

MONTE HERMOSO

EN RELACIÓN CON EL ORIGEN DEL LIMO Y LOESS PAMPEANO

POR EL INGENIERO MOISÉS KANTOR

Jefe de los departamentos de geología y mineralogía del Museo de La Plata

Consideraciones generales

Carlos Darwin es el primer explorador que describe la barranca de Monte Hermoso. Él distingue cuatro capas diferentes, que a simple vista aparecen horizontales, pero que en realidad resultan algo más gruesas en la dirección NO. El corte, según Darwin, es de una altura de 100 pies aproximadamente, correspondiendo a la capa superior un espesor de unos 20 pies, la que describe como una arenisca blanda, entrecruzada, que contiene muchos rodados de cuarzo y pasa en la superficie a ser arena suelta. La segunda capa, tan sólo de un espesor de seis pulgadas, se señala como arenisca de color obscuro. La tercera capa es el limo pampeano de color claro y la cuarta es de la misma composición, pero de color más obscuro, y contiene en su parte superior capas horizontales de concreciones rojizas y no muy compactas de rocas de tosca.

Darwin menciona que el fondo marino se compone de tosca y limo pampeano rojizo hasta una distancia de varias millas de la costa y una profundidad de 20 a 30 metros ¹.

Florentino Ameghino estuvo por primera vez en Monte Hermoso en 1887. En su descripción no da un perfil completo de la barranca. Refiriéndose a los fósiles, alude a su extremada riqueza diciendo: «La barranca de Monte Hermoso, compuesta de estratos de arena y arcilla formando masas compactas y duras como piedra, coronadas por capas de areniscas y cenizas volcánicas, está atestada de fósiles. En todas partes se ven asomar puntas de huesos: aquí una mandíbula,

¹ 22, página 119.

allí un cráneo, más allá una pierna, por otro lado un caparazón monstruo; uno camina de sorpresa en sorpresa ¹. »

Unos veinte años más tarde relata en *Las formaciones sedimentarias de la región litoral*, tratando de Monte Hermoso: «El aspecto de la barranca no sólo es muy variable en pequeñas distancias, sino que varía también rápidamente en el transcurso del tiempo ². »

Ameghino indica en este trabajo que la denominación de loess que se da a la roca del hermosense es falsa: «el hermosense consta principalmente de arena fina endurecida y no comprendo cómo algunos autores pueden calificar el depósito con el nombre de loess, con el cual no tiene en realidad ningún parecido. En algunos puntos el elemento arenoso es tan predominante que puede considerarse la masa como verdadera arenisca.

Según Bravard ³, las capas del hermosense se elevan hasta una altura de 19 metros y están cubiertas por 17 metros de arena estratificada, pero a solo 200 metros de distancia, el hermosense apenas se eleva a 7 metros, cubierto por unos 2 metros de arena y guijarros estratificados, cubiertos a su vez por arena movediza de los médanos actuales con un espesor de 24 metros.

Florentino Ameghino describe Monte Hermoso, por última vez, en el año 1910: «Encontré las barrancas de esta localidad modificadas en una forma muy distinta de como yo las había conocido. Las capas de arenas y areniscas estratificadas que descansan encima del hermosense y constituyen el piso puelchense, antes visibles en un pequeño trecho de sólo unos 40 metros, ahora aparecen a lo largo de la barranca en una extensión de varios cientos de metros y en mayor espesor. En la parte superior de esta formación de arenas estratificadas descubrí una capa de unos 40 centímetros de espesor que contiene un considerable número de fragmentos de cuarcita de formas variadísimas e irregulares, todos o casi todos angulosos y cortantes, de los cuales, dada la premura del tiempo, sólo pude recoger una pequeña serie ⁴. »

Bailey Willis, en 1912, da un perfil completo de la barranca de Monte Hermoso, con la indicación detallada del espesor de las capas diferentes.

Él distingue: limo loésico o arenisca loésica, una tierra pardo rojiza de 1-1^m50 de espesor, tosca, localmente desarrollada en unas láminas irregulares; limo loésico de color amarillo-pardo de 2^m50 a 3

¹ 1, página 4.

² 2, página 414.

³ 2, página 413. Cito según Ameghino. En las obras de Bravard no se encuentra esta indicación.

⁴ 3, páginas 1-5.

metros de espesor, arena estratificada, ceniza volcánica (20-40 cm.) y arena de médanos de formación reciente ¹.

La última descripción de Monte Hermoso, anterior a la nuestra, la encontramos en Wichmann ²: « Las capas tienen aquí (en Monte Hermoso), en la barranca de la costa del mar, un espesor de cerca de 10 metros sobre el nivel de la playa y constan de arcilla pampeana firme, compacta y sin estratificación, que en su parte inferior es de color rojo y en su parte superior amarillento. Es muy rica en cal, y, según sus componentes, casi se la podría clasificar como toba ³. En la mitad inferior del complejo se encuentran pequeños tubérculos y masas mayores irregularmente formadas de una tosca dura y blanca hasta rosada.

Las capas presentan una bóveda suave que, aproximadamente en dirección NO-SE, está cortada por el mar en más de un kilómetro de extensión. Sobre la arcilla pampeana descansa una capa de arena de unos 8 metros de espesor que en parte se ha consolidado en arena más dura, llamando la atención por la estructura entrecruzada. En el borde oriental de la localidad encontré también en arena suelta que estaba más o menos a la misma altura, pero no en la típica arenisca con la estructura entrecruzada, algunos fragmentos de rodados de canto agudo con concoides de percusión, como lo menciona Ameghino, que lo considera como eolitos. Según su edad, estas capas de arena dícese pertenecer al puelchense, de modo que aquí faltaría el chapalmalense. Estas arenas están cubiertas por recientes formaciones de dunas. »

Observaciones en el terreno

He seguido un itinerario distinto de mis antecesores, debido al permiso obtenido de las autoridades navales para viajar en el tren militar hasta Las Baterías, que quedan a mitad de camino de Monte Hermoso. El resto del camino, unas cuatro leguas, lo seguí por la playa.

La costa del mar, desde Bahía Blanca hasta Monte Hermoso, está cubierta de médanos, en parte compuestos de arena movediza, que aumentan en altura en la dirección SE. La monotonía del paisaje entre Bahía Blanca y el faro Recalada, en una distancia de 15 leguas, es interrumpida tan sólo por la barranca de Monte Hermoso.

Un trípode de 56 metros sobre el nivel del mar, colocado encima del médano que cubre la barranca de Monte Hermoso, permite distinguirla a distancia. Los médanos vivos (de arena movediza) forman una faja de

¹ 29, página 362.

² 53, página 16.

³ De acuerdo con el estudio microscópico hecho por Bücking, véase 19, página 82.

uno o dos kilómetros de ancho, pasando paulatinamente a médanos fijos por la vegetación; tienen un rumbo, donde los pude observar, NO-SE y son de color amarillo, amarillo gris. Es sorprendente con qué facilidad se dejan fijar por la plantación de árboles (álamos y otros). El Puerto Militar, en un terreno medanoso, está transformado en un jardín, lo mismo que el faro Recalada y algunas estancias de particulares. En cuanto a la composición de la arena de los médanos, su-



Fig. 1. — Monte Hermoso. Bloques de limo separados por hendeduras en dirección SE-NO

pongo que poco o nada varía de la de Mar del Plata : se distingue en la misma, a simple vista, y mejor con el lente: cuarzo, feldespatos, magnetita, y granos de diferentes colores : amarillos, rojizos, negros, que yo considero como pórfidos cuarcíferos, habiendo dado una explicación de su origen en un trabajo anterior ¹.

Las lentas corrientes de marea con una dirección general S-N transportan material patagónico en forma de rodados, los que se encuentran junto con las rocas de la sierra de la Ventana arrojados en la playa;

¹ 32, página 19.

el material más fino de estos rodados se mezcla con los productos aportados por los ríos, con numerosas conchillas, etc., formando el sedimento marino de la plataforma continental y, arrojado a la playa y transportado por el viento, los médanos de la costa marítima.

La barranca de Monte Hermoso (se trata en realidad de dos barrancas, como explicaré más adelante) corre en la dirección SE-NO, teniendo una altura variable y está cubierta por médanos. La altura de los médanos sobre el nivel del mar llega hasta unos 30 metros, siendo



Fig. 2. — Monte Hermoso

de importancia para el estudio estratigráfico tan sólo la barranca misma, que en toda su longitud, que es de 1700 metros, no alcanza una altura mayor de 12 metros.

La barranca está sometida al trabajo de la erosión marina (abrasión): durante la marea alta las olas la alcanzan hasta una altura de 4 metros. El trabajo de erosión está facilitado aquí por hendiduras en dirección SE-NO que atraviesan el limo inferior y junturas que van paralelamente a la estratificación. El mar se introduce por estas hendiduras, separando a veces bloques enormes, como lo ilustra la fotografía número 1.

Las paredes de la barranca están cubiertas hasta cierta altura por una delgada capa de sal, que proviene de la evaporación del agua de mar que penetra en la roca.

Un proceso análogo de invasión y retroceso del mar en bajos que después quedan separados del mismo, dió origen a la formación de las salitreras, abundantes en la región de Bahía Blanca.

Es interesante observar cómo millares de insectos (coleópteros y otros) excavan sus nidos en la barranca, dejando como perforada la

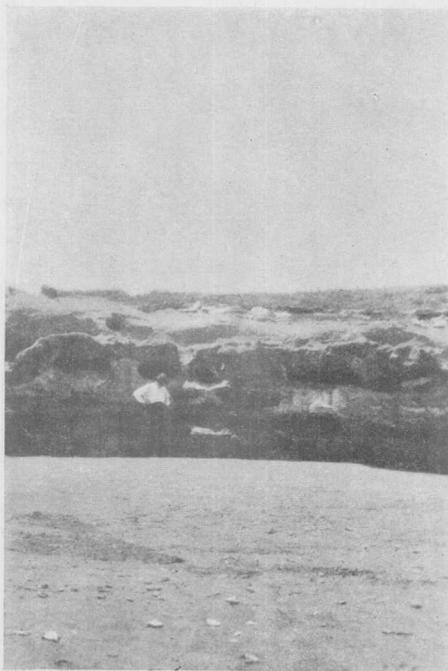


Fig. 3. — Monte Hermoso, con la capa delgada de ceniza volcánica

roca. También digno de mención es que en el limo inferior, que se extiende centenares de metros bajo las aguas del mar durante la marea baja, aparecen adheridos numerosos *balanus* e incrustados millares de ejemplares de *mytilus sp.*

En la barranca se distinguen con toda claridad cinco capas distintas. La relación de las capas es la siguiente: La roca de la capa inferior está compuesta de un limo arcillo-arenoso. Su color pardo no es característico. Ya al observar las muestras algo desecadas se nota un tránsito del color pardo al color rojizo.

La roca es de un grano sumamente fino y es difícil distinguir sus componentes macroscópicamente.

Sólo en esta capa se encuentra *tosca*, en forma de concreciones nodulares que siguen con interrupción en toda la parte inferior de la barranca, pero casi en un mismo horizonte. La *tosca* es de color amarillo, no muy dura, casi siempre con pintas dendríticas, lo que significa la infiltración de soluciones con hidrato ferroso y manganeso.

El espesor del limo inferior es variable, de pocos centímetros hasta 4 metros. Entre el limo inferior y el superior hay una marcada discordancia.

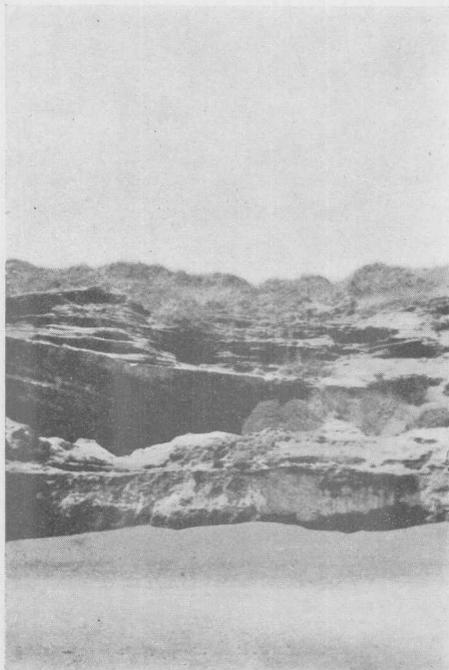


Fig. 4. — Monte Hermoso

El limo inferior continúa hasta unos 12 kilómetros en dirección SE, lo que se puede observar durante la baja marea.

Encontré fósiles de vertebrados muy escasos, procedentes de esta capa. El limo superior es de color amarillo, que varía hasta amarillo grisáceo y gris. Su espesor es de pocos centímetros hasta 4 metros como máximo; aumenta el espesor en dirección SE, mientras que con la misma dirección disminuye el del limo inferior. En esta capa se encuentran restos de fósiles vertebrados en mayor abundancia que en la anterior.

La arena aparece recién a una distancia de unos 700 metros del extremo NO de la barranca, presenta una estratificación entrecruzada, es poco consistente y se compone de granos que a simple vista y con

ayuda del lente en nada se distinguen de la arena de los médanos recientes. Su espesor varía, pero no supera 4 metros.

Interpuesta en la arena entrecruzada se observa una capa horizontal, muy delgada, de pocos milímetros hasta 20 centímetros de espesor, que llama mucho la atención. Es de color gris hasta blanco, áspera al tacto, muy liviana, lo que hace suponer que contiene como componente *ceniza volcánica*. Esta capa se presenta con interrupciones y en muchas partes se da a conocer por fragmentos desprendidos debido a la intemperie (véase fig. 3).



