períodos geológicos. Estas clasificaciones no constituyen sino la peor de las obstrucciones para llegar a las soluciones de los problemas.

Se entiende bien, sin más explicaciones que las que se desprenden de la presente nota, más especialmente de los capítulos VIII a XV, que en los procesos de la formación del loess, en una región, lo que se formará en un tiempo dado, en determinados parajes, será tierra eolítica medanalesa, y en otros parajes tierra eolítica común, es decir, depósitos de loess de caracteres petrográficos y petroquímicos muy distintos, y de la misma edad sin embargo. Hasta en un mismo paraje, en puntos muy cerca-

nos, bien podriase encontrar las dos clases de loess separadas o mezcladas. Nada tampoco podria impedir que en un mismo punto fueren alterándose a cortos intervalos la formación de las dos clases de loess, y como en la formación de una y otra clase de loess la transformación de los elementos eolíticos es además relativamente más o menos completa o más o menos incompleta, aparecerá loess de caracteres aún más divergentes que en todos los demás casos aquí considerados.

Son tan naturales estas consideraciones, con relación a las divergencias en los caracteres de la formación del loess, que no hay razón de admitir que podrían presentarse con mucha atenuación estas divergencias. Las observaciones sobre el terreno revelan que los casos de atenuación constituyen la excepción.

Hay, además, que tener en cuenta que estas formaciones eolíticas se presentan por lo general con muy frecuentes intercalaciones, como se ha visto, de depósitos o alternando con depósitos constituídos por capas o lentes de origen lacustre, fluvial o límnic, lo que aun hace menos aceptable las clasificaciones aludidas.

No siendo otra la realidad de los hechos, como bien está la demostración en estos estudios, la única base que se puede admitir para una clasificación es la base paleontológica.

A este respecto, hay que reconocer que el mérito esencial de las diferentes y sucesivas clasificaciones propuestas por el doctor Florentino Ameghino lo constituye precisamente esta condición, de tener como base la determinación de los fósiles encontrados en los terrenos. Lástima es que para la colección de los fósiles no se hayan tomado todas las disposiciones racionales y de sistematización del caso, para que los estudios basados en esas colecciones pudieren tener todo el valor que deberían tener, y que las deducciones y conclusiones que de tales estudios pudiesen desprenderse, fuesen completamente al abrigo de las arbitrariedades, para establecer las listas de los fósiles característicos de los distintos horizontes y las de las faunas de los respectivos períodos.

No aparecerían así casos de arbitrariedades si las relaciones estratigráficas de los terrenos se presentasen, en la realidad, con la sencillez que se había creído tenían las formaciones, en la región de las llanuras a lo menos. La realidad de los hechos, como de poco a poco se van conociendo, es otra muy distinta.

Además de los fenómenos tectónicos, que se revelan a través de todas las edades geológicas, en forma que se estaba muy lejos de sospechar, tanto en sus múltiples fases como en sus correlaciones en todas las distintas unidades estructurales, así como también en los mantos de las formaciones modernas que las cubren, se verificaron, por otra parte, fenómenos de denudación, que aumentan considerablemente las complicaciones en las relaciones estratigráficas y dificultan los estudios.

Han sido constantes los fenómenos de denudación, y han alcanzado grandes proporciones en su actividad. La denudación eolítica es además un fenómeno todavía poco conocido en la geología. Con más detención se estudiará en la monografía de carácter definitivo a la cual se refiere esta nota.

Es a estos fenómenos de denudación que en la República Argentina se deben estas curiosas asociaciones de fósiles de tipos de faunas distintas, que en la literatura han dado origen, con bastante frecuencia, en años pasados, a estas discusiones interminables sobre la edad de las formaciones terciarias.

Mucho se escribió ; y, en vez de ceñirse los estudios a las observaciones reales de los hechos, bien comprobados, y de extender las investigaciones a todas las áreas que era necesario conocer, se encerraron las discusiones en particularidades de la evolución, de distintas faunas, de diferentes edades geológicas de Europa y de Norte América. Jamás esas discusiones, como es natural, llegaron a proporcionar elemento alguno para la solución de los problemas.

Casos de esta naturaleza no se resuelven con discusiones, como con tanta elocuencia lo dicen todos los demás casos de los distintos problemas tratados en la presente nota.

No es de sorprender que durante tantos años no haya sido anotado, en su verdadera significación y alcance, el hecho de la asociación de tipos de diferentes faunas de edades tan distintas, a pesar de los repetidos casos de investigaciones sobre el terreno de geólogos competentes. Casos de esta naturaleza entran en la categoría de las observaciones, que es necesario extenderlas a áreas siempre mayores con todas las comprobaciones.

Esta asociación de tipos heterogéneos se produce por la denudación, lo mismo que las acumulaciones de rodados a que se refiere la rúbrica 4, al final del capítulo XVI de esta nota. El agente de la denudación es el viento, que actúa sobre areniscas, conglomerados, loess, arenas, etc., llevando los elementos que se van desagregando y dejando las piezas fósiles, que son duras y pesadas, así como los rodados, si se trata de conglomerados, sin alterarlos, ni moverlos, produciéndose así las asociaciones y las acumulaciones consideradas, a medida que va adelantando la denudación. Las acumulaciones y asociaciones así producidas pueden volverse a cubrir por nuevos elementos eolíticos o por sedimentos, y repetirse también los mismos fenómenos, de los cuales se acaba de hacer mención en la sucesión de los tiempos geológicos, y complicarse aún más las relaciones.

Al establecer (81 y 82), en 1917, el hecho de la falta completa de pruebas, de la existencia en la República Argentina del hombre terciario, describí otros fenómenos, o mejor dicho otras fases de estos fenóme-

nos, que contribuyen a producir también asociaciones de fósiles de muy distintos períodos geológicos, con otros objetos también, así como con los restos de la industria humana, fenómenos que también determinan complicaciones en las relaciones estratigráficas, de las cuales no se han tenido cuenta en ningún momento al señalar la existencia del hombre terciario en la República Argentina.

No tienen otra base en que apoyarse, sino estas confusiones, todas las afirmaciones que se presentaron como pruebas de la existencia del hombre terciario. Las escorias, las tierras cocidas y los vestigios de los fogones del hombre terciario constituyen otra serie de pruebas, que también fallan por su base, no siendo sino productos de la acción diagenética en los fenómenos de la transformación del loess, como también en las publicaciones mencionadas (81 y 82) resulta establecido con toda claridad. En el capítulo XIV de la presente nota también están las explicaciones pertinentes a los fenómenos de esta naturaleza.

El doctor Florentino Ameghino, al establecer sus listas de fósiles, para la determinación de la edad geológica de los terrenos en su sistema de clasificación, no ha tenido en cuenta todas estas complicaciones en las relaciones estratigráficas. Es así cómo resulta necesario ordenar y practicar series de investigaciones racionales, y con la suficiente sistematización en los procedimientos para poderle dar a la clasificación del doctor Ameghino la base segura e indiscutible de la cual carece.

Sería de mucha importancia, también, poderse extender esta clase de investigaciones a todas las zonas del país demasiado poco conocidas aún, así como a las demás zonas aun casi completamente desconocidas.

Las relaciones del sincronismo de las formaciones terciarias y cuaternarias en la República Argentina han sido el objeto de muchas e interminables discusiones, debido al hecho esencialmente, como más arriba está la observación, de no haberse jamás sabido plantear los verdaderos términos de los problemas, y de haber degenerado las discusiones siempre en particularidades de la evolución. Hoy el estado de nuestros conocimientos, como se desprende de los estudios de la presente nota, permite ya poner jalones que marcan puntos seguros de arranque. Uno de ellos está marcado, como se ha visto, por la transgresión del mar paranense, que coincide con el principio del mioceno, o sea la segunda fase de los movimientos orogénicos de la región andina. Otro de los puntos seguros de arranque lo constituye la transgresión daniana, al terminarse los tiempos del cretácico.

Por otra parte, considerando estos dos puntos de arranque, que resultan tener base fija, constituida por pruebas de orden estratigráfico, paleontológico y tectónico, el estado de nuestros conocimientos de las faunas de los mamíferos más especialmente, puede indiscutiblemente suminis-

trar elementos suficientes, para establecer las divisiones para los distintos períodos de los terrenos.

Saliendo del punto de arranque que representa la transgresión paraneense o sea del mioceno, y considerando los tipos principales mejor conocidos de la fauna de los mamíferos de ese período, así como por una parte todos los descendientes directos de estos mismos tipos principales, y por la otra parte todos los ascendientes directos, no se podría negar que con estos elementos se llega a llenar el cuadro de las evoluciones en forma bien completa, tan completa como podría suceder con faunas europeas o norteamericanas, tanto en el sentido descendiente, desde el mioceno hasta hoy, como en el sentido ascendiente, desde el mioceno hasta los principios del eoceno.

Como además en el estado actual de nuestros conocimientos ya se ha logrado obtener también tipos con caracteres suficientes de transición, que establecen una escala completa en la evolución entre las faunas más importantes, ya se puede con suficientes elementos establecer para los distintos períodos las siguientes divisiones:

- 1^a Formación patagonense correspondiendo el eoceno ;
- 2^a Formación santacruzense correspondiendo el oligoceno ;
- 3^a Formación paraneense correspondiendo el mioceno ;
- 4^a Formación pampanense correspondiendo el plioceno ;
- 5^a Formación pleistopampanense correspondiendo el pleistoceno.

Acompaño la presente nota con un cuadro de clasificación (veáse pág. 301) que responde exactamente al estado actual de nuestros conocimientos, y presenta diferencias profundas con las ideas que hoy tienen curso en la literatura.

Entrar en una discusión a este respecto sería darle a este trabajo una extensión que no puede tener. Aparecerá en la monografía a la cual se refiere esta misma nota.

Al establecer este cuadro tomé en cuenta que la palabra «edad» tiene en geología una significación precisa, y que por diferencias de facies en los estratos no se puede emplear designaciones o términos distintos para pisos de la misma edad. Suprimí, por consiguiente, de las clasificaciones del doctor Doering y del doctor Ameghino, las designaciones, que no es posible conservar o mantener por hacer uso doble o múltiple. Por relaciones establecidas en la Patagonia por Alberto Gaudry, al describir las colecciones de Tournouër, se distinguen en este cuadros los pisos «casamayorenses» y «deseadenses». Los pisos «kilikaikenses» y «shangaikenses» se refieren a relaciones establecidas por el autor suscritor. Al tratar de los terrenos del oeste y noroeste de la Argentina, el doctor Bodenbender habla de «estratos de los Llanos» y de «estratos calchaqueños». Sólo establece el doctor Bodenbender estas dos divisiones que corresponden respectivamente al terciario inferior y al terciario

superior. Los términos de «llanense» y «calchaquense», que aparecen en el cuadro de la página 301, se refieren a dos pisos, entrando en este último piso, la fauna más antigua de fósiles que se conocen de Santa María (Catamarca).

La primera descripción de restos fósiles de mamíferos de Santa María (Catamarca) es la que aparece en la *Revista del Museo de La Plata*, tomo I, 1890¹. En años posteriores, con motivo de nuevos descubrimientos de piezas fósiles de estas faunas más antiguas de Santa María (Catamarca) del litoral del Paraná, y de la costa Atlántica entre Monte Hermoso y Mar del Plata, tuve la oportunidad, en diferentes trabajos, de ocuparme de las relaciones del sincronismo de esas faunas². Ya los primeros restos fósiles que se conocieron de estas faunas se presentaron con caracteres suficientemente bien definidos, que permitieron establecer sus verdaderas afinidades con las faunas de Santa Cruz, del Paraná y de la formación pampeana con bastante seguridad. Con los nuevos descubrimientos fueron poniéndose cada vez más en evidencia los caracteres diferenciales de estas relaciones, y sorprende realmente el hecho de que con el correr de los años ciertos autores hayan llegado a incluir en el araucano de la clasificación del doctor Doering, los diferentes pisos a los cuales corresponden estas faunas antiguas.

Entre los sedimentos del araucano del doctor Doering, los hay mucho más recientes, y los acontecimientos tectónicos más importantes, sincrónicos de esas faunas antiguas, son los que determinaron la transformación de los elementos continentales, que corresponden a la transgresión del mar paranense. La edad de los pisos a los cuales corresponden estas antiguas faunas, no pertenece a otro período distinto del paranense, que es mioceno, y que ha precedido el período pampanense, que es plioceno, y al cual pertenecen los sedimentos más recientes del araucano del doctor Doering. A la formación pampeana pertenece en realidad sólo el pampanense (plioceno) y el pleistopampanense (pleistoceno).

Del examen de este cuadro de la página 301, resaltan también las relaciones del sincronismo de las formaciones. Es aquí el lugar de poner de

¹ MORENO Y MERCERAT, *Exploración arqueológica a la provincia de Catamarca, Paleontología*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo I, página 222, 1890-1891.

² Consúltese, además de los números 76 a 82 y 104 de la lista bibliográfica del presente trabajo, las siguientes notas: A. MERCERAT, *Caracteres diagnósticos*, etc., en *Revista del Museo de La Plata*, tomo II, página 51, 1891; *Id.*, *Sobre un maxilar inferior*, *op. cit.*, página 80; *Id.*, *Bosquejo geológico de la Argentina*, en *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo XLIII, página 263, 1897; *Id.*, *Note sur les oiseaux fossiles de la République Argentine*, *op. cit.*, página, 222; *Id.*, *Sur de nouveaux restes fossiles de carnivores primitifs*, *op. cit.*, tomo, XLVII, página 56, 1899; MORENO Y MERCERAT, *Catalogue des oiseaux fossiles de la République Argentine, Paleontologie argentine*, tomo I, en *Anales del Museo de La Plata*, 1891, 4°, páginas 1-64, pl. I - XVIII.

CLASIFICACIÓN DE LOS TERRENOS SEDIMENTARIOS TERCIARIOS Y CUATERNARIOS
Y SUS RELACIONES DE SINCRONISMO

Era	Período	Zona austral (Patagonia)	Zona septentrional
<i>Cuaternaria</i>	Pleistopampeanense (Pleistoceno)	Suelo Depósitos fluvia- les, lacustres y eolíticos (loess).	Suelo Platense Querandínense Lujanense
		<i>Denudación</i>	
	Pampeanense (Plioceno)	Tehuelchense Araucanense Fairweatherense	Bonaerense Ensenadense Pehuelchense
		<i>Denudación</i>	
<i>Terciaria</i>	Paranense (Mioceno)	Rionegrense Entrerriense — — —	Chapadmalense ¹ Entrerriense Hermosense ¹ Mesopotamiense Calchaquense ¹ Paranense
		<i>Denudación</i>	
	Santacrucense (Oligoceno)	Friasense ¹ Shangaiquense ¹ Kilikaikense ¹ Santacrucense Quemadense Leonense	Llanense ¹ Santacrucense ²
		<i>Denudación</i>	
Patagonense (Eoceno)	Julianense Tequense ¹ Patagonense Cameronense Deseadense ¹ Casamayorenses ¹	Patagonense ²	
	<i>Discordancia tectónica. Denudación</i>		
<i>Secundaria</i>	Salamanquense (Daniano)	Sheuenense Rocanense Salamanquense	Rocanense ²
		Última transgresión del cretácico	

¹ Sólo se conocen en su facie continental.

² Son subterráneas; han sido reveladas por perforaciones.

relieve la falta de varios miembros homólogos correspondientes al sistema paranense del período mioceno, en el paralelismo de las series de la zona austral del país, o sea de la Patagonia, con las de las series de la zona septentrional, considerando como límite entre las dos zonas el paralelo 39° de latitud sur.

Esta falta de varios miembros homólogos en el paralelismo de las series del paranense de una y otra de las dos zonas, no constituye un hiatus en la evolución. De acuerdo a las explicaciones más arriba expuestas, considerado sólo el cuadro de los tipos principales de los mamíferos correspondientes a las series del santacruicense, del kilikaikense, del shangaikense, del friasense, del paranense, del calchaquense, del mesopotamiense y del hermosense, resulta la continuidad en la evolución tan completa, como en cualquier otra parte de la escala, tanto de la escala de los ascendientes directos como en la de los descendientes directos.

Las causas de la falta señalada de varios miembros homólogos en las series del paranense de la Patagonia no se deben buscar sino exclusivamente en las condiciones especiales, creadas por los acontecimientos tectónicos, que determinaron los procesos de fracturación correspondientes al derrumbe del puente africano-brasileño y a la transformación de los elementos continentales que precedieron a la transgresión entrerriense. Debido a esas condiciones especiales, los fenómenos de denudación se manifestaron con mayor intensidad que en ninguno de los demás períodos del terciario.

Entre los resultados de la denudación, no sólo se debe mencionar la desaparición de los miembros homólogos señalados, sino la desaparición, además, también en muchas localidades o estaciones, de uno o varios horizontes de los miembros aun representados de las diferentes series. En la mitad oriental de los territorios nacionales de Río Negro y de Chubut, así como en la parte nordeste del territorio nacional de Santa Cruz, la denudación ha tenido, por lo general, mayores proporciones aún, y afecta más o menos profundamente todos los miembros de las diferentes series.

Estos fenómenos señalados, de orden tectónico y de denudación, que precedieron la transgresión entrerriense, determinando la desaparición de miembros homólogos en la estratificación, constituyen otra serie de argumentos incontrovertibles para la determinación de las bases fijas, para la clasificación de los terrenos sedimentarios terciarios y cuaternarios y sus relaciones de sincronismo, en la forma de las disposiciones de la presente nota.

En las discusiones, a las cuales más arriba en este mismo capítulo se hace referencia, siempre se ha llegado a considerar la fauna de las distintas series de la era terciaria de la República Argentina con caracteres de especialización, que no resultan sino de interpretación, que falla

por su base, y hasta se ha llegado a pensar, con respecto a ciertas faunas, a núcleos aislados de evolución, como es el caso para las faunas actuales de Australia y de Madagascar.

Los fósiles asignados por el doctor Florentino Ameghino al friasense, así como los fósiles conocidos de Santa María (Catamarca), los fósiles de las Guayquerías de San Carlos, en la provincia de Mendoza, los fósiles de Monte Hermoso y los fósiles de Chapadmalal, con sus tipos de transición establecen bien las relaciones, por una parte entre los tipos del santacruzense y del paranense, y por la otra entre los tipos del paranense y los tipos del pampeanense, debiéndose hacer coincidir los límites respectivos con el oligoceno, el mioceno y el plioceno, como lo indica el cuadro de clasificación que acompaña y como lo reclaman los fenómenos de la evolución, que seguramente no se han operado sino obedeciendo exactamente a las mismas leyes que las que se conocen de los demás países del universo.

Correspondería aquí el examen, con la amplitud que permite hacerlo el estado de los conocimientos, de las relaciones esbozadas en las líneas que anteceden referentes a las relaciones del sincronismo. Este examen y los cuadros correspondientes se presentarán en la monografía a la cual se refiere esta nota.

A esta altura de mi trabajo aparece una nueva publicación del doctor Windhausen (135), a la cual, por su gran importancia, consagro más adelante algunas líneas. Veo por este trabajo que ya no se puede dudar de la edad terciaria de los horizontes de *Notostylops*, *Astraponotus* y *Pyrotherium*, los cuales había considerado ya (82, pág. 10) como del eoceno inferior. Volvió también a preocuparme la cuestión del horizonte de *Proteodidelphis*, considerado por Ameghino, al establecer el género, como del cretáceo inferior. Dadas las grandes confusiones, señaladas en la estratigrafía por el doctor Keidel (71) por una parte, y las mismas afinidades por otra parte, ya reconocidas por su propio autor con el género *Pleuraspidothorium* Lemoine (6) del eoceno basal de Cernay, cerca de Reims (Francia), no creo posible poder considerar *Proteodidelphis*, sino como un representante también del eoceno inferior. Resultan exagerados, sin duda, los caracteres de especialización señalados por el doctor Ameghino, al comparar uno y otro de los dos géneros.

Entre los objetos que se presentaban para establecer pruebas de la existencia del hombre terciario en la República Argentina, está el fémur de un representante de los *Toxodontia* del género *Chapadmalense* Merc., que tiene una punta de cuarcita, tallada por el hombre, enclavada e incrustada en el trocántor. Se me ha acusado ¹ de que para formular una

¹ MILCIÁDES ALEJO VIGNATI, *Los restos de industria humana de Miramar*, página 34, establecimiento gráfico « Oceana », Buenos Aires, 1919.

crítica había «tenido que recurrir a la estratagema de ocultar que los huesos aparecieron articulados, pudiendo así enunciar la pueril hipótesis de que el fémur, por movimientos del loess, equivalentes a los de los médanos, pudo quedar en descubierto en épocas cercanas, oportunidad que aprovechó un salvaje para incrustarle la flecha, volviendo luego el fémur, por desconocidas causas, a sepultarse de nuevo en el terreno que le correspondía».

Se trata de una doble acusación absolutamente gratuita, como bien lo dejan suponer todas las explicaciones de la presente nota, y como además se puede comprobar por la siguiente citación (81, pág. 6) de la misma publicación a la cual se refiere la acusación. En el lugar citado digo: «De esto se deduce que el hombre que así usó la punta de cuarcita no fué el contemporáneo del animal llamado *Chapadmalodon* Merc., cuyo fémur hace conocer el señor Carlos Ameghino en la mencionada relación, y que este hombre de la punta de cuarcita enclavada ha vivido en una época considerablemente más reciente que dicho animal.

«Se desprende además de este examen, que el mencionado fémur en su proceso de fosilización, lo mismo que los demás huesos con él encontrados, han sido descubiertos, para volverse a cubrir de nuevos elementos eolíticos, fenómeno que puede haberse repetido varias veces, en la sucesión tan larga de los tiempos, antes y después de haber tenido este hueso la punta de cuarcita enclavada.»

Para aclarar mejor los hechos debo agregar unas palabras: Fácil es apercibirse que si el fémur se hubiese encontrado solo, no hubiese variado la situación en cuanto a la naturaleza de la prueba, que se pretendió establecer, ni en favor ni en contra. En la primera excavación no se encontró sino el fémur solo, posteriormente, al extender las excavaciones, fueron encontrados los otros huesos, separadamente. No se trata por consiguiente de huesos articulados, ni siquiera se puede afirmar con absoluta seguridad que los huesos pertenecieron al mismo animal. En nada, lo repito, podría esto alterar la naturaleza de la prueba, ni en un sentido ni en el otro. Resulta, así, el argumento que pretende presentar el autor mencionado de ningún valor.