Fig. 5. — Monte Hermoso. En el plano inferior canales en el limo, visibles durante la marea baja

Por fin, la arena de los médanos, de grano bastante grueso, en la que se distinguen: cuarzo, feldespatos, magnetita y pórfido cuarcífero, cubre la barranca en un espesor diferente, faltando por completo en el extremo NO de la misma, donde se ha formado una terraza de unos 12 metros de ancho encima del limo amarillo, que está cubierta por rodados de distintos tamaños y de forma variada que difieren, por lo menos en parte, de los que están en la orilla del mar: así, faltan por completo los rodados patagónicos que de vez en cuando se presentan en la costa, lo mismo que la tosca amarilla. La barranca que fué objeto de todos los estudios anteriores termina no lejos del trípode, donde la

costa da una vuelta brusca, desapareciendo la barranca por completo, pero al continuar el viaje en dirección SE hacia el faro Recalada se ve en una distancia de solo 2 kilómetros, otra barranca de 1 kilómetro de largo aproximadamente. Es de menor altura, el limo inferior es de poco espesor, le siguen: el limo superior, arenisca y ceniza volcánica, pero en la base de la arena de los médanos hay numerosos rodados, incluidos en la arena, que presentan el mismo carácter que los rodados

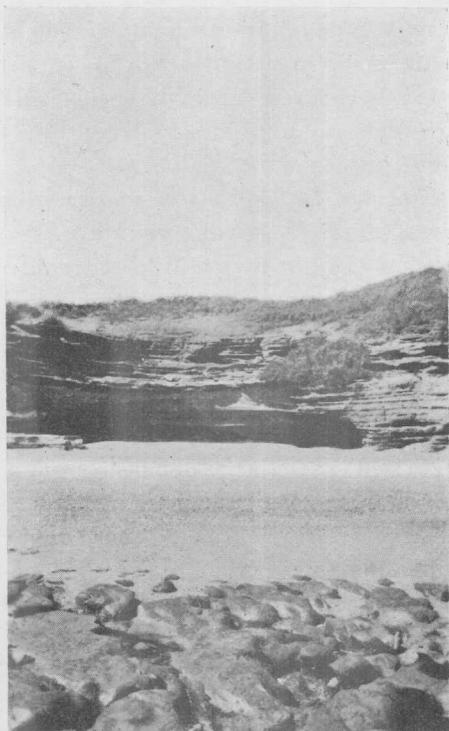


Fig. 6. — Monte Hermoso. Análogo a figura 5

arriba mencionados. Se trata, según toda evidencia, de una formación fluvial y reciente. Mucho llama la atención que una cantidad de los rodados mencionados sean quebrados, rajados, y tengan formas como si fuesen intencionalmente elaborados por el hombre.

Por el cambio de temperatura diurna y nocturna se producen en las rocas tensiones que, al disolverse; ocasionan su quebrantamiento, dando origen a la formación de fragmentos muy variados, con fracturas frescas, como si fuesen producidas intencionalmente.

En cuanto a los fósiles encontrados en Monte Hermoso, hay que dividirlos, de acuerdo con nuestras observaciones, en cuatro grupos:

- a) Los fósiles de la capa del limo inferior;

b) Los fósiles de la capa del limo superior;
c) Los fósiles que se encuentran sueltos encima de la terraza que forma la barranca;

d) Los fósiles que se coleccionan en los canales del limo inferior que se prolonga bajo el mar y quedan descubiertos durante la marea baja ¹. Valor realmente científico tienen únicamente las colecciones *a* y *b*; los fósiles *c* siempre se pueden considerar como procedentes de la barranca, pero en cuanto a los fósiles *d* no hay ninguna seguridad si son de la barranca o proceden de algún otro sitio, siendo muy probable que procedan en parte del sur y arrastrados por las corrientes de marea en la dirección paralela a la costa se apresan en los canales formados por el limo inferior. Los huesos que aquí se encuentran son rodados y pulidos por el trabajo de las olas.

En cuanto a la cantidad de fósiles que se presentan puede decirse que aumenta en razón inversa a su valor científico.

En las capas del limo inferior y superior se encuentran sólo pequeños fragmentos; encima de la barranca algunos huesos más grandes y durante la marea baja en los canales del limo inferior huesos fósiles completos.

De los fósiles por mí coleccionados tiene importancia, según el doctor Santiago Roth, el hallazgo en el limo amarillo de una mandíbula de *Typrotherium*, que él determina como *Typrotherium moendum* (?) Amegh.

Me dijo al respecto: « Este hallazgo demuestra que Carlos Ameghino tiene razón en sostener que el loess amarillento, parecido al neopampeano que se encuentra directamente en discordancia encima del loess inferior, corresponde todavía al horizonte eopampeano o sea montehermosense, porque el género *Typrotherium* ha desaparecido antes de la sedimentación del horizonte neopampeano y los géneros que se encuentran en el mesopampeano son de una estatura mayor. »

Rocas de Monte Hermoso

1° *Limo rojizo* compacto, bastante resistente, sin estructura porosa. En una masa isótropa se ven pequeños granos de cuarzo, plagioclasa, vidrio, biotita y magnetita.

Predomina plagioclasa. Bücking ² señala en la roca de Monte Hermoso, además de plagioclasa: cuarzo, sanidina, augita y hornblenda, pequeños rodados de andesita hasta el tamaño de tres cuartos de milímetro ³ y su-

¹ Véase figuras 5 y 6, la parte inferior.

² 19, página 82.

³ Se trata, probablemente, de un error de imprenta: debería leerse $\frac{3}{10}$ milímetros. La microfotografía agregada al trabajo de Bücking (19 entre pág. 84 y 85), confirma nuestra suposición.

pone que la roca pertenece, por su composición, a una *toba andesítica*.

2° *Tosca*, forma concreciones en el limo rojizo, de color rojizo amarillento, arcillosa, con pintas dendríticas, de poca dureza; contiene granos de calcita y granos que componen el limo rojizo.

3° *Limo amarillo pardusco*, de grano fino, sin la estructura típica eólica, arenoso. Microscópicamente muestra la presencia de plagioclasa, cuarzo y vidrio. Accesoriamente: hornblenda, piroxeno, apatita y magnetita. Mucho material criptocristalino. En una concentración de esta roca Wright y Fenner ¹ encontraron los siguientes minerales: plagioclasa de distintas composiciones, cuarzo, piroxeno, hornblenda, biotita, apatita, zircón, magnetita, espinela (o granate) y epidota; también consideran posible la presencia de olivino y monazita y de algunos otros minerales que no han podido ser identificados.

4° *Areniscas* con estratificación entrecruzada, contienen numerosos granos de diferente color (blanco, gris, rojo, pardo y negro), de diámetro de 1 milímetro a 1 centímetro, son mayormente redondos.

Los granos arenosos consisten en plagioclasa y cuarzo, coloreados por óxido de hierro. En menor cantidad piroxeno, magnetita, espinela. En notable cantidad vidrio volcánico. Algunos rodados tienen la composición de calcedonia con su típica estructura fibrosa. Algunos granos contienen tanto óxido de hierro que aparecen opacos.

5° *Ceniza volcánica*, blanca, blanco-grísacea, microscópicamente casi por entero compuesta de vidrio volcánico. De este material tenemos un análisis químico hecho por Federico Bade ².

	Ceniza volcánica de Monte Hermoso	Substancia seca
SiO ₂	66.04 %	70.07 %
Fe ₂ O ₃	2.18	2.31
Al ₂ O ₃	13.09	13.89
CaO	0.71	0.75
MgO	0.55	0.58
Na ₂ O y K ₂ O	6.57	6.97
Mn ₂ O ₃	0.17	0.19
H ₂ O a 120°	5.75	»
Pérdida al rojo	4.94	5.23

Por su composición, la ceniza volcánica se parece a una piedra pómez liparítica, cuyo análisis damos a continuación ³:

¹ 54, página 83.

² 44, página 228.

³ 42, página 273.

SiO ₂	70.87 %	
Al ₂ O ₃	13.86	
Fe ₂ O ₃	2.42	
MgO.....	0.40	
CaO.....	1.30	
Na ₂ O.....	1.26	} 6.99
K ₂ O.....	5.73	
Pérdida al rojo.....	3.82	

Como las cenizas de las liparitas y sus vidrios no se distinguen, por su composición, de la roca compacta, suponemos que se trata de una ceniza liparítica. Como lo demuestra la investigación química de Federico Bade, este material es poco descompuesto: sólo 5,88 por ciento se disuelven en HCl y 0,71 por ciento en H₂SO₄. Esta ceniza volcánica corresponde probablemente a la ceniza α de Döring ¹.

Sobre la diferencia en las distintas observaciones

Darwin indica la altura de Monte Hermoso en unos 30 metros, lo que corresponde a su altura actual con los médanos que cubren la barranca, pero según el perfil que traza, las capas inferiores del limo pampeano tienen un espesor de unos 20 metros. Más tarde, Bravard da como espesor de las mismas 17 metros y Florentino Ameghino indica que el aspecto de la barranca varía en el transcurso del tiempo. El espesor máximo de las capas de limo pampeano que corresponden al hermosense no supera, según mis observaciones, unos 8 metros. Eso coincide, por lo general, con los datos de Bailey Willis y de Wichmann y podemos afirmar que el aspecto de la barranca no ha variado notablemente durante los últimos diez años.

Los datos mencionados más arriba (de Darwin, Bravard y Ameghino) son, sin embargo, insospechables y hay que buscar una explicación a este cambio de aspecto que presentaba la barranca en los distintos períodos de observación. Consideramos que la modificación de la barranca fué producida por la erosión marina. Hemos señalado la importancia que tiene, sobre todo debido a las grietas en dirección SE-NO que atraviesan la barranca y que facilitan su destrucción por medio de las olas. En el tiempo de Darwin el corte de Monte Hermoso se ha presentado en condiciones distintas porque correspondía a rocas hoy destruídas por la erosión. Es posible que las capas de limo desaparezcan debajo de los médanos ya a poca distancia del mar y que en tiempos no muy lejanos la barranca será destruída por completo. Si no coincide la

¹ 23, página 173.

indicación de la altura de las distintas capas de la barranca con la observada actualmente, su relación recíproca, señalada por Darwin, es generalmente la misma que hoy. Efectivamente, las capas tercera y cuarta corresponden a nuestro limo inferior y superior; Darwin no separa la arenisca blanda, entrecruzada, de la arena de los médanos, y en realidad el tránsito de la primera a la última es paulatino. Algo en duda estamos respecto a la tercera capa que Darwin indica de un espesor de seis pulgadas y señala como arenisca oscura, y además, en nuestro perfil figura una capa delgada de ceniza volcánica, interpuesta entre la arena blanda entrecruzada de unos 20 centímetros de espesor, que no está en el perfil de Darwin. En las dos capas de limo pampeano, sobre todo en la capa inferior, Darwin encontró muchos huesos de mamíferos extinguidos, algunos en su posición relativa correspondiente, otros en pequeños fragmentos sobre un corto trayecto. Todos los huesos eran compactos y muy pesados, algunos de ellos coloreados en rojo con superficies pulidas, algunos huesos pequeños eran negros.

La lista de los fósiles de Monte Hermoso fué aumentada por las investigaciones posteriores, sobre todo de Florentino Ameghino. Damos a continuación la nómina completa de los géneros, de acuerdo con un estudio hecho por Rovereto ¹.

MAMMALIA

Protypotherium, *Pachyrucos*, *Tremacyllus*, *Typotherium*, *Pseudotypotherium*, *Xenotherium*, *Toxodon*, *Xotdon*, *Alitoxodon* n. gen., *Trigodon*, *Epi-therium*, *Eoauchenia*, *Diplasiotherium* n. gen., *Promacrauchenia*, *Microtragulus*, *Proatherura*, *Eocastor* n. gen., *Eumysops*, *Tribodon*, *Dicoelophorus*, *Phtoramys*, *Platacomys*, *Pithantomys*, *Viscaccia*, *Tetrastylus*, *Megamys*, *Palaeocavia*, *Microcavia*, *Dolichotis*, *Cavidon*, *Protohydrochoerus* n. gen., *Phugatherium*, *Argirolagus*, *Paradidelphys*, *Hyperdidelphys*, *Cladodidelphys*, *Didelphys*, *Parahyaenodon*, *Acrohyaenodon*, *Pachynasua*, *Amphicyon*, *Rathymotherium*, *Megatherium*, *Chlamydotherium*, *Proeuphractus*, *Dasyppus*, *Eutatus*, *Macroeuphractus*, *Scelidodon*, *Sclerocalyptus*, *Plohophorus*, *Nopachtus*, *Neuryurus*, *Plaxhaplus*, *Notocynus*, *Tetraprothomo* ².

AVES

Heterorhea n. gen., *Tinamisornis* n. gen., *Hermosiornis* n. gen.

¹ 46, páginas 11 y 12.

² Hrdlicka y Marcellin Boule (véase 15, pág. 432), niegan la existencia del *Tetraprothomo*.

REPTILIA-LACERTILIA

Tupinambis.

CHELONIA

Testudo.

BATRACHIA-ECANDATA

Ceratophrys.

Durante los diez días de mi permanencia en Monte Hermoso encontré muy pocos restos fósiles en las condiciones indicadas bajo *a* y *b*; solamente pequeños fragmentos de huesos, de color negro, en condiciones indicadas bajo *c*; fragmentos más grandes y huesos pulidos y rodados en condiciones indicadas bajo *d*.

En un viaje efectuado a Monte Hermoso por el doctor Carette, de una duración todavía mayor (unos 20 días) durante el año 1918, se obtuvo un resultado análogo: los restos fósiles se encontraron en poca cantidad y de pequeño tamaño. Este fenómeno: el empobrecimiento de los hallazgos de fósiles, no es accidental. Darwin encontró en Punta Alta, en un yacimiento de fósiles que ocupaba un espacio de tan sólo 200 metros cuadrados los restos de nueve grandes cuadrúpedos y numerosos huesos sueltos. Junto a esos fósiles Darwin encontró 23 especies de moluscos. Después nunca se encontraron en Punta Alta fósiles vertebrados. Fósiles invertebrados existen en varias partes cerca de Punta Alta, así en el Puerto Militar y en el kilómetro 7 del ferrocarril Buenos Aires-Rosario, donde fueron descubiertos por el ingeniero Arnim Reinmann. Las especies que allí predominan son *Trochus patagonicus*, *Pitar rostratum* Koch, *Mytilus darwinianus*, *Plicatula gibbosa*. Pero no se encontró allí ni un solo resto fósil de vertebrado.

La edad geológica de las capas de Monte Hermoso

Ameghino dió el nombre de hermosense a las capas de limo en Monte Hermoso y el de puelchense a las capas de arena estratificada, considerando que todas esas capas pertenecen al mioceno superior. El error más notable de esta opinión es atribuir a las arenas estratificadas de Monte Hermoso una edad terciaria. Hemos indicado más arriba que Darwin no separa estas capas de los médanos actuales. Efectivamente no hay diferencia entre ellas, y el paso de unas a otras es paulatino. En estas arenas nunca se encontraron fósiles de ningún género. Su edad geo-

lógica es muy poco distante de la reciente. Ameghino da una indicación exacta de que a unos 20 kilómetros más al este de Monte Hermoso, en el punto designado con el nombre de «La playa del Barco», desaparece el hermosense para ser reemplazado por la arena estratificada. También es cierto que se encuentran aquí restos de vertebrados fósiles, pero no cabe la menor duda que estos restos provienen del limo de Monte Hermoso, siendo transportados por las corrientes de marea y arrojados por las olas a la playa.