No está fuera de lugar recordar también, que el fémur así encontrado, presenta, en la parte interesada por la punta de cuarcita tallada por el hombre, una superficie de fractura, cuyo examen indica sin lugar a duda que el hueso ya estaba en su estado de fosilización cuando fué enclavada la punta de cuarcita, y que por consiguiente esta punta no ha sido enclavada en este hueso durante la persecución del animal con el fin de darle caza. Esta única observación ya le quita a esta pieza todo su valor como elemento de prueba, en esta cuestión de la pretendida existencia del hombre terciario. Resulta también este hecho haber pasado desapercibido a la misma comisión que se había constituido pa-

ra la presentación de las piezas de prueba, con el objeto de darle a la prueba mayor autoridad.

En el tomo XXXI de los *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires* aparece una nota del mismo autor ¹. Se pretende en esta publicación, que va precedida de una relación referente a anotaciones del mismo doctor Florentino Ameghino, en los últimos tiempos de su vida, reproducidas en facsimile en sus partes más importantes, sobre el *Diprothomo platensis*, el tipo precisamente de la tesis de este sabio de la existencia del hombre terciario, retrotraer esta cuestión, para su revisión, al mismo estado en el cual se había quedado antes del examen, al cual procedieron Schwalbe, Mochi, Friedemann, Buschan, Keith y otros, quienes identificaron las piezas con *Homo sapiens* L. La proposición se basa en un pretendido error de cálculo de Schwalbe. Ni palabra aparece en esta publicación del examen practicado por los otros sabios citados, ni tampoco se vuelve a hablar del fémur con la punta de cuarcita enclavada, ni de las demás piezas que se habían presentado como prueba.

Como resulta evidente la falta de base geológica y paleontológica, no podría tener objeto alguno volver sobre esta cuestión.

Basta, además, comparar las figuras y los cálculos de índices que aparecen en la nota citada, con las propias figuras de Schwalbe ², para apercibirse que la demostración de esa nota no es tal demostración. Son evidentes los errores de orientación de las piezas señaladas por Schwalbe. En los cálculos, además de la nota citada, la cantidad que se introduce, con relación a los parietales, no es la cantidad que corresponde a la medida directa, que no era posible tener por faltarle un fragmento a la calota, debido a la fractura que ha sufrido, y la apreciación de esta cantidad está afectada, en proporción muy grande, de los mismos errores de orientación arriba mencionados. Sobre el preciso punto del hallazgo de la calota, tampoco jamás se han obtenido los datos suficientes y absolutamente seguros.

Para cerrar este capítulo, debo anotar que en las investigaciones a las cuales me refiero para establecer las listas de los fósiles característicos de las formaciones, será necesario además hacer desaparecer también las arbitrariedades que afectan las listas de los fósiles en la aplicación de las leyes de la nomenclatura.

Al hacer conocer las piezas sobre las cuales está designado *Caroliber-*

¹ M. A. VIGNATI, *A propos du Diprothomo platensis ; une observation à la critique du prof. Schwalbe*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo XXXI, páginas 20-30, 1923.

² DOCTOR C. SCHWALBE, *Studien zur Morphologie der südamerikanischen Primatenformen*, en *Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol.* Bd. XIII, 1910.

gia azulensis Merc. (*Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, t. VII, págs. 1-23, láms. 1-3, 1899), tuve la oportunidad de señalar el hecho (*loc. cit.*, pág. 5). Al respecto se pueden consultar también las indicaciones de mis publicaciones referentes a estas cuestiones del hombre terciario (81 y 82). Los procedimientos puestos en aplicación por Rovereto ¹ y por Sinclair y Scott ², lejos de resolver las cuestiones, sólo traen complicaciones, creando una situación indefinida en cuestiones que no lo admiten. En el Museo de La Plata están conservadas todas las piezas que se refieren a los tipos de las primeras listas del doctor Ameghino. En las determinaciones por mí hechas más tarde, no he dejado en ningún caso la comparación directa con esas piezas. Fácil será, por consiguiente, establecer los hechos en la forma que corresponde, con exclusión de todos los procedimientos arbitrarios. Será conveniente además publicar buenas figuras de las piezas, tanto de las que no han sido jamás representadas como de las piezas de las cuales son deficientes las figuras publicadas.

XXI

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

La presente nota, de carácter preliminar, con respecto a un trabajo más completo y más amplio que tengo en preparación, se limita en resumen a poner en evidencia las relaciones de los fenómenos tectónicos que afectan las unidades estructurales y las formaciones de todas las edades geológicas, para llegar a explicar los caracteres morfológicos del suelo, más especialmente en todas las zonas de la región de las llanuras, sin dejar de relacionar también estos caracteres con sus homólogos de la región andina y subandina.

Establece también esta nota los rasgos característicos del régimen hidro-orográfico de todas las diferentes zonas del país.

Esta nota explica además, en su mecanismo y en su génesis, los fenómenos de las formaciones eolíticas, o sea del loess, en los diferentes períodos geológicos, y establece las bases fundamentales referentes a la composición y estructura del suelo con la distribución y repartición de sus distintas unidades petrográficas.

Además de los fundamentos de la teoría eolo-tectónica, da también

¹ CAYETANO ROVERETO, *Los estratos araucanos y sus fósiles*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo XXV, 1914.

² *Report of the Princeton University. Expeditions to Patagonia 1896-1899*, volúmenes IV, V y VI.

esta nota las explicaciones geológicas correspondientes de los rodados de la Patagonia.

Esta nota establece por fin las bases fijas para la clasificación y las relaciones del sincronismo de los terrenos terciarios y cuaternarios.

Buenos Aires, junio 20 de 1924.

APÉNDICE

I

Dado el determinado carácter preliminar de esta nota, no sería posible presentar aquí, con la detención debida, un examen tan completo, como lo reclamaría la importancia del trabajo que acaba de aparecer del doctor Windhausen (135), como más arriba está la mención.

Este trabajo del doctor Windhausen es el resultado de varios años de investigaciones, referentes a las áreas petrolíferas de Mendoza, de Neuquén, de Río Negro, de Chubut y de Santa Cruz.

En las investigaciones del doctor Widhausen, sobre la distribución y migración del petróleo, son de la mayor importancia sus estudios de los movimientos cretácicos, terciarios y cuaternarios, así como sus estudios referentes a la estructura del basamento de la cuenca, a la estructura geológica en general, a los plegamientos y sus varios tipos, a la interferencia de plegamientos, a las fallas, a las depresiones tectónicas, a los movimientos póstumos, a las discordancias, a los fenómenos de denudación, etc.

Esta nueva contribución del doctor Windhausen viene a suministrar valiosísimos elementos, para reforzar todos los argumentos en los cuales se basan las soluciones de todos los problemas fundamentales, tratados en la presente nota.

II

Apareció recientemente el número I de *Gea, Anales de la Sociedad argentina de estudios geográficos*, Buenos Aires, Perú 208, 1925, in 8°. Contiene esta publicación dos trabajos de los cuales, por su índole, debo ocuparme aquí. Son estos trabajos: 1° Doctor Joaquín Frenguelli, *Loess y limos pampeanos*, *op. cit.*, páginas 7-91; 2° Doctor Anselmo Windhausen, *Apuntes sobre el sistema hidrográfico del río Senguerr*, *op. cit.*, páginas 144-164.

Son de interés, en esta publicación del doctor Windhausen, las ampliaciones en diferentes puntos de fenómenos tectónicos, que este autor ya había hecho conocer en anteriores trabajos.

En la presente monografía está también la referencia de observaciones de mucha importancia del doctor Frenguelli, hechas con acierto y exactitud. En este nuevo trabajo que se acaba de citar, el doctor Frenguelli establece una teoría nueva de la formación del loess pampeano. Admite, al igual que Keidel, para explicar el origen del loess en la República Argentina, la posibilidad de una conexión entre la formación de gruesas capas de loess en las partes montañosas del poniente y la distribución del manto de loess desde las montañas hacia el litoral. Al igual que el doctor Keidel, admite el doctor Frenguelli que durante todo el tiempo de la formación del loess éste ha sido transportado de la región andina hacia el naciente.

Difiere la teoría del doctor Frenguelli de la del doctor Keidel, en no hacer intervenir el doctor Frenguelli, para el transporte de las masas minerales, la acción de los ríos, sino sólo la acción de los vientos, con las lluvias y caídas meteóricas de los elementos eolíticos. Por analogía a la teoría eolo-fluvial del doctor Keidel, débese llamar teoría eolo-meteórica la del doctor Frenguelli.

Todos los argumentos que se oponen a la aceptación de la teoría eolo-fluvial del doctor Keidel, se oponen igualmente con la misma fuerza o con mayor fuerza, y en las pocas variantes referentes al transporte de las masas, a la aceptación de la teoría eolo-meteórica del doctor Frenguelli. Más lejos está la teoría eolo-meteórica del doctor Frenguelli, de tener las condiciones de una solución amplia y completa de los problemas, que la teoría eolo-fluvial del doctor Keidel, como con todo el detenimiento necesario se hará resaltar en el examen a fondo que de esta teoría aparecerá en la monografía a la cual se refiere el presente trabajo.

A las observaciones que anteceden, sólo agregaré aquí, en forma breve y rápida, pocos argumentos. Las acumulaciones loésicas que se han producido en la región andina, no han tenido la repartición tan general, como sería necesario, para que no resulte con fallas la teoría eolo-meteórica del doctor Frenguelli. Los vientos que hace intervenir para el transporte de las masas minerales, no han podido tener una orientación tan diferente, ni tan variable, como sería necesario admitirlo para poder aceptar la teoría. Admite el doctor Frenguelli que los vientos en la región andina, que participaron a los transportes de las masas minerales, tomaban, desde el fondo de los valles y la pendiente de las montañas, el carácter de ciclones, para llevar las masas a una considerable altura y entrar así estas masas minerales, en proporciones abundantes, en la corriente de los vientos horizontales, los más intensos y los más frecuentes para su distribución. Aun en estas condiciones, las más favora-

bles, que supone el doctor Frengelli, los fenómenos de tal naturaleza no han podido tener la frecuencia que permitiría explicar el transporte de masas minerales, cuyo volumen, en sus proporciones, se podría comparar con el de los depósitos de loess de la formación pampeana.

Invoca el doctor Frenguelli, en apoyo de su tesis, los fenómenos que se conocen de las lluvias, en la actualidad de polvos meteóricos, por extensas zonas al rededor de los desiertos. Más especialmente se refiere a lo que se observa al rededor del Sahara, el centro actual de mayor dispersión de estos polvos, y del cual se han ocupado tantos autores. La última lluvia de grandes proporciones que se conoce del Sahara tuvo lugar en marzo de 1901, y asimismo la cantidad de polvos caída en Europa, que, según Hellmann y Meinardus, habría sido aproximadamente de 1.800.000 toneladas, de las cuales las dos terceras partes al sur de los Alpes; desde la costa de África, estos polvos alcanzaron los alrededores de Kastroma y de Perma en Rusia, salvando un recorrido de 4000 kilómetros. Pero por su misma periodicidad tan lenta, no se pueden comparar a la de los fenómenos de manifestaciones diarias, y los procesos de esta naturaleza no pueden tener sino un rol muy secundario en la formación de depósitos como el loess. Así lo prueban las mismas observaciones que aquí, en Argentina, se pueden hacer directamente.