El error cometido por Ameghino se vuelve doblemente grave cuando declara la piedra quebrada y rajada que se encuentra en estas arenas como productos *de una industria humana del mioceno superior*¹, cuando en realidad la intervención natural de cambios de temperatura diurna y nocturna explica satisfactoriamente su formación.

También Roth considera el hermosense como del mioceno superior. Se basa en la analogía que presentan los fósiles de Monte Hermoso con los restos de mamíferos que están mezclados con los fósiles marinos en las capas de Entre Ríos, y llega a la conclusión de que el loess del horizonte eopampeano forma el equivalente de las facies marina y fluvial de la transgresión enterriense.

«Si se comparan los restos mamíferos que están mezclados con los fósiles marinos en las capas de Entre Ríos, con los que se encuentran en las de Monte Hermoso y la base de las barrancas de Los Lobos, entre Mar del Plata y Miramar y Chasicó, las que forman el horizonte eopampeano, como también con los que se hallan en las capas de areniscas de las sierras de Catamarca y en las nacientes del río Mayo, en Chubut, resulta que todos ellos corresponden a una misma fauna que representa un período de desarrollo. No muestran más diferencia que cualquier otra fauna proveniente de distintas regiones. En conjunto presentan el mismo grado de evolución y en todas estas capas se encuentran numerosos tipos comunes que faltan en los depósitos más antiguos y más modernos. El loess del horizonte eopampeano forma, por consiguiente, el equivalente de las facies marina y fluvial de la transgresión enterriense².

El enterriense, sin embargo, corresponde, según Borchert y Wilkens, al plioceno, pero Roth, basándose en el estudio de los vertebrados, considera el piso paranense, lo mismo que las capas de Monte Hermoso, del mioceno superior.

Roveretó, como Ameghino y Roth, atribuye una enorme importancia a la evolución de la fauna de los vertebrados; dice: «Steinmann y Wilkens declararon que Monte Hermoso es cuaternario, lo cual es un absurdo, pues después de la fauna de Monte Hermoso hay aún ocho

¹ 3, páginas 1-5.

² 44, página 281.

faunas distintas »¹; a pesar de eso Rovereto atribuye el hermosense al plioceno. V. Ihering, el primero que se ocupó del estudio de los moluscos fósiles encontrados en capas marinas de la formación pampeana, llega a la conclusión, no muy segura, de que el pampeano inferior (en el sentido de Ameghino) pertenece al plioceno superior; « es todavía una cuestión abierta, si el pampeano inferior representa la parte superior del plioceno, como parece serlo, según nuestros conocimientos actuales »².

V. Ihering emite la opinión que los moluscos no pueden suministrar informaciones decisivas sobre la distinción de capas del plioceno superior de las del pleistoceno y que debemos guiarnos sobre todo por los mamíferos y sus migraciones para reconocer las formaciones sincrónicas de diversas partes del continente americano.

El hermosense, más antiguo que el pampeano inferior en el sentido de Ameghino, lo consideraba v. Ihering como plioceno inferior.

Tenemos así indicadas para la determinación de la edad geológica de las capas de Monte Hermoso todas las edades geológicas posibles entre el mioceno superior y pleistoceno (mioceno sup., Ameghino y Roth; plioceno inf., Rovereto, v. Ihering; plioceno sup., Steinmann; pleistoceno, Wilkens y otros).

El problema sale de los límites de la determinación de las capas de una pequeña localidad y adquiere una importancia que se extiende a toda la formación pampeana de la República Argentina, que por distintos autores es considerada de diferente edad geológica.

Es imposible armonizar los resultados obtenidos; las diferencias consisten, en último término, en la diversidad de los métodos de investigación que fueron empleados.

El método más adecuado es siempre el estudio de las capas con conchillas fósiles que se encuentran intercaladas en el depósito pampeano en sus pisos superiores. En el hallazgo de Punta Alta, Darwin determinó la edad de la capa donde se encontraban los restos fósiles de los vertebrados y varias especies de conchas, basándose en la relación de las especies de moluscos encontrados con las que viven actualmente, y no en los gigantes cuadrúpedos de los que Darwin sabía que eran *más diferentes de los de la época actual que los más antiguos cuadrúpedos terciarios de Europa*³.

Ameghino y Roth trataban de determinar la edad geológica del depósito pampeano basándose en los fósiles vertebrados; Ameghino tomando en consideración la *evolución* que muestran las faunas com-

¹ 46, página 9.

² 27, página 418.

³ 22, página 154. Véase también DARWIN, *Origen de las especies*, capítulo XI y MATTHEW W. D., *Climate and Evolution*, en *Annals of the New York Academy of Sciences*, volumen XXIV, 1915.

paradas y Roth la proporción de las especies, géneros y familias extinguidas en relación con las vivientes. Contra este método hace una advertencia el mismo autor de la teoría evolucionista.

« Debemos tener sumo cuidado, dice Darwin, al juzgar sobre la antigüedad de una formación de acuerdo con la diferencia, por grande que sea, con las especies vivientes de cualquier clase de animales; hasta debemos cuidarnos en admitir la fórmula general según la cual han de estar necesariamente en correlación el cambio de formas orgánicas y la duración del tiempo ¹. » Si los hallazgos paleontológicos, ulteriores a Darwin, han demostrado, según detallados estudios de los hermanos Ameghino, Roth, Roveretto y otros, la existencia, por lo menos, de tres ciclos de faunas distintas: la santacruceña, la hermosense y la pampeana, cuya evolución, desde la santacruceña hasta la pampeana, queda indiscutible, es siempre insuficiente el solo método paleontológico (basado en los vertebrados) para determinar el orden cronológico de las capas.

El estudio del origen y dirección de las migraciones de los componentes de las faunas en discusión debería, según Scott ² y Matthew ³, últimamente también según v. Ihering ⁴, aportarnos datos nuevos sobre el problema. W. P. Matthew dice al respecto: « Si, como es opinión prácticamente unánime de los autores europeos y norteamericanos, la gran mayoría de los mamíferos terciarios y modernos se originó en el norte, es evidente que la edad geológica de los estadios equivalentes será más reciente en Patagonia que en el mundo boreal. Si, como cree el doctor Ameghino, la Patagonia fué el centro de dispersión de la mayoría de los mamíferos terciarios y modernos, lo recíproco será lo verdadero. En el primer caso la fauna patagónica será más reciente de lo que parece; en el segundo será más antigua. » Matthew llega a la conclusión de que el pampeano medio y superior se derivan con seguridad en gran parte, o tal vez en su totalidad, de Norte América, por una migración no más antigua que el principio de pleistoceno. El pampeano inferior (en el sentido de Roth) puede ser quizá más antiguo.

« Cualquiera otra fuente que no sea Norte América para la fauna invasora implicaría cambios geográficos de un carácter altamente improbable.

« La existencia de un puente terrestre entre África y Sud América al fin del terciario debería suponer evidentemente una comunidad de faunas, la que no existe ⁴. »

Las enormes dificultades que presenta la estratigrafía del depósito

¹ 22, página 156.

² 36, página 466.

³ En *Annals of the New York Academy of Sciences*, volumen XIX, número 7, parte II, 1909.

⁴ 28, página 12.

pampeano y el interés que ofrece su esclarecimiento, obligan a buscar otro método, sino para resolver el problema, por lo menos acercarse a su resolución. Para ese objeto debería investigarse en primer término la roca misma del depósito pampeano, cuyo conocimiento inseguro o incompleto ya se revela en los distintos nombres con que se la bautiza: arcilla pampeana, loess o limo pampeano. Un fundamento indispensable para la estratigrafía, dice Andrée, es el conocimiento de las rocas de las capas discutidas; es su petrografía ¹. Las distintas clasificaciones que se han dado a las rocas sedimentarias demuestran hasta qué grado están distanciados del objeto propuesto en este campo. « Ocupados del contenido paleontológico de las rocas sedimentarias, se han olvidado del recipiente, cuya composición también puede suministrar datos importantes ². » Se puede, dice Andrée, en cierto sentido hablar de roca de guía, como se habla de fósil de guía. Pero una investigación precisa para llegar a conceptos bien claros que podrían servirnos de punto de apoyo en el estudio estratigráfico del depósito pampeano necesita otros métodos y no una simple descripción macroscópica de la roca.

Nuestro objeto será, por lo tanto, ver si el conocimiento de la petrografía y constitución química de la roca pampeana no podrían darnos algunos datos paleogeográficos.

Limo, loess, laterita

En la bibliografía existente sobre el problema discutido no encontramos un criterio único para la designación de la roca que forma el depósito pampeano. No solamente los autores más antiguos emplean términos diferentes (D'Orbigny habla de arcilla pampeana, Darwin de limo, Heussér y Clarz por primera vez introducen el término de loess, habiendo supuesto una semejanza entre la roca pampeana y el loess del Rhin de Alemania), pero también en la actualidad continúa esta diferencia en la nomenclatura (Bodenbender habla de arcilla y limo, Döring de arcilla y loess, Roth de loess, Walter, en el Uruguay, de limo, etc.)

Bodenbender escribe en 1894: « La investigación microscópica y química al objeto de distinguir arcilla, loess arcilloso y loess, no está concluida. Sin embargo, tal distinción bien caracterizada parece ser imposible ³. » La dificultad aumenta hoy día por la necesidad que tenemos de distinguir del limo y del loess, la *laterita* si queremos comprender la naturaleza de la roca pampeana.

¹ 6, página 61.

² 6, página 64.

³ 13, página 18 del tiraje aparte.

El limo, el loess y la laterita tienen sin duda mucho de común; contienen casi los mismos componentes químicos (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , K_2O y Na_2O) hasta cuantitativamente pueden aparecer como formaciones semejantes, por cuanto un análisis de loess puede en poco diferir de un análisis de limo o de la laterita, pero si queremos distinguirlos como formaciones de distinto origen, debemos encontrar una diferencia en la composición mineralógica, sobre todo demostrar que existe un distinto proceso de descomposición para estas formaciones.

No es suficiente distinguir el limo del loess porque el uno está estratificado y el otro no lo es ¹, es necesario encontrar un criterio químico-mineralógico para distinguir uno del otro.

Según Zirkel (*Petrographie*, III, pág. 767) el limo debe considerarse esencialmente como una arcilla mezclada con arena sumamente fina y con carbonato cálcico y coloreado por hidrato férrico. Loess, en cambio, es un acumulado de cuarzo clástico, sumamente fino, con una cantidad de arcilla no muy elevada, con o sin CaCO_3 , de un grano uniforme de un diámetro $0^{\text{mm}}053$ aproximadamente, como término medio.

Las aguas con CO_2 decalcifican el loess, transformándolo en limo.

Los elementos accesorios son, según Zirkel: hojuelas de mica, óxido de hierro, más raro granos de feldespatos.

Como *laterita* designa Zirkel un limo férrico con los restos de las rocas descompuestas, y distingue lateritas *autóctonas (in loco)*, por ejemplo, las del Brasil, de lateritas *alóctonas*, por ejemplo, de la isla de Ceylan. Las definiciones de Rosenbusch son esencialmente las mismas para limo y loess; laterita, en cambio, la califica, de acuerdo con datos más nuevos, como rocas que contienen hidrato de aluminio. En la formación de laterita desaparecen de un modo más o menos completo los álcalis y las tierras alcalinas, quedando una mezcla de arena cuarzosa con hidrargilita $\text{Al}(\text{OH})_3$ y limonita. «Mientras que el limo (producto último de la descomposición común) presenta un silicato de alúmina hidratada, la laterita es un hidrato de aluminio areno-ferruginoso ².»

De los estudios nuevos sobre el loess indicaremos los de W. Meigen y H. G. Schering. Según éstos, el loess verdadero posee en todas partes donde se presenta los mismos rasgos característicos. Hasta de distritos muy distanciados el material tiene una misma o análoga composición mineralógica y química.

¹ «En contraposición a la muy aceptada opinión de que la arcilla pampeana no tiene ni la más mínima señal de estratificación, me consta por experiencia que en todos los depósitos que he estudiado en las regiones de los ríos se hallan indicios de estratificaciones aunque a veces no muy claros.» Bodenbender en 6, página 17 del tiraje aparte.

² 42, página 81.

Mineralógicamente representa carbonato cálcico en cantidad variable, cuarzo y en pequeña cantidad silicatos, entre los que predomina el feldespato y, sobre todo, ortoclasa.

En cantidad reducida se encuentran también : muscovita, biotita, hornblenda, epidota, disteno, zirkon, rutilo, turmalina, apatita, stauro-lita, zoisita, granate, rara vez corindón, brookita y glaucofan. Por la descomposición el loess se transforma en limo : por el proceso de descomposición se eliminan los carbonatos, alterándose los silicatos, sobre todo los feldespatos.

Durante esta alteración se combinan CaO, MgO, Na₂O, K₂O con el CO₂ de las aguas de la superficie, y los carbonatos se transportan en estado disuelto ¹. Según esta definición tenemos el derecho de atribuir al limo un grado de descomposición superior al del loess y debemos esperar encontrar en el limo menos partículas no descompuestas que en el loess si se tratara de la misma roca, primaria o secundaria, que dió origen a ambos. Keilhack ², en una interesante conferencia sobre el loess, admite en el estudio de esta roca todo un problema insoluble de acuerdo con las teorías actuales sobre su origen. Keilhack ve las dificultades del problema loessico en su distribución geográfica, en lo enorme de sus masas, en la uniformidad de su composición y en la inseguridad de su origen.

Indicaremos sus ideas con cierta detención, para concluir si, de acuerdo con sus datos, se puede hablar de un loess argentino.

El loess, dice Keilhack, evita la zona fría y cálida de la tierra y se limita, por lo general, a la zona de temperatura mediana.

La superficie total ocupada por el loess la calcula en 26 millones de kilómetros cuadrados (de éstos 5.000.000 km² corresponden a la América del Sur). El espesor medio del loess lo indica en 30 metros para Galicia, 79 metros para Besarabia, varios centenares de metros para China y sólo 10 metros para las pampas sudamericanas. En toda la historia terrestre, dice Keilhack, conocemos un solo período de formación de loess, *el diluvio*. Por más prolijamente que estudiemos las rocas de los períodos de tiempo anteriores no encontraremos ninguna que pudiéramos designar como parecida al loess o de él derivada. En la actualidad el loess no se produce más y los datos que al respecto se mencionan resultan siempre erróneos.

El loess es una roca fósil y una roca de guía del cuaternario más antiguo del diluvio o del tiempo glacial ³. La composición mecánica del loess, según Keilhack es :

¹ 38.

² 30.

³ 30, página 155, subrayado por nosotros.

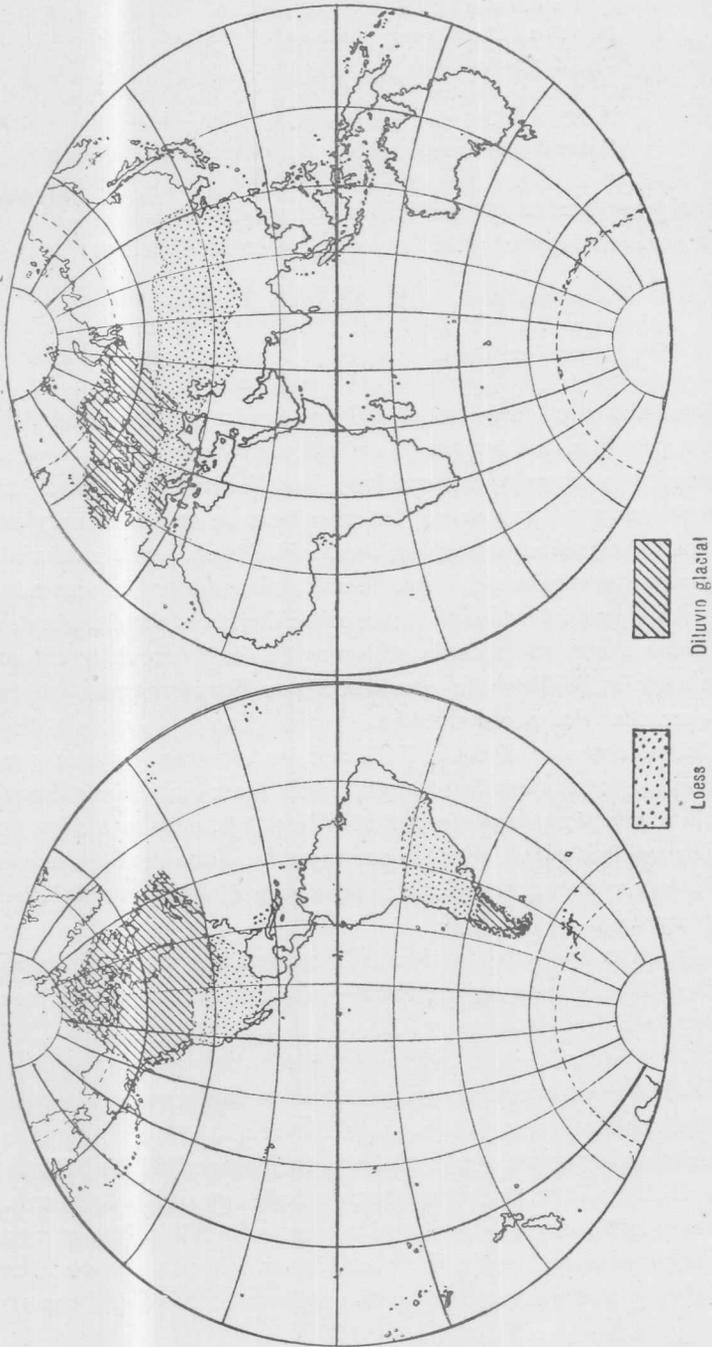


Fig. 7. — Distribución del loess

De 2 a 1 mm	} arena gruesa	0 a 0.5 %
De 1 a 0.5 mm		
De 0.5 a 0.2 mm	arena mediana..	0.5 a 3
De 0.2 a 0.1 mm	} arena fina....	8 a 40
De 0.1 a 0.05 mm		
De 0.05 a 0.02 mm	polvo.....	50 a 65
Menor de 0.02 mm	arcilla	16 a 36

El tamaño predominante es de $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{5}$ de milímetro.

La composición mineralógica del loess, según Keilhack es:

Rocas calcáreas	10 a 25 %
Cuarzo	60 a 70
Silicatos arcillosos.....	10 a 20

La mica falta por completo en el loess según el autor citado. Tampoco están presentes los grupos de anfíbol y piroxeno.

Los granitos y otras eruptivas, las pizarras cristalinas, las pizarras arcillosas y las grauvacas, las areniscas de grano medio y grano grueso, son totalmente impropios, según Keilhack, como material de origen para la formación del loess. A raíz de sus observaciones e interpretaciones del problema loessico, este autor llega a la conclusión de que el loess debe tener un origen extraterrestre. Esta nueva teoría sobre el origen cósmico del loess es combatida por Zimmermann, quien sostiene la veracidad de la teoría eólica.

Si el loess, como lo declara Keilhack, es una roca de guía para el cuaternario, aceptando que la roca pampeana fuera loess, la edad cuaternaria de la formación pampeana sería indiscutible, pero esta roca, denominada por muchos como loess, no corresponde, como veremos más adelante, a los caracteres generales indicados para el loess por Keilhack y otros autores ¹.

Antes de hacer una comparación de la roca pampeana con el loess de otros países, necesitamos determinar de una manera, en lo posible exacta, la naturaleza de la laterita.

Los estudios sobre laterita, hoy ya bastante numerosos, permiten establecer una definición química y petrográfica de esta roca.

Esa definición, a nuestro juicio, la dió Meigen ².

La laterita se compone, según Meigen, en lo principal de hidrato de aluminio (Hidrargillita), mayormente mezclado con óxido de hierro. El hierro parece encontrarse en la laterita como un óxido pobre en agua o anhidro. El proceso de formación de laterita es debido a una división de los silicatos por el agua pura, acentuada todavía en temperaturas altas.

¹ 30, página 157.

² 37, página 200.

La descomposición de las rocas es distinta en los países tropicales y en los países de clima moderado, y la diferencia proviene de la intervención del CO_2 en la descomposición de las rocas en los países templados y en la acción hidrolítica sobre los silicatos del agua en estado puro en los países tropicales. Por la acción de hidrólisis, un feldespato, por ejemplo, se descompone en hidrato de aluminio y silicato alcalino, que a su vez puede separarse en hidrato alcalino y SiO_2 libre.

Según Bauer ¹, el feldespato se lateritiza más fácilmente que la augita y la hornblenda. Laterita es un producto de descomposición superficial, pero, en países tropicales, las capas lateríticas pueden llegar hasta una profundidad de 100 metros ² (Weinschenk).

Según Arsandaux ³, la formación de laterita se produce por una hidratación de los silicatos (feldespatos y otros), al principio bajo la formación de combinaciones micáceas. En la descomposición posterior, una parte del óxido de aluminio queda unida al SiO_2 , transformándose finalmente en caolina, mientras que la otra forma alúmina libre. El producto final es una mezcla de caolina con hidrargillita.

Por la disolución en NaOH , el óxido de aluminio se disuelve, y tenemos así un método químico para poder juzgar hasta qué grado el proceso de lateritización ha tenido lugar en la formación de la roca pampeana. Pero el análisis químico debe también ayudarnos a reconocer la naturaleza de la parte isótropa o de débil refracción doble que la investigación microscópica no puede distinguir.

Van Bemmelen demostró el primero, que los silicatos descompuestos pueden separarse en una parte soluble en HCl y otra insoluble en HCl , pero soluble en H_2SO_4 .

La parte soluble en HCl contiene cantidad de SiO_2 variable y la relación molecular de $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ es mayormente $> 1 : 2$. La parte soluble en H_2SO_4 se considera comúnmente como *caolina*, por lo menos, la relación molecular en los análisis indica $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1 : 2$.

La relación en que están mezcladas ambas partes (una soluble en HCl y otra soluble en H_2SO_4) es muy variable, pudiendo faltar la parte caolínica. Junto con estos componentes puede encontrarse, en la parte descompuesta, alúmina libre (p. ej. : en la laterita) e hidrato férrico.

La parte soluble en HCl es la substancia en que ocurren la mayor parte de los movimientos químicos y físicos, así la absorción del agua y sales, el intercambio de bases. La masa principal de la parte soluble en HCl se encuentra indiscutiblemente en un estado coloidal.

Debido a esas indicaciones de van Bemmelen, tenemos un medio quí-

¹ 11.

² 52.

³ 8, 9.

mico para conocer los diferentes componentes de la tierra pampeana y juzgar sobre el modo de su alteración.

Podemos reconocer en la roca pampeana: los minerales no descompuestos, y éstos también microscópicamente cuando las dimensiones de los granos no son muy pequeñas; las sustancias caolínicas que provienen de la solución en H_2SO_4 y las sustancias coloidales provenientes de la parte soluble en HCl , que al principio no tienen una combinación química definida, y sólo, probablemente en muy largos períodos, se transforman en sustancias cristalinas.

Por la disolución de la tierra pampeana en $NaOH$, o en la solución Lunge, podemos determinar también la cantidad de SiO_2 y Al_2O_3 en estado libre. Buscando coordinar los datos referidos sobre limo, loess y laterita, llegamos a la siguiente consideración.

La roca menos descompuesta de las tres es el loess; sus componentes mineralógicos son: cuarzo, que predomina, carbonato cálcico y, en pequeña cantidad, sustancias arcillosas. Como elementos accesorios se encuentran granos de feldspatos, predominando ortoclasa, mica y otras; aunque el contenido de carbonato cálcico no se considera obligatorio, lo señalan, sin embargo, casi todos los análisis ¹. En el loess típico, el carbonato cálcico envuelve los granos de cuarzo.

Químicamente el loess representa: anhídrido silíceo en cantidad predominante, alúmina generalmente < 10 por ciento, CaO , MgO , Na_2O , K_2O en pequeñas cantidades. El grado de alteración del loess, que se revela por la solución en HCl y H_2SO_4 , no es muy grande, lo que podría relacionarse con su origen eólico o eólico glacial.

Existen sumas dificultades para distinguir un loess típico de un loess removido.

Se puede considerar como seguro, dice Kayser ², que una gran parte de los yacimientos loésicos actuales no representan una formación primitiva, sino que se produjeron de una remoción múltiple.

El limo es un producto más descompuesto que el loess; contiene una cantidad mayor de la parte soluble en HCl y menor cantidad de partículas de minerales no descompuestos. El limo puede tener como material de origen el loess. Y finalmente la laterita se caracteriza, para nosotros, desde el punto de vista mineralógico y químico, por la presencia de Hydrargillita, Fe_2O_3 , y sílice en estado libre.

Desde estos puntos de vista consideraremos el depósito pampeano.

¹ Véase tablas números III y IV.

² 31, página 168.

Limo y loess pampeano

El estudio petrográfico y químico de la roca pampeana ¹ es de data bastante reciente y aún poco adelantado. Se conocen unos veinte análisis químicos de toda la vasta formación pampeana y sólo dos estudios petrográficos hechos del limo y loess pampeano por Meigen y Werling, en Alemania, y Wright y Fenner, en Estados Unidos, sin contar una que otra investigación microscópica accidentada de Bücking, Zirkel y otros. He reunido todos los datos analíticos en la tabla I. Para facilitar la comparación entre los diferentes datos analíticos los he calculado por materia seca (tabla II). He dividido el material en dos grupos: el uno, limo y loess pampeano, con un predominio de potasio sobre sodio (tabla V), y el otro, limo y loess pampeano con predominio de sodio sobre potasio (tabla VI); he dividido el material en tres grupos, de acuerdo con la diferente procedencia: limo y loess pampeano: 1° de la costa marítima (tabla VII); 2° de la costa del río Paraná (tabla VIII); 3° de Córdoba (tabla IX); en la tabla X figuran las partes del limo y loess pampeano solubles en HCl; en la tabla XI están indicadas las partes solubles en HCl, descontando el CaCO₃, MgCO₃, FeCO₃ y partes solubles en NaOH; y en la tabla XII figuran las relaciones moleculares de las partes solubles en HCl, tomando Al₂O₃ = 1.

PROCEDENCIAS DEL LIMO Y LOESS PAMPEANO

- 1, Loess de la base de la barranca de Lobería: L₁.
- 2, Loess de la división inferior de la misma barranca: L₂.
- 3, Loess de la división inferior de la misma barranca: L₃.
- 4, Loess del pampeano superior de la misma barranca: L₄.
- 5, Loess del pampeano superior de la misma barranca: L₅.
- 6, Loess del pampeano formación lacustre de la misma barranca: L₆.
- 7, Loess de Miramar (eopampeano Roth): M.
- 8, Loess de Baradero (neopampeano Roth): B.
- 9, Loess de Tala 1, « loess pardo », según Meigen y Werling, limo loésico: T₁.
- 10, Loess de Tala 4, « loess pardo », según Meigen y Werling, una formación parecida al loess (*lössähnliche Bildung*): T₄.
- 11, Loess de Córdoba (Malagueño), color pardusco claro, con partículas de mica visibles macroscópicamente, muy parecido al loess alemán,

¹ Hablamos de « roca, o de tierra pampeana » para evitar los términos loess o limo, que están en discusión.

de una profundidad de 20 metros, corresponde a la capa *h* de Doering : M. C.

12, Loess de Alvear (mesopampeano Roth) : A.

13, Loess de Alvear 2, loess pardo típico, sobre todo en las partes superiores, con pequeños tubos y partes negruzcas irregulares, débilmente estratificado, sobre todo en la base; según W. Meigen y P. Werling, un limo loésico (*Lösslehm*) : A₁.

14, Loess de Alvear 6, « loess pardo típico » análogo al anterior, con una cantidad considerable de tosca muy ramificada; según W. Meigen y P. Werling, un limo, ya por su aspecto exterior : A₁.

15, Rosario, « loess amarillo »; según Meigen y Werling, de un aspecto más bien pardusco, parecido al loess de Alvear, poco descompuesto : R₁.

16, Loess de Córdoba (Cañadón de Pucará), loess parecido al anterior : P.

17, Loess de Córdoba, 2 metros debajo de la superficie, granos cuarzosos hasta más de 2 milímetros : C.

18, Loess de Villa María, 2 metros debajo de la superficie; los granos cuarzosos más grandes 0^{mm}15 a 0^{mm}20 de diámetro : V.

19, Loess de Rosario, 2^m50 bajo la superficie cerca de la estación, granos cuarzosos de 0^{mm}04 a 0^{mm}08 de diámetro : R₁.

1-6, Analizado por el doctor Enrique Herrero Ducloux ¹.