Las relaciones topográficas en la Argentina, aunque muy propicias para fenómenos de esta naturaleza, no han reunido jamás las condiciones que llenan las del Sahara. Sin negar el transporte a grandes distancias de polvos y elementos eolíticos, bien establecido está que las lluvias y tormentas de tierra en la Argentina no tienen tampoco sino un carácter regional. La historia de la formación de los médanos, que van apareciendo en la Argentina desde cuarenta años a esta parte, en regiones mediterráneas principalmente, no registra tampoco ningún caso de acumulación de masas minerales que tenga su causa determinante o inicial en lluvias o tormentas de polvos o tierra, sino que invariablemente reside la causa en la aparición de una superficie de denudación, aun muy reducida, producida más a menudo simplemente por el pisoteo o el andar de animales durante algún tiempo, superficie contra la cual, si no se toman las medidas oportunas de defensa, el viento va desarrollando su acción y se van formando los médanos, que en pocos años alcanzan a cubrir grandes áreas. Ya después de los primeros años, la irrupción va progresando en proporciones enormes, si es que no interviene el hombre con los procedimientos que hoy se conocen para contrarrestar el fenómeno. No quiero citar aquí ejemplos de casos observados y bien comprobados, en distintas regiones del país, para no dar a esta nota demasiada extensión.

Otro hecho, bien observado y comprobado, que se opone en forma absoluta e ilevantable a la aceptación de la teoría eolo-meteórica del doctor Frenguelli, es la falta de carácter de homogeneidad en su tamaño de

los elementos constitutivos del loess, al grado que lo admite el mencionado autor. El loess de elementos de dimensiones tan reducidas, como lo presenta el doctor Frenguelli, es sumamente escaso en la Argentina, y aun presentándose sin elementos gruesos, muestras de depósitos, a los cuales, a pesar de no ser absoluta la ausencia en ellos de elementos gruesos, no se les podría negar un origen genuinamente eolítico, están muy lejos de ser homogéneos los elementos constitutivos, en las mismas muestras consideradas sin elementos gruesos. Entre el gran número de estaciones, por otra parte, en las cuales he practicado investigaciones en todas las regiones del país, son muy contadas aquellas estaciones en las cuales no encontré rodados de las dimensiones que suelen presentarlos los depósitos de loess y también los depósitos de tierra eolítica común, así como fragmentos con aristas más o menos angulosas de rocas entre los demás elementos constitutivos, aun en el loess más homogéneo que se suele encontrar. Diré más; creo que persiguiendo las investigaciones en aquellas estaciones, así reducidas en su número, de negativas que resultaron las primeras observaciones, podrían nuevas investigaciones, como en tantos otros casos lo experimenté, suministrar resultados positivos, y de ahí juzgo que en realidad no habría exageración en negar la existencia de loess de carácter tan homogéneo en las dimensiones de sus elementos constitutivos, como lo admite el doctor Frenguelli. No es en investigaciones hechas así en excursiones tan rápidas, como a las cuales se refieren las observaciones del doctor Frenguelli, en el litoral de la provincia de Buenos Aires y del territorio nacional de Chubut, que se llega a reunir todas las observaciones necesarias para la solución de problemas tan complejos, como lo son los problemas de la formación del loess. Los estudios consignados en todas las partes de la presente monografía no pueden dejar dudas a este respecto.

La clasificación que propone el doctor Frenguelli, basada en los caracteres litológicos, según resultan establecidos en su trabajo, distinguiendo dos grupos principales, limos y loess, en los cuales hace la repartición de las masas minerales de los depósitos pampeanos, tampoco es aceptable. Esta clasificación se reduce a considerar la existencia en la serie pampeana de sedimentos eolíticos (loess) y de sedimentos ácueos (palustres, fluviales y límnicos). Da el autor a los elementos eolíticos un carácter de homogeneidad que no tienen en realidad, como se ha visto más arriba y como lo establecen en forma bien clara los estudios de la presente monografía. El término de limo no es tampoco de significación bastante lata, para aplicarlo a los elementos que no tienen origen eolítico. La clasificación establecida en el capítulo IX de la presente monografía, demuestra claramente que la clasificación propuesta por el doctor Frenguelli es incompleta y no puede responder a las necesidades de los estudios. En esta clasificación del capítulo IX se establecen los tres grupos

siguientes : 1° Tierras eolíticas medanalesas ; 2° Tierras eolíticas comunes ; 3° Tierras sedimentarias comunes. Los fundamentos de esta clasificación se pueden consultar en el capítulo IX mencionado de la presente monografía.

Apercibido el doctor Frenguelli de la insuficiencia de su clasificación, así como de las mismas fallas de sus observaciones y deducciones, en relación a la homogeneidad de los elementos constitutivos del loess, dice el mismo autor, que al separar un loess homogéneo de limos heterogéneos, se debe entender estos caracteres en sentido relativo, « en cuanto, sigue agregando (*loc. cit.* pág. 27), que en la masa fundamental, fina y exótica del loess, podemos hallar cierta proporción de materiales más gruesos, entópicos, cuya presencia puede ser relacionada con remociones eolíticas de rocas locales. En esta categoría podemos considerar, por lo menos, parte de los elementos psamíticos del loess y, en casos especiales, eventuales elementos psefiticos ». La localización, que en las líneas que siguen de su trabajo pretende hacer el doctor Frenguelli de estos casos, está también muy lejos de responder a la realidad de los hechos, como hasta de la propia exposición del autor, y de los mismos datos en ella contenidos se puede juzgar. Al practicar nuevas investigaciones, en forma no tan rápida, sino con el detenimiento necesario, en las mismas estaciones a las cuales se refiere el doctor Frenguelli, y al extender también algo más el campo de sus observaciones, se podrá apreciar el mismo autor que su teoría eolo-meteorica no se presenta en condiciones naturales, amplias y completas, sino que sólo se refiere a fenómenos determinados, relacionados con la formación del loess, sin alcanzar a explicarla en ninguna de sus distintas fases.

El doctor Frenguelli, por otra parte, considera como de edad cuaternaria los depósitos de la formación pampeana. Antes de conocerse mejor los terrenos terciarios y cuaternarios de la República Argentina, con sus series tan ricas de fósiles, se podía, con alguna apariencia de verdad, sostener esta tesis. Hoy ya, con los argumentos de orden morfológico, estratigráfico, tectónico y paleontológico, acumulados en el capítulo XX de la presente monografía, sería perder tiempo en tratar de refutar las afirmaciones tan huérfanas de pruebas reales.

Buenos Aires, abril 9 de 1925.

III

La observación contenida en el último párrafo de la nota anterior se aplica muy especialmente también a un trabajo de los señores Joaquín Frenguelli y Félix F. Outes : *Posición estratigráfica y antigüedad rela-*

tiva de los restos de industria humana hallados en Miramar. Fué presentada esta comunicación a la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales en la sesión del 21 de junio de 1924, y dió lugar a una larga discusión, que se inició en la misma sesión y ocupó además las sesiones de 26 de julio y 2 de agosto de 1924. Aparece esta comunicación, con la versión taquigráfica de la discusión, en la revista de la mencionada sociedad, *Physis*, tomo VII, páginas 277-388, de 31 de diciembre de 1924. Ahora recién tengo la oportunidad de conocer esta publicación.

Sin haber tenido conocimiento, antes de ahora, de esta publicación ni de su contenido, como es fácil convencerse por la simple comparación, resulta que, sobre todas las cuestiones fundamentales que en ella se presentan a la discusión y que quedaron sin resolver, encontrará el lector en el presente trabajo explicaciones amplias, precisas e intergiver-sables, basadas en observaciones inconfundibles referentes a todos estos problemas fundamentales de los terrenos terciarios y cuaternarios de la República Argentina. Están tratadas todas estas cuestiones en el presente trabajo en forma tal que, el abrir aquí una discusión, no podría responder a ningún objeto práctico. Para los interesados bastará un estudio comparado de ambas publicaciones para llegar a conocer el estado de la solución de los problemas.

No puedo, sin embargo, omitir entrar aquí en un examen, lo más breve posible, de la comunicación del doctor Keidel, que tomó parte en esta discusión de la sociedad mencionada. Aparece su exposición en las páginas 351-377 y 387-388 de la citada publicación. En una argumentación muy nutrida hace resaltar el doctor Keidel toda la gran complejidad de los problemas relacionados con la formación pampeana. Sería difícil dar una idea bastante exacta de la argumentación del doctor Keidel en poco espacio. Creo, en consecuencia, que la citación directa de determinadas partes de su exposición, que haré seguir de breves observaciones, llenará suficientemente el objeto de esta nota, reservando para otra oportunidad la discusión amplia de las cuestiones referentes a estos problemas.

Las líneas que siguen dan una idea de los problemas planteados por el doctor Keidel (*loc. cit.*, págs. 351-355) :

« La discusión que hemos escuchado comprueba que es en extremo difícil determinar la edad de la formación pampeana, no obstante aparecer como tarea relativamente fácil, a juzgar por lo adelantado de los resultados estratigráficos que la han dividido en diversos pisos. No sólo se ha llegado a establecer a grandes distancias y de un modo terminante los límites de los distintos pisos, sino también a determinar las facies esenciales, es decir, cuando son sedimentos terrestres, eólicos o fluviales, depósitos lacustres y de marismas, y finalmente bancos que encierran fósiles marinos.

« Podría deducirse de esto, que la formación pampeana se presenta como un grupo de estratos, en los que los sedimentos marinos se intercalan de tal modo que separan o ayudan mucho en separar los estratos de origen terrestre. Podría suponerse, además, que parezca una serie de bancos perfectamente limitada. Sin embargo, del examen comparado de cortes esparcidos sobre trayectos algo extensos del área cubierta por la formación pampeana, resulta que en realidad, las más de las veces, la constitución y sucesión de los distintos sedimentos cambian de un modo irregular. Es por esto que conviene suponer que la formación pampeana no es un complejo de estratos bien definido, sino un complejo de sedimentos cuya disposición ha cambiado de trecho en trecho y dentro de intervalos de tiempo relativamente cortos.

« Debemos desde ya advertir que se trata de sedimentos terrestres mezclados, cuya procedencia es poco conocida. Además, la formación pampeana se diferencia de las series marinas o terrestres, que estamos acostumbrados a estudiar, por faltarle la extensa y continua cubierta de sedimentos más modernos. La formación pampeana, según se presenta actualmente, se levanta sólo en parte sobre el nivel del mar y del río Paraná. Por los bancos marinos o de moluscos, fósiles ó subfósiles que encierra, y que aproximadamente siguen el contorno del estuario del río de la Plata y el desarrollo de la costa atlántica, penetrando poco tierra adentro, la formación pampeana está relacionada con el nivel actual del mar, si consideramos a éste como nivel en fase de reposo, dentro de un ciclo muy moderno de desplazamiento costanero. Tampoco conocemos el límite inferior de la formación pampeana, si definimos el concepto de límite concretamente, y no nos contentemos en establecerlo con vaguedad, basados en consideraciones paleontológicas y especulaciones acerca de la filogenia de los mamíferos pampeanos.