7 y 8, Analizado por el doctor Federico Bade ².

9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, Analizado por W. Meigen y P. Werling ³.

12, Analizado por J. G. Fairchild ⁴.

17, 18, 19, Analizado por Adolfo Döring ⁵.

¹ 39, página 176.

² 42, páginas 213-236.

³ 37, páginas 1-26 (del tiraje aparte).

⁴ 27, página 60.

⁵ 24, páginas 113 y 114.

TABLA II. — *Limo y loess pampeano contando por materia seca*

	L ₁ 1	L ₂ 2	L ₃ 3	L ₄ 4	L ₅ 5	L ₆ 6	M 7	B 8	T ₁ 9	T ₄ 10	MC 11	A 12	A ₂ 13	A ₆ 14	R ₄ 15	P 16	C ₁ 17	V 18	R ₁ 19
SiO ₂	64.38	63.91	61.76	63.51	63.96	62.66	62.36	63.71	62.8	43.3	57.5	69.1	71.7	64.0	65.5	60.3	74.53	61.47	67.45
Al ₂ O ₃	17.84	17.11	17.79	17.08	17.94	17.13	18.85	18.52	16.7	13.1	19.9	15.5	12.0	16.1	15.6	17.9	11.02	17.10	16.10
Fe ₂ O ₃	6.02	6.54	5.57	5.44	5.49	5.77	5.92	5.10	5.1	3.0	7.1	3.2	5.0	5.1	6.7	6.2	2.95	4.86	2.25
FeO.....	0.20	0.21	0.13	0.16	0.06	0.21													
CaO.....	3.73	3.87	3.86	3.00	3.80	3.47	3.08	3.27	3.5	20.5	5.7	1.7	4.0	2.3	2.1	2.5	3.40	3.65	1.98
MgO.....	1.76	1.25	2.10	0.96	1.09	0.97	1.83	1.82	2.1	0.9	2.2	1.0	1.0	1.4	1.4	3.1	0.50	2.00	1.48
MnO.....	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04											0.15	1.05	
K ₂ O.....	0.95	0.88	0.85	0.79	0.91	0.85	4.02	2.09	1.3	1.2	1.0	2.4	1.9	3.1	1.6	1.5	3.15	2.92	1.82
Na ₂ O.....	2.04	1.06	1.40	3.24	2.00	2.79		1.82	1.9	0.6	1.2	1.8	1.4	3.5	3.1	3.4	1.20	2.69	0.83
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	0.8	12.4	3.8	—	2.1	—	—	3.2	—	—	—
TiO ₂	0.27	0.19	0.31	0.29	0.36	0.35			1.1	0.6	1.2	0.7	0.9	0.9	1.1	0.9	—	—	—
P ₂ O ₅	0.18	0.20	0.49	0.50	0.10	0.36			—	—	—	0.1	—	—	—	—	0.68	0.53	0.30
Pérdida al rojo.....	2.61	4.63	5.40	5.17	4.61	4.68	3.92	3.42	5.3	5.0	0.7	4.1	0.5	3.4	3.4	1.1	2.40	3.60	4.80

TABLE III. — *Loess con predominio de potasio, según las tablas de Linck*

	154	155	156	157	158	159	173	160	161
SiO ₂	87.89	84.66	66.59	70.44	66.43	76.57	77.56	62.18	62.85
Al ₂ O ₃	6.84	6.62	5.94	5.49	5.19	5.11	4.94	4.66	4.39
Fe ₂ O ₃	0.96	2.41	2.36	1.43	1.06	1.77	1.29	1.59	1.59
FeO.....	—	—	—	0.21	0.78	—	—	—	—
MgO.....	0.83	1.15	5.66	4.11	4.59	3.70	2.58	5.98	5.60
CaO.....	0.71	0.84	17.09	16.80	17.67	10.02	10.34	23.14	23.01
Na ₂ O.....	1.07	1.42	0.99	0.36	1.49	1.16	1.45	1.21	1.28
K ₂ O.....	1.69	2.88	1.36	1.18	2.78	1.66	1.83	1.25	1.28

Procedencia

- 154, Loess, Haida (Sajonia), analizado por Werling.
 155, Loess, Altkirch, analizado por Werling.
 156 y 160, Loess, Wasenweiler, analizado por Schering.
 157, Loess, Umstatt (Hessen), analizado por Werling.
 158, Loess, Haarlass. b. Heidelberg, analizado por Werling.
 159 y 161, Loess, Ringsheim, analizado por Schering.
 173, Loess, Langen-Weddingen, analizado por Werling.

TABLE IV. — *Loess con predominio de sodio, según las tablas de Linck*⁴

	37	99	169	170	171	172	174
SiO ₂	71.40	83.64	84.11	83.70	64.44	66.78	64.13
Al ₂ O ₃	5.46	8.09	7.66	6.55	5.64	5.62	4.75
Fe ₂ O ₃	1.14	1.36	1.89	2.91	1.02	2.11	1.28
FeO.....	0.64	0.11	—	—	0.79	—	—
MgO.....	7.99	1.89	2.40	2.25	6.39	4.04	5.32
CaO.....	11.22	2.03	1.59	1.35	18.27	19.43	22.03
Na ₂ O.....	1.33	1.56	1.33	1.72	1.95	1.07	1.54
K ₂ O.....	0.81	1.31	1.02	1.52	1.51	0.94	0.94

Procedencia

- 37, Loess, Wicksburg, Mississippi.
 99, Loess, Kansas City, Mississippi.
 169, Loess, Umstatt (Hessen), analizado por Werling.
 170, Loess, Gottenheim, analizado por Schering.
 171, Loess, Höhnheim, analizado por Werling.
 172, Loess, Haidingsfeld, analizado por Werling.
 174, Loess, Mauer a. d. Elsenz, analizado por Werling.

⁴ De esta lista hemos excluido los análisis del loess argentino que allí figuran (N^{os} 162-168) debiendo anotar la diferencia notable que existe entre los datos de Meigen y Werling que seguimos y los análisis indicados por el autor.

TABLA V. — *Limo y loess pampeano*

(K₂O > Na₂O)

	B 8	T ₄ 10	A 12	A ₂ 13	C ₁ 17	V 18	R ₁ 19
SiO ₂	63.71	43.3	69.1	71.7	74.53	61.47	67.45
Al ₂ O ₃	18.52	13.1	15.5	12.0	11.02	17.1	16.10
Fe ₂ O ₃	5.10	3.0	3.2	5.0	2.95	4.86	2.25
FeO.....	—	—	—	—	—	—	—
CaO.....	3.27	20.5	1.7	4.0	3.40	3.65	1.98
MgO.....	1.82	0.9	1.0	1.0	0.50	2.00	1.48
MnO.....	—	—	—	—	0.15	1.05	—
K ₂ O.....	2.09	1.2	2.4	1.9	3.15	2.92	1.82
Na ₂ O.....	1.92	0.6	1.8	1.4	1.20	2.69	0.83
CO ₂	—	12.4	—	2.1	—	—	—
TiO ₂	—	0.6	0.7	0.9	—	—	—
P ₂ O ₅	—	—	0.1	—	0.68	0.53	0.30
Pérdida al rojo	3.42	5.0	4.1	0.5	2.40	3.60	4.80

TABLA VI. — *Limo y loess pampeano*

(Na₂O > K₂O)

	L ₁ 1	L ₂ 2	L ₃ 3	L ₄ 4	L ₅ 5	L ₆ 6	T ₁ 9	MC 11	A ₆ 14	R ₄ 15	P 16
SiO ₂	64.38	63.91	61.76	63.51	63.96	62.36	62.8	57.5	64.0	65.5	60.3
Al ₂ O ₃	17.84	17.11	17.79	17.08	17.94	17.13	16.7	19.9	16.1	15.6	15.9
Fe ₂ O ₃	6.02	6.54	5.57	5.44	5.49	5.77	5.1	7.1	5.1	6.7	6.2
FeO.....	0.20	0.21	0.13	0.16	0.06	0.21	—	—	—	—	—
CaO.....	3.73	3.87	3.86	3.00	3.80	3.47	3.5	5.7	2.3	2.1	2.5
MgO.....	1.76	1.25	2.10	0.96	1.09	0.97	2.1	2.2	1.4	1.4	3.1
MnO.....	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	—	—	—	—	—
K ₂ O.....	0.95	0.88	0.85	0.79	0.91	0.85	1.3	1.0	3.1	1.6	1.5
Na ₂ O.....	2.04	1.06	1.40	3.24	2.00	2.79	1.9	1.2	3.5	3.1	3.4
CO ₂	—	—	—	—	—	—	0.8	3.8	—	—	3.2
TiO ₂	0.27	0.19	0.31	0.29	0.36	0.35	1.1	1.2	0.9	1.1	0.9
P ₂ O ₅	0.18	0.20	0.49	0.50	0.10	0.36	—	—	—	—	—
Pérdida al rojo	2.61	4.63	5.40	5.17	4.61	4.68	5.3	0.7	3.4	3.4	1.1

TABLA VII. — *Limo y loess pampeano de la costa marítima*

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	M
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	64.38	63.91	61.76	63.51	63.96	62.66	62.36
Al ₂ O ₃	17.84	17.11	17.79	17.08	17.94	17.13	18.85
Fe ₂ O ₃	6.02	6.54	5.57	5.44	5.49	5.77	5.92
FeO.....	0.20	0.21	0.13	0.16	0.06	0.21	
CaO.....	3.73	3.87	3.86	3.00	3.80	3.47	3.08
MgO.....	1.76	1.25	2.10	0.96	1.09	0.97	1.83
MnO.....	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	
K ₂ O.....	0.95	0.88	0.85	0.79	0.91	0.85	4.02
Na ₂ O.....	2.04	1.06	1.40	3.24	2.00	2.79	
TiO ₂	0.27	0.19	0.31	0.29	0.36	0.35	
P ₂ O ₅	0.18	0.20	0.49	0.50	0.10	0.36	
Pérdida al rojo	2.61	4.63	5.40	5.17	4.61	4.68	3.92

Nota. — 1 y 6, analizados por el doctor Enrique Herrero Ducloux ; 7, por el doctor Bade.

TABLA VIII. — *Limo y loess pampeano del río Paraná*

	T ₁	T ₄	B	A ₂	A ₆	R ₄
	9	10	8	13	14	15
SiO ₂	62.8	43.3	63.71	71.7	64.0	65.5
Al ₂ O ₃	16.7	13.1	18.52	12.0	16.1	15.6
Fe ₂ O ₃	5.1	3.0	5.10	5.0	5.1	6.7
FeO.....	—				—	
CaO.....	3.5	20.5	3.27	4.0	2.3	2.1
MgO.....	2.1	0.9	1.82	1.0	1.4	1.4
MnO.....	—					
K ₂ O.....	1.3	1.2	2.09	1.9	3.1	1.6
Na ₂ O.....	1.9	0.6	1.82	1.4	3.5	3.1
CO ₂	0.8	12.4		2.1	—	
TiO ₂	1.1			0.95	0.9	1.1
Pérdida al rojo.	5.3	5.0	3.42	0.5	3.4	3.4

TABLA IX. — *Limo y loess de Córdoba*

	MC 11	P 16	C ₁ 17	V 18
SiO ₂	57.5	60.3	74.53	61.47
Al ₂ O ₃	19.9	17.9	11.02	17.10
Fe ₂ O ₃	7.1	6.2	2.95	4.86
FeO.....	—	—	—	—
CaO.....	5.7	2.5	3.40	3.65
MgO.....	2.2	3.1	0.55	2.0
Mn ₃ O ₄	—	—	0.15	1.05
K ₂ O.....	1.0	1.5	3.15	2.92
Na ₂ O.....	1.2	3.4	1.20	2.69
TiO ₂	1.2	0.9	—	—
P ₂ O ₅	—	—	0.68	0.53
CO ₂	3.8	3.2	2.40	3.6
Pérdida al rojo..	0.7	1.1		

TABLA X. — *Limo pampeano*

(Partes solubles en HCl)

	Tala 1	Tala 4	Alvear 2	Alvear 6	Rosario	Malagueño	Pucará	Miramar	Baradero
SiO ₂	16.1	16.5	11.2	26.0	11.0	6.7	13.3	14.44	11.79
Al ₂ O ₃	4.3	6.3	4.2	16.2	3.0	3.4	5.5	7.34	6.91
Fe ₂ O ₃	3.2	3.1	2.3	3.6	3.2	2.4	3.8	3.25	4.53
MgO.....	0.8	0.9	1.0	1.2	0.8	0.6	1.4	?	1.08
CaO.....	1.4	20.1	3.2	1.4	1.6	3.9	1.3	0.79	?
Na ₂ O.....	0.1	0.3	0.3	3.0	0.6	0.3	0.2	?	?
K ₂ O.....	0.5	1.3	1.4	1.2	0.4	0.6	0.4	?	?
CO ₂	0.8	12.5	2.1	—	—	3.8	3.2	—	—
Totales..	27.2	61.0	25.7	52.6	20.6	21.7	29.1	—	—

TABLA XI. — *Limo y loess pampeano* ¹

	Tala 1	Tala 4	Alvear 2	Alvear 6	Rosario	Malagueño	Pucará	Miramar	Baradero
(Partes solubles en HCl, descontando el CaCO ₃ , el MgCO ₃ y el FeCO ₃)									
SiO ₃	16.1	16.5	11.2	26.0	11.0	6.7	13.3	14.44	11.79
Al ₂ O ₃	4.3	6.3	4.2	16.2	3.0	3.4	5.5	7.34	6.91
F ₂ O ₃	3.2	3.1	2.3	3.6	3.2	2.4	2.5	3.25	4.53
CaO.....	0.5	4.3	0.6	1.4	1.6	—	—	0.79	?
MgO.....	0.8	0.9	1.0	1.2	0.8	—	—	?	1.08
Na ₂ O.....	0.1	0.3	0.3	3.0	0.6	0.3	0.2	?	?
K ₂ O.....	0.5	1.3	1.4	1.2	0.4	0.6	0.4	?	?
Totales....	25.5	32.7	21.0	52.6	20.6	13.4	21.9		
CaCO ₃	1.7	28.3	4.7			7.0	2.3		
MgCO ₃						1.3	2.9		
(?) FeCO ₃							1.9		
(Partes solubles en NaOH)									
SiO ₂	9.3	5.2	7.8	7.5	5.4	1.2	7.9	4.76 ²	4.97
Al ₂ O ₂	1.9	1.8	1.9	2.7	2.0	—	2.8	0.89	0.83

TABLA XII. — *Relaciones moleculares*
(Al₂O₃ = 1)

	Tala 1	Tala 4	Alvear 2	Alvear 6	Rosario	Malagueño	Pucará	Miramar ²	Baradero
SiO ₂	5.5	4.5	4.6	2.7	6.3	3.4	4.1	3.3	2.9
Al ₂ O ₃	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
F ₂ O ₃	0.5	0.3	0.3	0.14	0.7	0.5	0.3	0.3	0.4
CaO.....	0.3	1.1	0.25	0.15	1.0	—	—	0.2	0.5
MgO.....	0.5	0.3	0.6	0.2	0.7	—	—		0.4
Na ₂ O.....	0.04	0.08	0.1	0.3	0.3	0.15	0.06		
K ₂ O.....	0.13	0.2	0.4	0.08	0.1	0.2	0.07		

Como material de comparación figuran unos datos analíticos indicados por Linck (tablas III y IV).

De los datos referidos vemos que existe una enorme diferencia entre

¹ En el limo de Malagueño y Pucará hay un exceso de CO₂ sobre CaO y se puede admitir que también el MgO en estas muestras se presenta como carbonato.

El exceso de CO₂ sobre CaO y MgO lo contamos como carbonato ferroso.

² Partes solubles en la solución de Lunge y Millberg (1% NaOH, 5% Na₂CO₃).

el loess de otros países y el depósito pampeano. Con una sola excepción (Tala 4), la roca pampeana es pobre en CaCO_3 , o totalmente libre del mismo. La cantidad de SiO_2 varía entre 60 y 70 por ciento en la roca pampeana y de 60 a 87 por ciento en el loess (véase tablas de Linck). El loess típico es mucho más rico en cuarzo que la roca pampeana. En cambio, la roca pampeana contiene casi dos y media veces más Al_2O_3 que el loess. En las tablas de Linck tenemos para el Al_2O_3 4 a 8 por ciento, mientras que la roca pampeana contiene 10 a 18 por ciento de Al_2O_3 .

Este dato revela inmediatamente una diferencia notablê en el material; el óxido de aluminio puede encontrarse en ambos casos, o como componente de minerales no descompuestos (p. ej., feldespatos), o como caolín, o en estado libre hidratado (como hydrargillita).

La mayor cantidad de Al_2O_3 en la roca pampeana obliga a suponer una mayor complejidad en su composición mineralógica, como así es efectivamente.

El contenido en MgO varía en límites más grandes en el loess que en la roca pampeana (de 1 hasta 8 % en el primer caso, de 0,5 hasta 2 % en el segundo). Mientras que en el loess, MgO mayormente se encuentra en combinación con CO_2 , representa en la roca pampeana un componente de silicatos y, probablemente, también, en forma de hidrato de magnesio, el mineral llamado Brucita.

El contenido en Fe_2O_3 es generalmente inferior en el loess que en la roca pampeana, en cambio, contiene la última menos FeO , presentando así la roca pampeana un grado de oxidación mayor que el loess. La roca pampeana es, generalmente, más rica en Na_2O que el loess.

En resumen, un análisis químico permite perfectamente distinguir un loess de otros países (los datos de Linck se refieren casi exclusivamente a Alemania ¹) de la roca pampeana.

La cantidad de SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , es muy distinta es ambos casos y sobre todo consideramos muy significativo la cantidad diferente de Al_2O_3 . Pero también, se distingue la roca pampeana por su composición mecánica del loess. Se ha considerado, con mucha razón, como rasgo típico del loess, la fineza de sus granos, efecto de su origen eólico. Ahora bien: la roca pampeana se compone de granos mucho más gruesos que el loess. Según los análisis mecánicos de Meigen y Werling, la roca pampeana contiene de 20 a 65 por ciento granos de un diámetro $> 0,05$; de 27 a 54 por ciento granos de un diámetro de 0,01-0,05; y de 14 a 39 por ciento granos de un diámetro $< 0,01$.

Según datos de E. Ramann ², que agregamos a los de Keilhack, el loess

¹ La denominación « loess » para la roca pampeana proviene de la comparación con el loess de Alemania.

² RAMANN, *Bodenkunde*, 1907.

contiene tan sólo 2 a 4 por ciento de un diámetro superior de $0^{mm}05$ y 90 por ciento de un diámetro $< 0^{mm}05$ a $> 0^{mm}01$.

El loess, por lo tanto, se compone de granos más pequeños y también más uniformes que la roca pampeana, en la que está menos separado el material relativamente más grueso del material fino.

Se distinguen microscópicamente en la roca pampeana tres componentes principales: feldespatos, sobre todo plagioclasa, vidrio volcánico y cuarzo, además un material isótropo o de una débil birrefringencia, cuya naturaleza es posible reconocer tan sólo mediante su solubilidad en los ácidos.

Además de los minerales indicados se reconoce también, sin necesidad de concentrar previamente el material, biotita, muscovita, hornblenda, magnetita. En un material concentrado encontraron Wright y Fenner una gran variedad de minerales.

Así en el material concentrado de un loess verdoso, determinaron la presencia de: 1° plagioclasa (andesina y labradorita); 2° cuarzo; 3° sanidina; 4° piroxeno (diopsido, augita y augita titanífera); 5° hornblenda; 6° vidrio con $n = 1,50-1,54$, de color blanco y pardo; 7° magnetita; 8° biotita; 9° epidota; 10° zoisita; 11° zircón; 12° turmalina; 13° titanita; 14° apatita; 15° granate; 16° espinela (probable); 17° brucita (probable); 18° a 22° cinco minerales que no han podido ser identificados.

De mucha importancia sería determinar con exactitud la presencia de fragmentos de rocas en el depósito pampeano, lo que contribuiría a reconocer su origen; tenemos al respecto un solo dato de Bücking, referente a Monte Hermoso; en el limo de Monte Hermoso, Bücking encontró pequeños rodados de andesita de $\frac{3}{4}$ milímetros de espesor. Comparada la composición mineralógica de la roca pampeana con la del loess típico, encontramos una notable diferencia, tanto cuantitativa como cualitativa. La presencia de vidrio volcánico en el primer caso y su falta en el segundo, el predominio de plagioclasa sobre ortoclasa en el primer caso y el predominio de ortoclasa sobre plagioclasa en el segundo, una cantidad menor de cuarzo en la roca pampeana, la frecuencia relativa de minerales, como piroxeno, hornblenda y magnetita, más raros en el loess, todos esos son datos que permiten y tal vez obligan a no confundir la roca pampeana con el loess típico. Es cierto que las diferencias señaladas proceden también de la diferencia del material que dió origen a la roca pampeana y al loess que nos sirve de punto de comparación, pero veremos más adelante que la sola diferencia del material de origen, no basta para explicar todos los fenómenos que se relacionan con la roca pampeana.

Junto con los minerales no descompuestos (feldespato y otros) se encuentran en la roca pampeana minerales descompuestos que se pueden dividir en dos grupos: a) solubles en HCl; b) insolubles en HCl, pero solubles H_2SO_4 .

Cuantitativamente la parte soluble en HCl es superior, tal vez dos veces más grande en la roca pampeana que en el loess típico ¹. Eso significa que la roca pampeana es un sedimento mucho más alterado que el loess típico y hace poco probable un origen eólico para la primera. Salvo Malagueño con 13,4 partes solubles en HCl y Alvear con 52,6 partes, la roca pampeana contiene de 20 a 30 por ciento de minerales solubles en HCl.

Federico Bade, en un estudio reciente ¹, admite que la parte soluble en HCl de la roca pampeana corresponde a sustancias zeolíticas amorfas del tipo de thomsonita y natrolita, basándose en las relaciones moleculares entre $Al_2O_3 : SiO_2$.

Es sin duda de mucha importancia el reconocimiento de la naturaleza de los minerales solubles y el ensayo, desde este punto de vista, bien explicable, pero la conclusión a que llegó el doctor Bade no nos parece acertada. Como se ve en la tabla XII, las relaciones moleculares de $Al_2O_3 : SiO_2$ dan valores poco semejantes y coinciden con los análisis hechos por Bade (Baradero y Miramar) tan sólo en Malagueño y Alvear 6.

De importancia son, naturalmente, también las relaciones moleculares de la suma de $CaO, Na_2O, K_2O : Al_2O_3$, pero en los análisis de Bade faltan los datos referentes a la cantidad de K_2O y Na_2O solubles en HCl, lo que dificulta una interpretación exacta.

Contra la suposición de la presencia de sustancias zeolíticas en la roca pampeana, habla el contenido de MgO y de Fe_2O_3 en la parte soluble en HCl, ambos componentes que faltan por completo en las zeolitas.

El peso específico de sustancias zeolíticas amorfas debería ser menor aún que el peso específico de zeolitas cristalizadas (1,9, 2,5) y eso debería revelarse en la densidad total de la roca pampeana, que, según Bade, contiene hasta la cuarta parte de sustancias zeolíticas.

Si fuesen zeolitas los minerales solubles en HCl deberíamos considerarlos como productos de descomposición de silicatos, en primer término de los feldespatos, pero tal descomposición en los feldespatos es muy escasa, no pudiendo bastar para una alteración de masas tan enormes (hasta $\frac{1}{4}$ de toda la roca).

Las zeolitas son, a su vez, sustancias que fácilmente se descomponen en sustancias coloidales-arcillosas, con mayor facilidad que los feldespatos, y su presencia, al lado de feldespatos no descompuestos, se hace poco verosímil.

Las zeolitas se consideran, generalmente, como formaciones típicas de acciones termales; encuéntrase su mayor distribución en las zonas exteriores de las rocas eruptivas o como impregnaciones en tobas volcánicas o en rocas sedimentarias, en la proximidad de rocas eruptivas.

Los estudios de absorción en el suelo hicieron suponer que éste con-

¹ 43, páginas 213-255.

tiene silicatos hidratados, y buscando entre los minerales aquellos que demuestran una capacidad análoga, encontraron que son, en primer término, zeolitas, lo que dió motivo a hablar de componentes zeolíticos del suelo. El estudio del fenómeno de absorción en la roca pampeana fué también el motivo que llevó a Bade a la afirmación de que la roca pampeana se compone, en buena parte, de sustancias zeolíticas. Sin embargo, de las consideraciones sobre la absorción en la roca pampeana, se puede deducir con exactitud tan sólo que proviene de la parte soluble en HCl, pero en cuanto a la naturaleza zeolítica de las sustancias solubles debe ser negada por ahora.

En forma cristalizada las zeolitas, como producto de descomposición, nunca fueron constatados.

« Si bajo el nombre de zeolita queremos entender minerales definidos — dice Weinschenk — y sustancias cristalizadas análogamente constituidas, debe insistirse que *nunca* y en *ninguna parte* (subrayado por el autor) se han visto individuos semejantes en los productos de descomposición, por lo tanto, tampoco en el suelo laborable; en todos los casos que estos minerales fueron constatados con seguridad, se trataba del dominio de una acción volcánica. »

Sin embargo, los fenómenos de absorción estudiados por Bade obligan a aceptar que la parte de la roca pampeana está formada de *substancias hidratadas*, y esta suposición se confirma con la presencia de agua en la roca pampeana, que se elimina recién a altas temperaturas y que podemos considerar como agua de constitución, que pertenece, en gran parte, a las sustancias solubles en HCl y en escala menor a las partes arcillosas insolubles en HCl, pero solubles en H_2SO_4 .

¿ Cuáles son las sustancias hidratadas solubles en HCl ?

¿ Qué minerales representan ? ¿ Cómo se han formado de los silicatos que les dieron origen (feldespatos y otros) ? Son todas preguntas cuya solución debemos buscar en las relaciones moleculares de los componentes solubles. Éstos son: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O y K_2O , y proceden muy probablemente de ortoclasa y sanidina, plagioclasa, piroxeno, hornblenda y biotita, por una parte, y de los vidrios volcánicos de una composición análoga a los feldespatos, por otra; Fe_2O_3 se encuentra probablemente en forma libre y presenta el producto de oxidación de FeO de los minerales del grupo de piroxeno y hornblenda.

Se trata de una mezcla de distintas sustancias hidratadas y, como lo demuestran las relaciones moleculares en la tabla XII, en cantidades diferentes.

Los procesos de descomposición no son análogos en todos los casos.

Las relaciones moleculares de la suma de $(K_2O, Na_2O, CaO) : Al_2O_3$ varían de una muestra a otra, lo mismo que las relaciones moleculares entre $Al_2O_3 : SiO_2$, lo que puede provenir de dos causas: a) de distinto

material de origen; y b) de diferente proceso de descomposición o tal vez de una combinación de ambas. En cuanto a diferente material de origen, es seguro que a la formación de la roca pampeana han contribuido muy diferentes rocas eruptivas y sedimentarias, y en cuanto al distinto proceso de descomposición, es de suponer que ha sido una descomposición por medio de aguas con un contenido de CO_2 , en una parte, y por medio de hidrólisis por agua libre de CO_2 en altas temperaturas, por otra parte.

El proceso de hidratación es típico para la laterita. La presencia de alúmina libre en la roca pampeana, lo mismo que de SiO_2 amorfo y de limonita señala un proceso de lateritización indiscutible en la misma. Las investigaciones posteriores demostrarán con mayor amplitud que una parte de la roca pampeana debería llamarse limo laterítico.

Hay lateritas que, por su composición, en poco o en nada difieren de la roca pampeana, así W. Bruhns y H. Bücking¹ mencionan un análisis de laterita con la composición siguiente:

SiO_2	68.50 %
Al_2O_3	17.87
Fe_2O_3	5.46
CaO.....	1.37
MgO.....	2.56
Pérdida al rojo.....	4.26

Sólo la falta de los álcalis hace distinguir esta roca de la roca pampeana. Pero lo que caracteriza la laterita es la presencia de Al_2O_3 en estado libre y casi todas las muestras ensayadas demuestran una cantidad considerable de Al_2O_3 , probablemente hidratada (en forma de hidrargillita).

En los análisis referidos, sólo Malagueño no contiene Al_2O_3 libre; en Miramar y Baradero no llega el contenido en alúmina a 1 por ciento, en los demás se aproxima al 2 por ciento, llegando al máximo (2,7 a 2,8 %) en Alvear 6 y Pucará.

Si del loess típico de acuerdo con Kayser², no se puede mayormente afirmar con seguridad que se encuentra en su lugar primitivo donde fué depositado por la acción eólica, mucho menos aún se puede decir de la roca pampeana que se encuentra siempre *in situ*.