« Las capas marinas fosilíferas, o bancos de moluscos que integran una parte de la formación pampeana, se presentan a diversas alturas en las riberas del río de la Plata, río Paraná y en los acantilados de la costa marítima, como también en excavaciones, debajo del nivel actual del mar. Es por esto que los desplazamientos de la costa — que pueden ser de índole epirogénica o consecuencia de movimientos basculares, — durante la deposición de los sedimentos pampeanos, deben haberse repetido varias veces, y si cada transgresión marginal y ensanchamiento del estuario del río de la Plata señala un desplazamiento positivo del nivel del mar, su disposición de conjunto demuestra que, asimismo, hubo desplazamientos negativos, por lo que la curva de estos desplazamientos es compleja. Cada uno de los diversos cambios del nivel de base debe haber originado cambios fundamentales en la denudación o acumulación. Basados en estas consecuencias fisiográficas, es evidente

que no puede haber las relaciones sencillas entre los sedimentos de las diferentes facies.

« Los remanentes de las invasiones marinas no sólo por sus faunas de moluscos tienen importancia general para el estudio estratigráfico de la formación pampeana, sino también ofrecen un medio para determinar su edad más exactamente que con el examen exclusivo de los restos de mamíferos. Es conveniente, sin embargo, tener en cuenta que las faunas marinas, en verdad, son deficientemente conocidas. No obstante, en algunos casos por lo menos, su carácter revela que durante las invasiones marinas, a las cuales corresponden, el clima ha cambiado varias veces apreciablemente. Así, pues, disponemos de nuevos argumentos.

« Para profundizar el estudio estratigráfico de la formación pampeana no basta que se revisen las faunas de mamíferos y se complete su conocimiento. Las conclusiones a que llegaremos por este método serán siempre algo dudosas. En cambio, si investigamos, además, los numerosos fenómenos fisiográficos y climatéricos, no sólo se nos abre un nuevo y vasto campo de estudios, sino que podemos abrigar la esperanza de establecer un fundamento para trabajos posteriores, que será tanto más sólido que todo principio biológico, cuanto son superiores, en punto de certeza, los estudios físicos a los estudios paleontológicos, para no hablar de especulaciones filogenéticas.

« Ahora bien : al iniciar la determinación de la edad de la formación pampeana, debemos tener presente que las aludidas capas marinas señalan una secuencia de movimientos ligados entre sí, por pertenecer a una fase diastrófica bien definida; mucho más moderna que los desplazamientos de la costa, manifestados por la última ingresión del mar terciario en la cuenca del río Paraná. O, para decirlo más concretamente, son movimientos ocurridos bastante después de haberse formado las capas marinas del plioceno que se conocen en la orilla izquierda del río de la Plata.

« Conviene plantear dos cuestiones : ¿Cuál es la relación entre estas capas y los sedimentos que constituyen la parte inferior de la formación pampeana ? ¿ Hay siempre criterios litológicos y paleontológicos para evidenciar indiscutiblemente que un determinado sedimento de esta fracción inferior es realmente componente de la formación pampeana ? En cuanto a la primera cuestión, recordemos que muchos observadores refieren al terciario gran parte de la formación pampeana. Hasta se ha pretendido que un banco con fósiles marinos, del terciario superior de Entre Ríos, extendiéndose al sur, se intercala en la formación pampeana; y también se han considerado sincrónicos sedimentos marinos de fecha pliocena, que se encuentran en la región costanera de Patagonia, con los pisos inferiores de la formación pampeana. Pero no son más que errores, que fueron rectificadas, o suposiciones que es del todo imposible

confirmar. Lo que nos interesa es puntualizar lo precipitado de tales conclusiones y la incertidumbre que aún subsiste en lo que respecta al carácter y la posición de este límite.

« Pero, ¿ cómo definir bien una formación, si falta el límite superior y no se conoce el límite inferior? No obstante, la formación pampeana es algo muy real por su extensión, su continuidad, sus propiedades litológicas y hasta por las faunas de mamíferos que encierra. Es unidad no sólo en el sentido geológico sino también en el sentido geográfico. Es precisamente lo circunscrito del conjunto de la formación pampeana que dificulta entenderse acerca de lo que, por razones litológicas, debe unirse; pero hay que dividir estratigráficamente sobre lo que está relacionado por iguales condiciones de sedimentación, pero que es preciso separar por diferencias de evolución y dispersión de las faunas de mamíferos.

« En alguna parte de este conjunto de sedimentos, parecidos o idénticos, tiene que trazarse el límite entre el terciario y cuaternario. Según las propiedades litológicas, los sedimentos del hermosense, por ejemplo, se pueden considerar como parte de la formación pampeana, según los restos de mamíferos que contienen, se los refiere al terciario superior y se los incorpora a aquella « formación » colectiva de sedimentos heterogéneos, que es el araucanense. El estudio comparado de sus fósiles con los de la sección inferior de la formación pampeana, propiamente dicha, evidencia que entre ambos media un hiato en la evolución de los mamíferos, que puede ser más o menos grande, pero que es difícil apreciar con certeza, basándose exclusivamente en criterios paleontológicos. Omitir los hechos geológicos o emplearlos de un modo deficiente o equivoco, dar importancia excesiva a las interpretaciones paleontológicas: he aquí las razones principales de la lamentable discordia actual.

« ¿ Cómo resolverla sin recurrir a nuevos estudios, que retardarían mucho? Opino que, en realidad, no habría otro medio. Pero para ratificar lo que he dicho, creo oportuno señalar un método que tal vez nos conduzca a la solución de tan fundamental problema, esto es, apreciar de un modo adecuado el hiato que en el área de la formación pampeana ha llegado a interrumpir la continuidad de la sedimentación en el límite del terciario y cuaternario. Es, en lo esencial, un problema fisiográfico a resolver como problema de esta índole, si es factible, por un examen comparado de varias regiones en momentos de desarrollo correlativo, pero de génesis diferente. Es fácil encontrar tales regiones, de condiciones favorables, en el extenso territorio de la Argentina. Pero para reducir mi tarea a lo estrictamente necesario, me contentaré con aducir dos ejemplos instructivos, que me retrotraen a mi punto de partida.

« Supongamos, provisionalmente, que el grupo de sedimentos pampeanos que presenta rastros de cambios climáticos, por la extensión

mundial de tales cambios en el cuaternario, puedan referirse a este período; supongamos, además, que todos aquellos bancos de constitución parecida que yacen debajo de este grupo de sedimentos sean, como el piso hermosense, de edad terciaria. ¿Qué nos enseña la región andina como área de movimientos tectónicos, y qué nos enseña la región de las mesetas patagónicas como área de movimientos epirogénicos, acerca del hiato que existe entre los depósitos terciarios y cuaternarios? »

Así pasa el doctor Keidel en su exposición, que revela estudios muy fundamentales en la aplicación de su método, sucesivamente a la región andina y a la región de las mesetas patagónicas, a sacar las deducciones a las cuales conducen las investigaciones realizadas, y llega a formular conclusiones de las cuales las líneas siguientes resultan una expresión (*loc. cit.*, págs. 368-369):

« En lo que atañe a la magnitud del hiato entre los sedimentos pliocenos fosilíferos y los sedimentos cuaternarios, en la región andina, no es menos importante que en la de las mesetas patagónicas. Sólo con la diferencia que en los Andes, o por lo menos en gran parte de ellos, los sedimentos pliocenos ya han sido dislocados por la penúltima fase de movimientos tectónicos bastante fuertes; mientras que en el área de las mesetas de Patagonia conocemos sólo los rastros de la última fase. O, tal vez, mejor dicho: aquí las dislocaciones anteriores a esta última fase han sido muy débiles y se reparten sobre áreas muy extensas. Están probablemente disimuladas en la inclinación, apenas manifiesta, de los estratos del terciario superior. Quizá un indicio de ellas lo constituye el hecho de que la arenisca araucana, en conjunto, desde la zona costanera del golfo de San Jorge se inclina hacia la cordillera, mientras que las penillanuras ascienden en esta dirección. La comprobación de esto tenemos que dejarlo a investigaciones futuras, basadas en el relevamiento de mapas exactos. Pero no debemos perder de vista la posibilidad de que también en Patagonia, por tales dislocaciones, el hiato entre los estratos del terciario superior y los depósitos cuaternarios sea aún más grande de lo que parece ser actualmente.

« Las correspondencias tectónicas y morfológicas de los Andes y de Patagonia, que acabamos de examinar, son pruebas suficientes para que los sedimentos cuaternarios deban ser separados por un hiato muy grande, tal cual en la formación pampeana toda aquella parte referente al plioceno, por el carácter de su fauna: por ejemplo, los sedimentos del piso hermosense de los que constituyen el piso ensenadense. Si las capas de Monte Hermoso, referidas por Ameghino al mioceno, son en realidad de fecha pliocena y su fauna difiere poco de la del valle de Santa María en Catamarca, entonces es posible apreciar el hiato, al recordar que los sedimentos sincrónicos del ensenadense hemos de buscarlos en el ciclo de transgresiones y regresiones que han seguido a la formación de las

mesetas patagónicas. En lo esencial no pueden subsistir dudas a este respecto. Pero la dificultad no estriba en la distinción, aproximada y teórica, de pisos estratigráficos y unidades en formaciones, como las que Ameghino ha llegado a establecer, sino en la comprobación posterior que tales pisos existen realmente en la naturaleza y en trazar exactamente sus límites. Para esto, ni remotamente bastan las observaciones hechas hasta ahora. Por consiguiente, no es de maravillarse que por utilizar sobre todo, sino exclusivamente, datos paleontológicos, en parte inseguros o de difícil apreciación, sólo se llegue a diferenciar de un modo vago lo que es terciario y lo que debe considerarse como cuaternario. ¿ Qué magnitud tiene el lapso que separa estos dos grupos principales ? ¿ Cómo decidir en los Andes, en Patagonia y en el área de la formación pampeana, en condiciones muy distintas de las de Norte América y de Europa y con faunas tan diferentes, lo que puede referirse al terciario más superior y al cuaternario más inferior ? ¿ Dónde intercalar en el esquema estratigráfico usual las numerosas capas de los rodados patagónicos que, a veces, en el mismo corte, se repiten en ocho o nueve terrazas ? ¿ Dónde incorporar, finalmente, las diferentes series de sedimentos terrestres, separadas en parte por discordancias angulares y relacionadas con los movimientos de la última fase tectónica de los Andes ?

« Seamos francos y declaremos que aún no podemos hacerlo; que en estas circunstancias el límite entre el terciario y cuaternario es meramente una ficción; límite que en los casos aludidos cada uno puede trazar como se le antoja. A mi parecer hay dos procedimientos principales para determinar este límite de un modo realmente fundado : investigaciones comparadas, tectónicas y morfológicas, y fijar dentro de este complejo de fenómenos la primera aparición de rastros de cambios climatéricos. Aprecio muy útiles, a la par, los estudios paleontológicos y paleobiológicos; pero considero equivocado darles una importancia exclusiva y omitir todos los demás recursos. »

Termina su exposición el doctor Keidel dando muy buenas indicaciones referentes a los procedimientos a seguirse en las investigaciones a efectuar en la región de las llanuras de la zona septentrional y de la zona central del territorio de la República Argentina, para los estudios tectónicos, para los estudios referentes al origen de los materiales de los sedimentos acumulados en la formación pampeana, así como para los estudios relacionados con los cambios climatéricos.