El rol del diagénesis en la formación del depósito pampeano

El origen de la roca pampeana no depende, según Roth, de la composición del material, ni de la manera del transporte. « Existe un pro-

¹ 18, página 468.

² 31.

ceso de *loessificación* que se origina en el material depositado. Debido a ese proceso una arcilla puede transformarse en loess ¹.

«Todos los autores (Bravard, Richthofen, Bailey Willis y otros), dice Roth, suponían que los sedimentos habían sido transformados en loess antes de haber sido transportados; esto no es cierto, a lo menos no está en armonía con los fenómenos que se observan en la formación pampeana ².» Es evidente que en la formación del depósito pampeano han intervenido también procesos diagenéticos, pero el alcance de esta intervención no debe ser exagerado. Bajo «diagénesis» comprendemos las transformaciones mecánicas y químicas (diferentes del metamorfismo) en las rocas sedimentarias substraídas a la acción de los agentes geológicos que actúan en la superficie. Diagénesis es, por lo tanto, distinto de descomposición.

Andrée separa netamente una de otra; por ejemplo, la alteración de los feldspatos es un proceso de descomposición y no de diagenésis. En la formación de los sedimentos clásticos Andrée señala tres momentos: 1° la descomposición de una roca primaria o sedimentaria; 2° el transporte del material así formado; 3° el depósito del mismo. Descomposición y depósito son fases necesarias en la formación de cualquier sedimento clástico ³.

Fenómenos diagenéticos son los cambios que se producen en condiciones normales en todos los sedimentos después de su depósito. Bajo diagénesis entiende Andrée las reposiciones (*Umeagerung*) moleculares y químicas que se producen en el material sedimentado debido a la influencia del medio en que ha sido depositado.

J. Walther entiende bajo diagénesis «todos los cambios físicos y químicos que se producen en una roca después de su depósito, sin la intervención de la acción dinámica, ni del calor».

Como fenómenos principales de diagénesis Andrée reconoce la recristalización, la formación de concreciones, el endurecimiento y descalcificación. Andrée describe la serie de los fenómenos que se producen en el largo camino desde la formación de un sedimento reciente hasta que se transforma en una roca sedimentaria fósil:

1° Descomposición de la roca, transporte y depósito de los productos descompuestos: sedimentación;

2° Diagénesis;

3° Descomposición.

Estos tres momentos podemos distinguirlos también en la formación de la roca pampeana:

¹ 43, página 212.

² 43, página 178.

³ 6, página 68, véase también sobre diagénesis Haug, 26, páginas 112-127.

1° Descomposición de rocas eruptivas o sedimentarias o metamórficas que dan origen a las rocas pampeanas. En contra de la opinión de Roth, son estos productos de descomposición en lo esencial semejantes a la roca que llamamos limo o loess pampeano; transporte de estos productos fluvial o eólico, fluvio-glacial o eolomarino; sedimentación de los productos transportados;

2° Diagénesis. Como proceso diagenético más importante en la roca pampeana consideramos la formación de la tosca. Es muy posible que también la formación de las tierras cocidas y escorias sean del mismo origen ¹;

3° Descomposición. Este proceso es constante y puede ser de una naturaleza laterítica, por lo menos en parte. Debido a la descomposición, el loess se transforma en limo y el limo en arcilla. Consideramos imposible un proceso inverso: la arcilla no puede transformarse en loess.

El término «loessificación» es inaceptable para explicar la formación de la roca pampeana. Con más razón se puede hablar de una *desloessificación*. A los procesos diagenéticos en el loess hay que atribuir en primer término la formación de *las concreciones* y no la formación de la roca pampeana misma.

El origen del depósito pampeano

Steimmann ², excelente conocedor de las formaciones loésicas en Alemania, compara la roca pampeana con el loess alemán y llega a las siguientes conclusiones: «Las formaciones pampeanas media y superior corresponden al loess antiguo y al más reciente en la región del alto Rin y el postpampeano es equivalente a nuestro loess de transporte secundario, pero el depósito del horizonte más antiguo de la República presenta un contraste evidente con los demás; también es dudoso que tenga una distribución tan general como aquella. En los perfiles de loess en la región de Córdoba, estudiados tan prolijamente por Bodenbender, pueden reconocerse, a pesar de las facies fluviales, allí predominantes, todas las divisiones de la formación pampeana, menos el piso más antiguo. Este piso podríamos más bien compararlo con las capas de Jujuy, tanto más cuanto que ambos se formaron durante una época de fuertes erupciones de tobas volcánicas. Así como tenemos que buscar el equivalente de las capas de granos gruesos de Jujuy en los

¹ Sobre la tosca hablamos con más detención en un trabajo: *Estudios oceanográficos*, que será publicado en los *Anales del IIº Congreso nacional de ingeniería*.

El tema de «tierras cocidas» y «escorias» lo trataremos en un próximo trabajo.

² 48, página 12 del tiraje aparte.

más antiguos mantos de rodados de Europa, deberíamos comparar el piso de Monte Hermoso con las tobas y arenas pliocenos superiores. De nuestra comparación se deduce un resultado muy interesante; existe entre la región del loess argentino y del Alto Rhin gran analogía estratigráfica, lo que sería inexplicable si el loess de las dos regiones no se hubiese formado de igual manera y al mismo tiempo. ¿Qué explicación nos suministra Sud América respecto al origen del loess?

Agua y viento han contribuído conjuntamente, es la contestación general, y las opiniones difieren tan sólo en este sentido: ¿a cuál de estos dos agentes hay que atribuir la mayor participación? Para la presencia del loess pampeano rigen generalmente las mismas reglas que para el de Europa; en diferencia con todos los otros depósitos análogos se extiende independientemente de los cursos de los ríos modernos o anteriores, de manera que si quisiéramos declararlo por un depósito de agua tendríamos que recurrir al concepto antediluviano del diluvio universal.

Se levanta desde los terrenos bajos de la Pampa hasta por encima de las tierras pampeanas, envolviéndolas como en un manto; con todo esto conserva su composición independiente de la composición del suelo; también encima de capas sin cal es originariamente rico en carbonato, igual al nuestro; *por lo tanto es exótico*. Esto demuestra decididamente que su origen es eólico, y el agua no puede haberlo transportado sino secundariamente ¹.

Para producir el loess son indispensables inmensas cantidades de arena finísima seca, expuesta a los vientos, que incesantemente la arrojarían sobre extensa superficie. Si nos preguntáramos: ¿cuándo y dónde en tiempos diluviales han existido tales condiciones? hallaríamos, según me parece, una sola contestación satisfactoria, dada en primer lugar por Jentzsch. Las morenas de fondo son lavadas y preparadas por el agua del deshielo allí donde se derriten grandes masas de hielo continental; los rodados y la arena gruesa, fina y finísima son distribuídos sobre la superficie; como este material está triturado mecánicamente y no descompuesto químicamente se presenta suelto y no unido; es al mismo tiempo rico en carbonato, allí donde las morenas se hallan en sierras calcáreas. Al entrar en acción el segundo factor, el viento que reina constantemente con bastante violencia desde los glaciares en dirección al ecuador, queda depositada la arena gruesa en el suelo en forma de dunas y la más fina es llevada como polvo por el aire.

Así se verifica una separación del material con disminución del tamaño de los granos en la dirección del polo hacia el ecuador ².

¹ 48, página 13 del tiraje aparte.

² 48, página 14.

En el sur, hasta aproximadamente la altura del río Chubut (44°), predominan morenas y rodados; de allí comienzan a predominar las arenas según lo ha demostrado Roth, y recién desde el río Negro (a 40°) aparece el loess que se puede observar hasta el círculo tropical ¹.

« En Sud América, ya en tiempo glacial, reinaban las mismas diferencias climatéricas que hoy, y como lo mismo está constatado en extensas regiones de Europa, resultan de allí otras conformidades importantísimas de la semejanza de relaciones entre las muy apartadas zonas de los dos hemisferios. Procederemos entonces acertadamente, si renunciamos definitivamente a cualquier pretensión de dar explicaciones sobre las épocas glaciales que no sean de carácter general ². »

Efectivamente, la teoría dominante hoy para explicar el origen del loess en Europa, Asia y Norte América es eólica-glacial. La relación con el diluvio glacial se puede observar en todas partes del mundo donde el loess se encuentra. « En el hemisferio norte el loess, según Keilhack, se presenta circumpolar. En Europa pasa desde la costa atlántica, por Francia, Bélgica, Suiza, Alemania, Austria, Hungría, los países balcánicos y la parte sur de Rusia sin interrupción hasta los límites de Asia, y aquí también se desarrolla regularmente por el sur de Siberia, Persia, Afganistán, Tibet y China hasta la costa del océano Pacífico. En América del Sur se extiende el límite norte de formación pampeana por Bolivia y el sur de Brasil, el límite sur entre 40 a 42° latitud sur. Semejante distribución podría hablar en favor de una relación causal entre el período glacial y la formación del loess (véase fig. 7).

Pero si tal causalidad existiese, objeta Keilhack, debería suponerse una relación directa entre la superficie ocupada por el loess y la superficie de las morenas antiguas. Sin embargo, en Europa la superficie ocupada por el loess es muchas veces superior a la superficie ocupada por las partes libres de las morenas viejas, las que no habrían podido proporcionar, según Keilhack, más del 1 por ciento de la masa loésica ³.

Esa objeción es de mayor importancia aún si se la relaciona con la formación del supuesto loess del depósito pampeano. Aquí la forma del continente sudamericano excluye la posibilidad de que la roca pampeana provenga exclusivamente de morenas antiguas.

Aún tomando en cuenta la línea isobática de 200 metros, que incluiría las islas Malvinas al continente sudamericano y que representaría el límite entre el continente y el mar a fines del plioceno y al principio del pleistoceno, la relación entre la superficie ocupada por antiguas morenas y la superficie cubierta por el loess pampeano sería muy des-

¹ 48, página 14.

² 48, página 15.

³ 30.

igual. Tomando en consideración todavía el espesor del depósito pampeano, que es muy superior al aceptado por Keilhack (10 m.) y que podría calcularse en 50 metros tan solo en las partes visibles de las barrancas, llegamos a la conclusión de que es imposible una relación genética entre el depósito pampeano en su totalidad y las morenas antiguas.

La participación de vidrio volcánico es común a casi toda la roca pampeana y no sólo al pampeano inferior, como lo pensaba Steinmann.

A base de este último hecho formó su teoría Döring: fundándose en el estudio de la formación pampeana en Córdoba, Döring supone que el depósito pampeano se compone en general de ceniza volcánica en estado más o menos descompuesto. Cuanto más seco sea el clima menos descompuesta se presenta la capa de ceniza (ejemplo Córdoba) y viceversa. «En efecto, dice, cuando el clima es húmedo las capas primitivas de ceniza volcánica, como por ejemplo en la provincia de Buenos Aires, no se encuentran más en la forma primitiva y su origen no es reconocible sino por su estructura o tal vez también por la presencia de partes minerales difícilmente descomponibles, que han ofrecido a la descomposición, por la humedad, una resistencia más grande.

«Que las lluvias de cenizas considerables que se han extendido desde el centro de los Andes hasta el océano y aún más allá, hayan podido contribuir a la extinción de mamíferos de la maravillosa fauna pampeana, es un hecho bien comprensible y explicaría tal vez el por qué de la desaparición de estos animales gigantes de la superficie pampeana¹.»

Es difícil admitir que el depósito pampeano, que tiene en algunas partes un espesor de centenares de metros y se extiende por una superficie tan vasta como en la República Argentina, sea un producto de constantes lluvias de cenizas volcánicas, pero el hecho que más nos parece en pugna con esta teoría es el siguiente. En los materiales de proyecciones volcánicas se produce una separación en tobas cristalinas (*Krystalltuffe*) y en tobas de grano más fino y sin cristales. En efecto, el estudio petrográfico de la roca pampeana, en la provincia de Buenos Aires, demuestra que no ha habido tal separación: contiene cristales que se presentan bastante gruesos (hasta 0^{mm}15). Tampoco se podría explicar, de acuerdo con la teoría de Döring, cómo se han conservado capas de ceniza volcánica no alterada dentro de la masa alterada química y mineralógicamente.

Es muy probable que durante la formación de la roca pampeana hayan ocurrido una o varias proyecciones de cenizas volcánicas², y a ellas podría pertenecer la ceniza de Monte Hermoso, pero considerar todo el depósito pampeano como ceniza volcánica no nos parece acertado.

¹ 36, página 187.

² Véase la microfotografía de una ceniza volcánica procedente de la provincia de Córdoba, de una formación llamada «lacustre».

Es cierto que, de acuerdo con la teoría de Döring, sea fácil explicarse la extinción de la fauna gigantesca de la formación pampeana, pero difícil sería, en cambio, según esta teoría, comprender cómo ha podido vivir y desarrollarse esa fauna en un ambiente catastrófico de proyecciones volcánicas tan formidables. Proyecciones de ceniza, intermitentes, más bien locales que generales, a ciertos intervalos uno del otro, que podrían haber ocurrido durante la edad pampeana, estuvieron tal vez en relación con la rapidez de la evolución de la fauna pampeana.

Keidel 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 del loess»¹, y admite la posibilidad de una conexión entre «la formación de gruesas capas del loess en las partes montañosas del poniente y la distribución del manto del loess en el litoral».

Con sumo cuidado, Keidel se refiere a la edad de los depósitos pampeanos: «la cuestión de la edad de los depósitos del manto de loess nos conduce a uno de los problemas más importantes, pero todavía poco esclarecido, de la estratigrafía argentina».

Keidel compara el loess del litoral con materiales que se han formado por el desmoronamiento de las montañas en la región árida de los Andes y que «se pueden llamar loess con la misma razón como muchos de los depósitos denominados así en el litoral»² y que representa el producto más fino de la separación del desmoronamiento por el agua corriente y distribuido sobre grandes espacios en el borde de los conos de deyección que en las cuencas, cuyo fondo se ha bajado por movimientos progresivos, se superponen unos a otros, formando a veces hasta largas series³.

«Si existe una conexión entre la formación de las gruesas capas del loess en las partes montañosas del poniente, donde en algunos puntos se han acumulado en series con espesor de varios millares de metros, y la distribución del manto del loess en el litoral, se puede contar con un espacio de tiempo mucho mayor que si el loess no fuera otra cosa más que el producto más fino lavado de las morenas cuaternarias, llevado por el viento⁴.»

Durante todo el tiempo de la formación del loess, éste ha sido transportado de la región andina hacia el naciente.