Con excepción de las indicaciones del doctor Frenguelli, que se relacionan con fenómenos tectónicos del litoral atlántico de la provincia de Buenos Aires y sobre el río Paraná, la comunicación del doctor Keidel es la única que aporta materiales de orden constructivo para la solución de los problemas. Todas las demás comunicaciones se mueven dentro de

una confusión de argumentos, todos conocidos ya, que permanecen en el mismo estado desde el mismo día en que se plantearon los problemas, sin que se haya adelantado en su solución ni en un sentido ni en otro.

Tiene indudablemente razón el doctor Keidel al afirmar que las soluciones definitivas de los problemas relacionados con los terrenos terciarios y cuaternarios de la República Argentina no podrán considerarse con tal carácter mientras no respondan a las exigencias de una base de investigaciones comparadas, tectónicas y morfológicas, llevadas a todas las regiones del territorio, dentro de cuyo complejo de fenómenos, establecidos en forma inconfundible, resulte fijada la primera aparición de rastros de cambios climatéricos, además de todas las relaciones paleontológicas y paleobiológicas bien comprobadas.

Pero las apreciaciones del doctor Keidel, asimismo, deben sufrir sensibles modificaciones en presencia de los hechos, bien demostrados en el curso del presente trabajo, de las fallas de las teorías con las cuales hasta hoy se pretendía explicar en su génesis los fenómenos de los depósitos eólicos. Resultan insuficientes tanto la teoría eolo-glacial como la teoría eolo-fluvial, así como también la misma teoría eolo-meteórica para explicar estos fenómenos. La teoría eolo-tectónica, fundada en el presente trabajo, presenta en cambio todas las condiciones de una solución natural amplia y completa de los problemas, y viene a modificar conceptos geológicos que se aplicaban en esas teorías cuando sólo se pueden aplicar a las formaciones geológicas comunes de origen marino o terrestre-fluvial, lacustre o límnic — en cuya génesis no han tenido intervención los fenómenos eólicos.

Tampoco jamás se habían estudiado estos fenómenos de remoción y renovación o reposición de los elementos envolventes, con relación a los elementos envueltos que originan estas asociaciones de fósiles y otros objetos, tan curiosas en los depósitos eólicos, especialmente señaladas en el capítulo XX del presente trabajo al hacerse resaltar la falta absoluta de bases para las discusiones interminables de las controversias referentes a la edad geológica relativa de los terrenos, y la falta completa de pruebas de la existencia en la República Argentina del hombre terciario.

Estos fenómenos, por otra parte, explican muy bien la excesiva variabilidad en los caracteres de la composición y de la estructura de los depósitos, así como en los límites de las diferentes formaciones de los pisos y de los estratos. De las mismas citaciones, que más arriba aparecen, de la comunicación del doctor Keidel, ya se desprenden estos caracteres de excesiva variabilidad, aunque en forma que está lejos de corresponder al grado tan elevado y a las proporciones de sus manifestaciones sobre el terreno. Con toda frecuencia llegan estos caracteres de variabilidad a alcanzar en sus manifestaciones un grado tan extremo

de desarrollo, que los límites entre las unidades de los distintos órdenes resultan muy vagos, y hasta llegan a desaparecer no solamente los límites sino también los mismos elementos de las masas minerales constitutivas de las respectivas unidades, no quedando más de estos elementos que las partes que por su peso han resistido a la acción de los fenómenos de transporte por el viento, reduciéndose muy a menudo los vestigios de estas partes o elementos a las piezas fósiles y otros objetos que entran en las curiosas asociaciones más arriba mencionadas. Aun en estos casos no sería posible ni admisible afirmar la no existencia de las respectivas formaciones ni de los respectivos pisos y estratos, mientras tanto se encuentren elementos identificables o restos fósiles que establezcan su edad.

Al establecer las relaciones de sincronismo de las unidades así completamente transformadas por la remoción y renovación o reposición de los elementos, es de fundamental importancia no ignorar los hechos, sino establecerlos con toda la precisión a la cual es posible alcanzar, para no llegar a deducciones y conclusiones completamente erradas, como desgraciadamente se ha presentado invariablemente el caso en todas las controversias referentes a estos terrenos.

Sin entrar en mayores explicaciones, bastan las indicaciones que anteceden para apercibirse del alcance de las fallas en las afirmaciones del doctor Keidel, para quien estos conceptos geológicos, que son nuevos, han pasado desapercibidos, a pesar del altísimo grado de penetración de sus observaciones e investigaciones, como de ello constituye un elocuente testimonio las mismas citaciones que más arriba, y con este solo objeto, se hacen aparecer en la presente nota, evitando también así alterar en cualquier punto el pensamiento del autor en problemas de tanta complejidad.

Bien se ve, después de estas explicaciones, que la aplicación en los estudios e investigaciones de los métodos a los cuales se refiere el doctor Keidel, tendrá todavía mucho más importancia de lo que lo deja entrever su propia exposición, por la necesidad, en virtud de la gran complejidad de los problemas, de llevar los estudios e investigaciones a un grado más elevado de precisión, que lo suponen sus propias explicaciones. Más imprescindible, asimismo, resulta el conocimiento exacto de las relaciones paleontológicas y paleobiológicas, para llegar a dar a las soluciones de los problemas tan complejos el sello definitivo de los hechos incontrovertibles que en los estudios e investigaciones de cualquier otra parte de la geología de la República Argentina.

Las afirmaciones del doctor Keidel no se han quedado dentro de los límites de la realidad en lo que se refieren a las colecciones de mamíferos fósiles, las determinaciones y apreciaciones del doctor Florentino Ameghino. Tanto se ha dicho a su respecto, que nada de extraño ofre-

cen las dudas que se desprenden de la exposición del doctor Keidel, que no ha tenido la oportunidad de especializarse en estos estudios paleontológicos, y bien claramente resalta de las citaciones arriba presentadas, que sus propias observaciones, al tiempo de revelar una alta especialización en investigaciones de diferentes épocas geológicas del país, se limitan, en lo que se refiere a los terrenos terciarios y cuaternarios, a estudios aislados, incompletos aún, en los cuales hace entrar también en cuenta, con las reservas del caso, como es natural, interpretaciones de terceros que están lejos de responder a la realidad. A pesar de los reproches que se le pueden hacer a las determinaciones y apreciaciones del doctor Florentino Ameghino, el material con datos absolutamente seguros es bastante abundante para establecer las comprobaciones del caso. Sus estudios se dejan perfectamente utilizar en la forma, como lo explico en el capítulo XX del presente trabajo. Ha tenido razón también el doctor Florentino Ameghino en reconocer a los fósiles más antiguos de Monte Hermoso y de Chapadmalal una edad miocena. Este hecho fué establecido ya en 1891 (véanse las explicaciones de la pág. 300 de la presente nota) por el autor suscrito. Recién en 1908 lo reconoció el doctor Ameghino (81). La circunstancia de encontrarse en el loess no constituye un argumento en favor de una edad más reciente, como ha llegado a suponerlo Rovereto (104). Ya tampoco es posible hablar de hiato alguno en la evolución. Las sucesivas faunas de mamíferos se han ido enriqueciendo en material en una forma tal que fueron desapareciendo los vacíos, y hoy ya no es posible desconocer las relaciones de continuidad que las ligan unas a otras en toda la escala, desde las más antiguas hasta las más recientes.

En el estado actual de nuestros conocimientos, con relación a determinados géneros bien establecidos, ya tampoco se podría negar relaciones de sincronismo de faunas eocenas de Patagonia con faunas bien conocidas de Europa, así como con fósiles atribuidos al eoceno de Egipto. Con estos descubrimientos, ya también se van reduciendo algo las diferencias tan grandes que se notaban con las faunas de la América del Norte ¹. Lo que sí, hablando de fósiles de Monte Hermoso y de Cha-

¹ Consúltese : CH. W. ANDREWS, *A descriptive Catalogus on the tertiary Vertebrates of the Fayum, Egypt*, 1906, 4^o, páginas 220-227, pl. XIX. Consúltense también los números 81 y 82 de la lista bibliográfica del presente trabajo, así como también otras dos notas del mismo autor suscrito : *Notas sobre algunos Carnívoros fósiles y actuales de la América del Sud*, *Ibidem*, 1917 ; *Adición a las notas sobre Carnívoros fósiles*, *Ibidem*, 1917. Los hechos más salientes puestos en evidencia en estas notas revelan la existencia de toda una serie de animales de afinidades mucho más estrechas de las que se podían deducir de los tipos conocidos de África, de Europa, de Norte América y de Sud América, que establecen una transición perfecta entre los *Sparassodontis*, los *Crocodontia* y los *Carnívora*. Los principales tipos de esta cadena

padmalal, no habría que creer que todos proceden de estratos miocenos, como con tanta frecuencia se encuentran confusiones a este respecto en la literatura; los hay también de otras edades, hasta de estratos cuaternarios los más recientes. Los fenómenos de remoción y de renovación o reposición se han manifestado en esas regiones con extraordinaria intensidad, como lo acusan las asociaciones de fósiles y otros objetos de los cuales se trata en otras partes del presente trabajo. Se comete también con los fósiles de Santa María (Catamarca) confusiones de la misma naturaleza.

Son también aprovechables los estudios del doctor Florentino Ameghino referentes a las relaciones filogenéticas de los mamíferos, despojándolos cuidadosamente de todas sus partes tendenciosas y de especulación que se relacionan con su tesis de la pretendida existencia de un centro primitivo de evolución en el hemisferio austral, de donde se hubiere verificado a través de las edades geológicas la distribución de los elementos de las faunas de mamíferos de las demás regiones del globo. A este centro habría pertenecido lo que hoy constituye la Argentina. Para sostener esta tesis, resulta que el doctor Florentino Ameghino ha asignado a diferentes horizontes una edad geológica mezozoica — hasta del cretáceo inferior y medio, — tratándose en realidad de horizontes terciarios. Con las explicaciones que se encuentran en el capítulo XX del presente trabajo, bastan estas observaciones.

En las partes pertinentes de este mismo trabajo están también las explicaciones de las soluciones naturales amplias de los problemas referentes a la formación de las mesetas patagónicas, de la acumulación de los rodados, de los valles y de otras particularidades de la morfología, que en su formación tienen también los fenómenos tectónicos póstumos o de la misma edad geológica correspondiente, como factor inicial, al igual que la génesis del loess.

Buenos Aires, junio 7 de 1925.

son los siguientes: *Hathlyacynus* Amegh., *Prothilacynus* Amegh., *Sparassocynus* Merc., *Acrocyom* Amegh., *Aerohyaenodon* Amegh., *Hyaenodon* Laizer y de Parieu, *Pterodon* Blainv., *Hemipsalodon* Cope, *Apterodon* Andrews, *Stylocynus* Merc., *Notocynus* Merc., *Hyaenodonops* Amegh., *Theriodictis* Merc., *Dinocynops* Amegh., *Ictiocyon* Lund, *Pleurocyon* Merc., *Palaeocyon* Lund, *Stereocyon* Merc. y *Canis* Lin.

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE LAS PUBLICACIONES Y OBRAS CONSULTADAS

1. AGUIRRE, E., *La geología de la sierra Baya*, en *Anales de la Sociedad científica argentina*, tomo VIII, páginas 34-35, 1879.
2. AGUIRRE, E., *Constitución geológica de la provincia de Buenos Aires. Censo general de la provincia*, 1882.
3. AGUIRRE, E., *Pozos artesianos en la provincia de Buenos Aires*, en *Anales de la Sociedad científica argentina*, tomo XIII, páginas 224-237, 1882.
4. AGUIRRE, E., *La Sierra de la Ventana*, en *Anales de la Sociedad científica argentina*, tomo XXXII, páginas 20-33, 1891.
5. AGUIRRE, E., *Notas geológicas sobre la Sierra de la Tinta*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo V, páginas 333-347, 1897.
6. AMEGHINO, F., *Les formations sédimentaires du crétacé supérieur et du tertiaire de Patagonie*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo XV, páginas 1-568, 1906.
7. BADE, F., *Investigaciones petroquímicas del loess pampeano*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XXV, páginas 213-251, 1921.
8. BEDER, R., *Informe sobre estudios geológico-económicos de la provincia de Catamarca*, en *Boletín del ministerio de Agricultura de la Nación. Dirección general de minas, geología e hidrología*, número 31, serie B, 1922.
9. BEDER, R., *Estudios geológicos de la sierra de Córdoba*, en *Boletín del Ministerio de Agricultura de la Nación, Dirección general de minas, geología e hidrología*, número 33, serie B, 1922.
10. BEMMELN, VAN, *Beitraege zur Keentniss der Verwitterungsproducte der Silikate*, en *Tou-vulkanischen und Lateritboeden; Zeitschr. f. anorg. Chemie*, página 265, 1904.
11. BODENBENDER, G., *La cuenca del río Primero en Córdoba*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XII, 1890.
12. BODENBENDER, G., *La llanura al este de sierra de Córdoba. Contribución a la historia del desarrollo de la llanura pampeana*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XIV, 1894.
13. BODENBENDER, G., *La sierra de Córdoba*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, tomo I, número 2.
14. BODENBENDER, G., *Devono g Godwana en la República Argentina*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XV, páginas 200-252, 1894.
15. BODENBENDER, G., *Contribución al conocimiento de la precordillera de San Juan, de Mendoza y de las sierras centrales de la República Argentina*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XVII, páginas 203-261, 1902.
16. BODENBENDER, G., *Parte meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo VII, número 3, 1912.
17. BODENBENDER, G., *El nevado de Famatina (provincia de La Rioja)*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo XVI, número 1.
18. BONARELLI, G., *La estructura geológica y los yacimientos petrolíferos del distrito minero de Orán (provincia de Salta)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 9.
19. BONARELLI, G., *Las sierras subandinas del Alto Aguaraque y los yacimientos pe-*

tróliferos del distrito minero de Tartagal, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo VIII, número 4.

20. BONARELLI, G., *Tierra del Fuego y sus turberas*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo XII, número 2.

21. BONARELLI, G., *Tercera contribución al conocimiento geológico de las regiones petrolíferas subandinas del norte*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, tomo XV, número 1.

22. BONARELLI, G. Y NÁGERA, J. J., *Informe preliminar sobre un viaje de investigación geológica a las provincias de Corrientes y de Entre Ríos*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 5.

23. BONARELLI, G. Y NÁGERA, J. J., *Observaciones geológicas en las inmediaciones del lago San Martín (territorio de Santa Cruz)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, número 27.

24. BORCHERT, A., *Die Molluskenfauna und das Alter der Pavanastufe; Beitr. z. Geol. u. Pal. v. Sudamar. v. G. Steinmann*, en *N. Jahrb. f. Min., etc.*, Beil. Bd., tomo XIV, páginas 171-245, 1901.

25. BRAVARD, A., *Observaciones geológicas, etc.*, en *Registro estadístico del Estado de Buenos Aires*, 1857.

26. BÜCKING, H., *Sur la structure de scories et terres cuites trouvées dans la serie pampéenne, etc.*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XVII, 1910-1911.

27. BURCKHARDT, C., *Rapport préliminaire sur une expédition géologique dans la région andine, située entre Las Lajas et Curacautin*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo IX, página 197 y siguientes, 1899.

28. BURCKHARDT, C., *Profils géologiques transversaux de la cordillère argentino-chilienne*, en *Anales del Museo de La Plata*, sección Geología y minas, II, 1900.

29. BURCKHARDT, C., *Coupes géologiques de la cordillère entre Las Lajas y Curacautin*, en *Anales del Museo de La Plata*, sección Geología y minas, III, 1900.

30. BURCKHARDT, C., *Le gisement supracrétacique de Roca*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo X, página 207 y siguientes, 1902.

31. BURCKHARDT, C., *Jura und Kreideformation der Cordillere*, *Palaeontografica*, Bd. I, Stuttgart, 1903.

32. BURCKHARDT, C., *Bemerkungen über die russisch-borealen Typen im Oberjura Mexikos und Südamerikas*, en *Centralbl. f. Miner., etc.*, página 477, 1911.

33. BURCKHARDT, C., *Schlusswort zu der Diskussion über die russisch borealen Typen im Oberjura Mexikos und Südamerikas*, en *Centralbl. f. Miner, etc.*, página 171, 1911.

34. BURCKHARDT, C., *La formation pampéenne de Buenos Aires et Santa Fé*, en *Nouvelles recherches, etc.*, *Revista del Museo de La Plata*, tomo XIV, página 146.

35. CANU, F., *Iconographie des Bryozoaires fossiles de l'Argentine*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, serie 3, tomo X, 1909; y tomo XIV, 1911.

36. CLARKE, J. M., *El devoniano de la Argentina occidental (sobre la base de los materiales recogidos por los doctores Bodenbender y Stappenbeck)*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, tomo VIII, número 2.

37. DARWIN, CH., *Geologische Beobachtungen, angestellt während der Reise der «Beagle» in den Jahren, 1832-1836*, 2ª edición, Stuttgart, 1899.

38. DELHAES, G., *Sobre la presencia del rético en la costa patagónica*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 1.

39. DERBY, O. A., *Ueber Spuren einer carbonen Eiszeit in Süd Amerika*, en *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, Bd. II, páginas 172-176.

40. DOELLO-JURADO, M., *Nota preliminar sobre Braquiópodos fósiles de la Argentina referidos al género Bouchardia y sobre la posición del horizonte salamanqueano*, en *Ana-*

- les de la Sociedad científica argentina, tomo XCV, página 197, Buenos Aires, 1922.
41. DOERING, A., *Expedición al río Negro*, entrega III, Geología, Buenos Aires, 1882.
 42. DOERING, A., *Las toscas calcáreas y su aplicación para la fabricación de cemento y cales hidráulicas*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XII, 1890.
 43. DOERING, A., *La formación pampeana de Córdoba*, en *Nouvelles recherches, etc.*, páginas 172-190, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XIV, 1907.
 44. FELSCH, *Informe sobre el reconocimiento geológico de los alrededores de Punta Arenas y de la parte nordeste de Tierra del Fuego, etc.*, Santiago de Chile, 1913.
 45. FELSCH, *Reconocimiento geológico de los terrenos petrolíferos de Magallanes del sur*, en *Boletín de la Sociedad nacional de minería*, Santiago de Chile, mayo-junio, 1910.
 46. FRENGUELLI, J., *Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXIV, página 140, 1920.
 47. FRENGUELLI, J., *Notas preliminares sobre la constitución geológica del subsuelo en la cuenca de Córdoba*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXIII, página 203, 1918.
 48. FRENGUELLI, J., *Excursión en los alrededores de Esperanza (provincia de Santa Fe)*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXIV, página 207, 1920.
 49. FRENGUELLI, J., *Los terrenos de la costa atlántica en los alrededores de Miramar*, tomo XXIV, página 357, 1920.
 50. FRENGUELLI, J., *Algunos datos sobre la falla del río Paraná y la estructura de sus labios*, en *Revista de la Universidad de Buenos Aires*, tomos XLIX y L, página 189 y siguientes, 1922.
 51. FRITZSCHE, H., *Eine Fauna aus Schichten der Kreide-Tertiärgrenze in der argentinischen Cordillere des suedlichen Mendoza*, en *Centralblatt f. Min., etc.*, números 23 y 24, 1919.
 52. GERTH, E., *Constitución geológica, hidrología y minerales de aplicación de la provincia de San Luis*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, tomo X, número 2.
 53. GROEBER, P., *Edad y extensión de las estructuras de la cordillera entre San Juan y Nahuel-Huapi*, en *Physis*, tomo IV, número 17, Buenos Aires, 1918.
 54. GROEBER, P., *Mutación del divortium aquarum del norte del Neuquén en el plioceno superior*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie F, número 1.
 55. GROEBER, P., *Algunas observaciones referentes a la estratigrafía y tectónica del jurásico al sur del río Agrio (territorio del Neuquén)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, número 4.
 56. HATCHER, J. B., *Geology of Southern Patagonia*, en *Amer. Jour. of Science*, 4th serie, volumen IV, 1897.
 57. HATCHER, J. B., *Sedimentary rocks of Southern Patagonia*, en *Amer. Jour. of Science*, volumen IX, 1900.
 58. HATCHER, J. B., *Narrative and Geography*, vol. I, *Reports Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896-1899*; Princeton N. J. y Stuttgart, 1903.
 59. HAUSEN, J., *Contribución al estudio de la petrografía del territorio nacional de Misiones*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 21.
 60. HEUSSER J. CH. UND CLARAZ, G., *Beitraege zur geognostischen und physikalischen*

chen Kenntniss der Provinz Buenos Aires, en *Denkschr. d. schweizer. Naturforsch. Gesellsch.*, Bd. XXI, 1864.

61. HYADES, J., *Mission scientifique du Cap Horne*, 1882-1883, tomo IV, Géologie, París, 1887.

62. IHKRING H., VON, *Les mollusques fossiles du tertiaire et du crétacé supérieur de l'Argentine*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo VII, serie 3ª, 1907.

63. KANTOR, M., *Monte Hermoso en relación con el origen del limo y loess pampeano*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XXVI, páginas 281-332, 1922.

64. KEIDEL, H., *Ueber die Geologie einzelner Teile der argentinischen Anden*, en *Sitz. Ber. K. K. Akad. Wissensch. Math. Naturw. Classe*, Bd. CXVII, sección I, 1908.

65. KEIDEL, H., *Die neueren Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen in Argentinien*, en *Compte-Rendu du XI Congrès Géol. Internat.*, 2me. Fasc., páginas 1127-1141.

66. KEIDEL, H., *Caracteres geológicos de la provincia de Salta, en relación con la hidrología subterránea*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, sección F, número 4.

67. KEIDEL, H., *Sobre la influencia de los cambios climáticos cuaternarios en el relieve de la región seca de los Andes centrales y septentrionales de la Argentina*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, número 5.

68. KEIDEL, H., *Composición y estructura geológica del Cajón del Cadillal*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minería, tomo VIII, número 3.

69. KEIDEL, H., *La geología de las sierras de la provincia de Buenos Aires y sus relaciones con las montañas de Sud África y los Andes*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minería, tomo XI, número 3, 1916.

70. KEIDEL, H., *Observaciones geológicas en la precordillera de San Juan y Mendoza*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minería, tomo XV, número 2, 1921.

71. KEIDEL, H., *Ueber das patagonische Tafelland, das patagonische Geröll und ihre Beziehungen zu den geologischen Erscheinungen im argentinischen Andengebiet und Litoral*, en *Zeitschr. Deutsch. Wissenschaftl. Ver. Buenos Aires, Jahrg.*, 1917, H, 5 y 6; 1918, H, 1 y 3 (no está terminado).

72. KEIDEL, H., *Sobre la distribución de los depósitos glaciares del pérmico conocidos en la Argentina y su significación para la estratigrafía de la serie gondwana y la paleogeografía del hemisferio central*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXV, página 239 y siguientes, 1922.

73. KEILHACK, K., *Das Raetsel der Loessbildung*, en *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. Monatsber.*, Bd. 72, números 6 y 7, Berlín, 1920.

74. LEHMANN-NITSCHÉ, R., *Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XIV, 1907.

75. MEIGEN W. UND WERLING, P., *Ueber den Loess der Pampas-Formation Argentinien*, en *Ber. d. Naturf. Gesellsch. zu Freib. i Br.*, Bd. XXI, 1915.

76. MERCERAT, A., *Contribución a la geología de la Patagonia*, en *Anales de la Sociedad científica argentina*, tomo XXXVI, páginas 65-103, 1893.

77. MERCERAT, A., *Un viaje de exploración en la Patagonia Austral*, en *Boletín del Instituto geográfico argentino*, tomo XIV, páginas 266-294, 1893.

78. MERCERAT, A., *Essai de classification des terrains sédimentaires du versant oriental de la Patagonia Austral*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo V, páginas 105-130, 1896.

79. MERCERAT, A., *Nuevos datos geológicos referentes a la Patagonia Austral*, en *Boletín del Instituto geográfico argentino*, tomo XVII, 1896.
80. MERCERAT, A., *Coupes géologiques de la Patagonia Australe*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo V, páginas 309-319, 1897.
81. MERCERAT, A., *Las formaciones colíticas de la República Argentina. Indicaciones preliminares; estudios*, tomo XII, Buenos Aires, 1917.
82. MERCERAT, A., *Los problemas de la evolución de los mamíferos fósiles y actuales de la República Argentina. Indicaciones preliminares; estudios*, tomo XIII, 1917.
83. NÁGERA, J. J., *Nota geológica sobre el cerro San Agustín, Balcarce, provincia de Buenos Aires*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 22.
84. NÁGERA, J. J., *La sierra Baya*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo XIV, número 1.
85. NORDENSKIÖLD, O., *Ueber die posttetiären Ablagerungen der Magellanslaender*, en *Svenska Expedition till Magellansl.*, Bd. 1, número 2, página 14, 1897.
86. NORDENSKIÖLD, O., *Explanatory notes to accompany the Geological Map of the Magellan Territories*, Bd. I, número 3, página 81, 1898.
87. NORDENSKIÖLD, O., *Die krystallinischen Gesteine der Magellanslaender*, Bd. I, número 6, 1905.
88. ORBIGNY, A. D', *Voyage dans l'Amérique Méridionale*, tomo III, 3me. parte, Géologie, París, 1842.
89. OUTES, F., HERRERO DUCLOUX, E., Y BÜCKING, H., *Estudios de las supuestas escorias y tierras cocidas de la serie pampeana de la República Argentina*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XV, 1908.
90. PASTORE, F., *Estudio geológico y petrográfico de la sierra del Morro*, en *Anales del Ministerio de agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo XI, número 2.
91. QUENSEL, P. D., *Geologisch-petrographische Studien in der patagonischen Cordillere*, en *Bull. Geol. Inst. Upsala*, volumen XI, páginas 1-114, 1911.
92. RASSMUSS, J., *Rasgos geológicos generales de las sierras pampeanas*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 13.
93. RASSMUSS, J., *Investigaciones de la estructura tectónica de la cuenca imbrífera del río de La Rioja, etc.*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 17.
94. RASSMUSS, J., *Geología de los yacimientos de carbón en la República Argentina*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 23.
95. RASSMUSS, J., *Apuntes geológicos sobre los hallazgos de carbón al sur del lago Nahuel-Huapi*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 28.
96. RASSMUSS, J., *La cuenca de Marayes*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 32.
97. RASSMUSS, J., *Observaciones geológicas en Salta*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie F, números 2 y 4.
98. RASSMUSS, J., *El perfil de la perforación de Capiazuti, en la región petrolífera de Tartagal (provincia de Salta)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie F, número 5.
99. RICHTHOFEN, F. VON, *Führer für Forschungsreisende*, Berlín, 1886.
100. RIMÁN, E., *Estudio geológico de la sierra Chica, entre Ongamira y Dolores*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias de Córdoba*, tomo XXIII, páginas 129-202, 1918.
101. ROTH, S., *Investigaciones geológicas en la llanura pampeana*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XXV, página 135, 1921.

102. ROTH, S., *Investigaciones geológicas en la región norte de la Patagonia, durante los años 1897-1899*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XXVI, páginas 333-392, 1922.
103. ROVERETO, C., *Studi di Geomorfologia Argentina*, *Boll. Soc. Geol. Ital.*, volumen XXXI, página 181, 1912; *ibidem*, volumen XXXIII, página 107, 1914.
104. ROVERETO, C., *Los estratos araucanos y sus fósiles*, en *Anales del Museo nacional de historia natural de Buenos Aires*, tomo XXV, páginas 1-249, 1914.
105. SCHILLER, W., *La alta cordillera de San Juan y Mendoza y parte de la provincia de San Juan*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo VII, número 5, 1912.
106. SCHMIEDER, O., *Apuntes geomorfológicos de la sierra Grande de Córdoba*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias de Córdoba*, tomo XXV, 1921.
107. SOBRAL, J. M., *Estudio petrográfico de algunas rocas argentinas*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo XIII, número 2.
108. STAPPENBECK, R., *La precordillera de San Juan y Mendoza*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo IV, número 3.
109. STAPPENBECK, R., *El agua subterránea al pie de la cordillera mendocina y sanjuanina*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo VIII, número 5.
110. STAPPENBECK, R., *Geología de la falda oriental de la cordillera del Plata (provincia de Mendoza)*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo XII, número 1.
111. STAPPENBECK, R., *Estudios geológicos e hidrológicos en la zona subandina de las provincias de Salta y Tucumán*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo XIV, número 5.
112. STEINMANN, G., *Ueber diluvium*, en *Zitschr. d. Deutsch. Geol. Gesch. Monatsb.*, páginas 215-229, 1906.
113. STEINMANN, G., *Das Alter der Schieferformation im Feuerlande*, en *Centralblatt f. Min., etc.*, páginas 193-194, 1908.
114. STEINMANN, G., *Gebirgsbildung und Massengesteine in der Cordillere Südamerikas*, *Geol., Rund.* I, páginas 18-35, 1910.
115. STEINMANN, G. UND HOEK, *Das Silur und Cambrium des Hochlandes von Bolivien und ihre Fauna*, en *N. Jahrb. f. Min., etc.*, Beil., Bd. XXXIV, páginas 176-252, 1912.
116. STELZNER, A., *Beitraege zur Geologie und Palaeontologie der Argentinischen Republik*, I, *Geologischer Theil*, Cussel U, Berlin, 1885.
117. STIEGLITZ, O., *Contribución a la petrografía de la precordillera y del Pie de Palo*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, sección B, número 10.
118. WALTHER, K., *Sobre la edad y el carácter geológico de la formación pampeana en el Uruguay*, en *Publicación del Instituto nacional de agronomía*, sección Mineralogía, etc., Montevideo, 1915.
119. WEHRLI, L., *Rapport préliminaire sur mon expedition géologique dans la Cordillere argentino-chilienne du 40° et 41° lat. sud (région du Nahuel-Huapi)*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo IX, página 221 y siguientes, 1899.
120. WICHMANN, R., *Geología e hidrología de Bahía Blanca y sus alrededores (provincia de Buenos Aires)*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo XIII, número 1.
121. WICHMANN, R., *Estudios geológicos e hidrológicos de la región comprendida entre la boca del río Negro, San Antonio y Choel-Choel*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, número 3.

122. WICHMANN, R., *Contribución a la geología de la región comprendida entre el río Negro y arroyo Valcheta*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, número 4.
123. WICHMANN, R., *Investigaciones hidrogeológicas en puerto Descado y sus alrededores (territorio nacional de Santa Cruz)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 20.
124. WICHMANN, R., *Estudio geológico de la zona de reserva de la explotación nacional de petróleo en Comodoro Rivadavia (territorio nacional del Chubut)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 25.
125. WICHMANN, R., *Observaciones geológicas en el gran bajo de San Julián y sus alrededores (territorio nacional de Santa Cruz)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 30.
126. WILCKENS, O., *Die Meeresablagerungen der Kreide- und Tertiärformation in Patagonien*, en *N. Jahrb. f. Mineral., etc.*, Beil., Bd. XXI, Stuttgart, 1905.
127. WINDHAUSEN, A., *Los yacimientos petrolíferos de la zona andina (provincia de Mendoza y territorio nacional del Neuquén)*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 15.
128. WINDHAUSEN, A., *Informe sobre un reconocimiento geológico en la parte noreste del territorio del Chubut, con referencia especial a la cuestión de la provisión de agua de Puerto Madryn, con un estudio petrográfico de algunas rocas del doctor Roberto Beder*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 24.
129. WINDHAUSEN, A., *Estudios geológicos en el valle superior del río Negro*, en *Boletín de la Dirección general de minas, geología e hidrología*, serie B, número 29.
130. WINDHAUSEN, A., *Contribución al conocimiento geológico de los territorios de Río Negro y Neuquén, con un estudio de la región petrolífera de la parte central de Neuquén*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación*, sección Geología, mineralogía y minas, tomo X, número 1.
131. WINDHAUSEN, A., *The problem of the Cretaceous Tertiary Boundary in South America and the stratigraphic position of the San Jorge Formation in Patagonia*, en *Amer. Jour. of Science*, 4th serie, volumen XLIV, 1918.
132. WINDHAUSEN, A., *Rasgos de la historia geológica de la planicie costanera en la Patagonia septentrional*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXIII, páginas 319-364, 1918.
133. WINDHAUSEN, A., *Ensayo de una clasificación de los elementos de estructura en el subsuelo de la Patagonia y su significado para la historia geológica del continente*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXV, páginas 125-139, 1921.
134. WINDHAUSEN, A., *Ein Blick auf Schichtenfolge und Gebirgsbau im südlichen Patagonien*, en *Geol. Rund.*, Bd. XII, página 109 y siguientes, 1921.
135. WINDHAUSEN, A., *Líneas generales de la constitución geológica de la región situada al oeste del golfo de San Jorge*, en *Boletín de la Academia nacional de ciencias en Córdoba*, tomo XXVII, páginas 167-320, 1924.
136. WITTE, L., *Estudios geológicos de la región de San Blas*, en *Publicación de la Dirección de geología y minas, Ministerio de Obras públicas de la provincia de Buenos Aires*, La Plata, 1916.