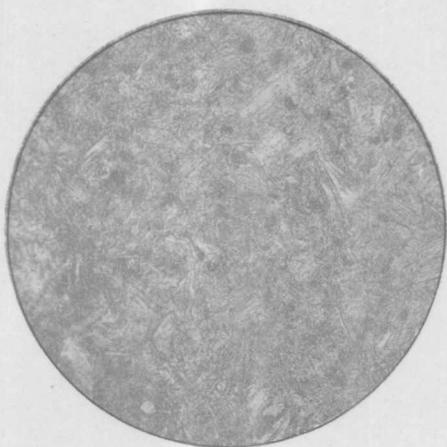
Después de nuevas insistencias sobre la complejidad del problema,

¹ 34, página 44.

² 34, página 45, subrayado por nosotros.

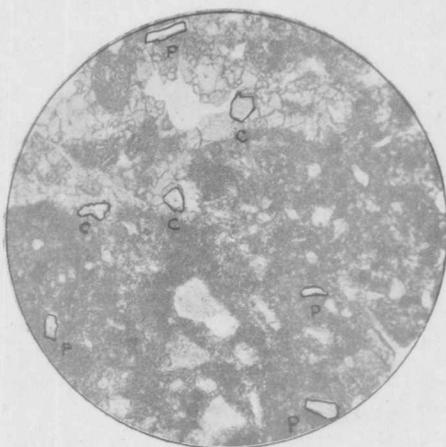
³ 34, página 45.

⁴ 34, página 45.



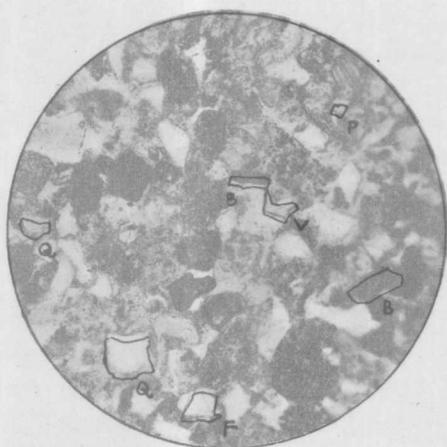
80 X

Limo pampeano, Río IV, Córdoba
(lacustre)



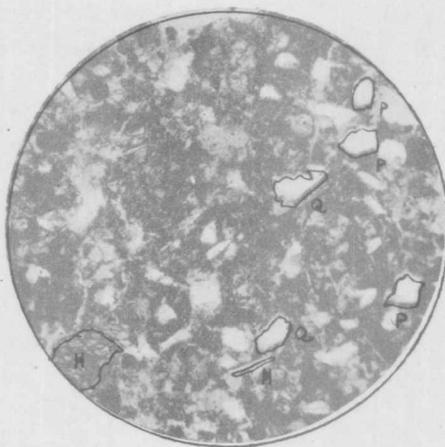
80 X

Limo pampeano, Laguna Chica



80 X

Limo pampeano, Río IV, Córdoba
(mesopampeano)

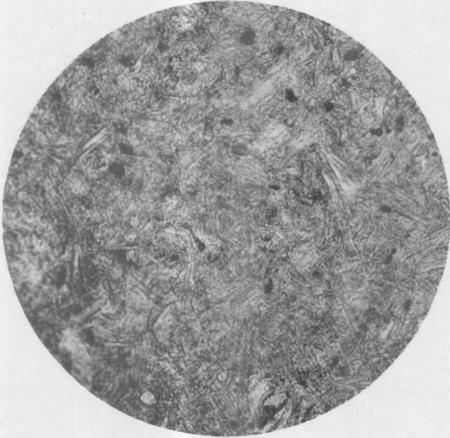


80 X

Limo pampeano, Tandil

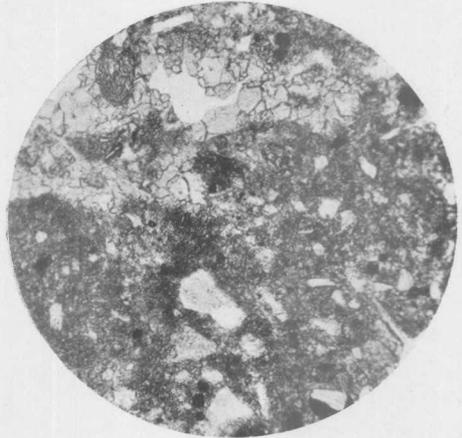
F = Ortoclasa.
P = Plagioclasa.
Q = Cuarzo.
C = Calcita.

H = Hornblenda.
M = Muscovita.
B = Biotita.
V = Vidrio volcánico.



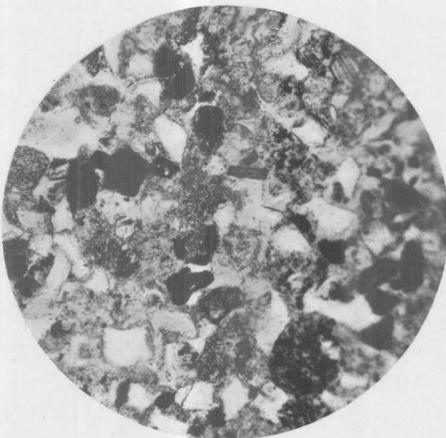
80 ×

Limo pampeano, Río IV, Córdoba
(lacustre)



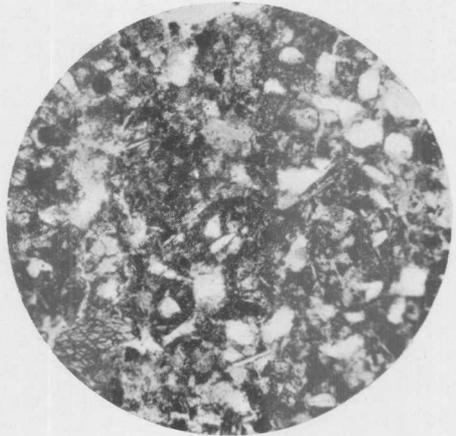
80 ×

Limo pampeano, Laguna Chica



80 ×

Limo pampeano, Río IV, Córdoba
(mesopampeano)



80 ×

Limo pampeano, Tandil

Keidel llega, sin embargo, a la conclusión de que *el loess es en gran parte verdaderamente de edad terciaria*.

«Es casi seguro que en la formación de las cuencas del litoral han participado, como en los Andes, movimientos modernos. La posición profunda de una parte de los grandes mantos de rocas básicas y de formaciones del terciario superior, descansando sobre ellas, al lado del curso inferior del río Paraná en las provincias de Corrientes y de Santa Fe, y de arcillas de la primera transgresión del terciario, que se ha extendido hasta la parte oriental de la provincia de Córdoba y hasta cerca de la Pampa central, nos da una idea de la magnitud y de la extensión de los movimientos regionales que han encorvado el subsuelo de la Pampa.

«Se puede suponer que las grandes ondulaciones de rocas antiguas que salen a la luz debajo del manto de loess en las sierras de la provincia de Buenos Aires, continuarían en los alrededores más lejanos con el mismo rumbo general, escondidos en la profundidad bajo los depósitos terrestres modernos ¹.»

Si Keidel se inclina a reconocer una edad terciaria a la gran parte del loess argentino, al referirse al manto del loess en las sierras de la provincia de Buenos Aires, atribuye al último más bien una edad cuaternaria.

«Es muy probable que el manto compuesto por el loess en las sierras de Buenos Aires representa gran parte de la época cuaternaria ².»

Sobre el loess de la provincia de Buenos Aires hace una observación importante: «aunque la distribución originaria del loess es independiente, por lo menos hasta cierto grado, de las condiciones de la superficie, el *levantamiento cartográfico* y la *investigación detallada de su composición* muestran francamente que su posición y las formas de su superficie son determinadas principalmente por la acción del agua corriente ³».

Sería de mucho interés una investigación mineralógica y química de aquellos productos fluviales en la región de los Andes, de los que Keidel dice que «se puede llamarlos loess con la misma razón que muchos de los depósitos denominados así en el litoral», pero ya con los datos que poseemos no parece posible afirmar que no existen motivos para llamar loess los productos fluviales de la región de los Andes, ni los depósitos denominados así en el litoral.

En ambos casos se tratará muy probablemente de limo arcilloso, o arcilla, o limo laterítico. Al evitar llamar loess una roca sedimentaria, cuyo origen eólico no queda demostrado, al excluir el uso de la denominación «loess» para productos fluviales, se evita la dificultad de aceptar

¹ 34, página 47.

² 34, página 50.

³ 34, página 42, subrayado por nosotros.

para el loess argentino (en su mayor parte) una edad terciaria, cuando en todo el mundo el loess es cuaternario y se considera como fósil de guía del cuaternario.

Aplicación industrial de la tierra pampeana para la fabricación de alúmino-férrico

Desde abril de 1917 se prepara en las obras sanitarias de la capital un coagulante para la depuración de las aguas del río de la Plata, empleando como material la tierra pampeana y como disolvente ácido sulfúrico ¹.

Se obtiene así un sulfato de aluminio y de hierro, pero se ha adoptado para el producto el nombre de *alúmino-férrico*, porque el valor real del coagulante lo determina la presencia de los óxidos.

La tierra pampeana, empleada en la fabricación del coagulante, se extrae de los terrenos que poseen las obras sanitarias en San Isidro y tiene la composición química que indicamos en la tabla XIII.

TABLA XIII. — *Limo pampeano de San Isidro (provincia de Buenos Aires) empleado para la fabricación de alúmino-férrico*

	20 (1)	21 (2)	22 (3)	23 (4)	24 (5)	25 (6)	26 [1]	27 [2]	28 [3]
SiO ₂	70.58	69.40	70.74	69.62	71.98	69.00	70.42	71.26	71.44
Al ₂ O ₃	17.70	16.00	16.70	17.80	17.40	16.70	15.75	16.50	15.80
Fe ₂ O ₃	7.00	7.00	7.00	7.00	6.70	7.20	6.95	6.90	6.70
CaO.....	2.26	2.24	2.47	2.42	1.85	3.33	2.10	2.23	2.10
MgO.....	1.83	1.48	1.54	1.51	1.26	1.94	1.92	1.74	2.06
SO ₂	0.48	0.99	0.65	0.79	V	0.44	0.55	0.51	0.62
Álcalis (por dif.) y pérdida	0.15	2.89	0.90	0.86	0.81	1.39	2.31	0.86	1.28
Pérdida por calcinación..	2.71	3.83	3.21	2.30	2.90	3.28	3.45	4.16	4.71
Humedad por 100.....	17.85	14.24	16.89	14.65	16.20	18.00	15.89	16.59	15.23

Nota. — Los análisis de (1) a (6) fueron hechos por A. A. Bado, de [1] a [3] por la comisión de la Sociedad Química argentina. Los números 20-28 son los que complementan las tablas I y II.

¹ Comisión nombrada por la Sociedad Química argentina. *Fabricación de alúmino-férrico en el Establecimiento Recoleta*. Informe. Buenos Aires, 1920 (folleto), también en *Anales de la Sociedad Científica argentina*, tomo XCI, entrega I-VI, enero-junio 1921.

A. A. BADO Y M. L. NEGRI, *Fábrica de alúmino-férrico en las obras sanitarias de la Nación* (folleto), Buenos Aires, 1920.

Comparando estos análisis con los que figuran en las tablas I y II notamos junto con una analogía general, una cantidad menor de álcalis y otra algo mayor de óxido férrico y de óxido de magnesio, mientras que la cantidad de Al_2O_3 es casi la misma.

De la acción del ácido sulfúrico de 55-56° Beaumé sobre la tierra pampeana a temperaturas que varían entre 90 y 119°C durante 20 horas de reacción continua y de la disolución del alúmino-férrico, mediante cuatro lavajes con agua que se agita con aire comprimido, resulta un líquido de color amarillento y opalino que contiene al rededor de 15 por ciento de sulfato de aluminio y de hierro.

Concentrando el líquido se obtiene alúmino-férrico sólido de color verde claro, de sabor astringente, fácilmente soluble en el agua, proporcionando así una solución capaz de provocar en el agua del río de la Plata un coágulo que aprisiona la arcilla y gérmenes del agua natural y producir la formación de lacas con la materia orgánica disuelta ¹.

TABLA XIV. — Composición del alúmino-férrico sólido

	1	2	3	4	5	6	7
Insoluble...	0.72	1.31	1.20	1.70	0.55	1.08	0.508
Al_2O_3	12.34	12.24	11.06	11.28	10.66	11.10	11.540
Fe_2O_3	4.62	5.80	6.44	5.78	6.04	5.76	6.420
CaO.....	0.29	0.28	0.30	0.25	0.30	0.21	0.082
MgO.....	1.46	1.54	1.11	1.41	1.30	1.51	1.203
SO_3	39.63	40.90	39.42	39.01	40.92	39.62	42.002
Alcalis.....	1.72	0.92	1.62	0.56	0.73	0.92	0.631
H_2O	39.22	37.01	38.85	40.01	39.50	39.50	37.614

Nota. — Los análisis de 1-6 realizados por A. A. Bado.

El análisis 7 realizado por la Comisión de la Sociedad Científica.

El ácido sulfúrico ha disuelto sólo una mínima cantidad del óxido cálcico, otra pequeña de álcalis, mucho óxido de aluminio y de hierro y una cantidad elevada de óxido de magnesio.

¿Cómo se han formado los componentes del coagulante?

Es sabido que las arcillas, en general, se descomponen por el ataque con H_2SO_4 , y podría pensarse que son la substancias arcillosas que sufren la descomposición, pero en el caso citado no se procede con la tierra pampeana como con las arcillas típicas; no se la somete a una calcinación previa antes del ataque con el ácido para obtener un resultado favo-

¹ Véase Bado y Negri, página 15.

rable (el máximo de rendimiento) como se hace comunmente con las arcillas. No se puede admitir por lo tanto que el óxido de aluminio y el óxido de hierro procedan, por lo menos en su mayor parte, de las substancias arcillosas que se encuentran en el limo.

Sabemos del estudio de Bade que la tierra pampeana no contiene mucha cantidad de substancias arcillosas (Miramar 5,4; Baradero, 8,14).

Parece por lo tanto más adecuado admitir que el óxido de aluminio y el óxido de hierro se encuentran en la tierra pampeana en parte en estado libre.

El porcentaje de Al_2O_3 , muy probablemente en forma de *Hidrargillita*, debe ser bastante elevado, lo que se puede juzgar por el rendimiento del Establecimiento de Recoleta.

60.000 kilogramos de tierra pampeana suministran 6647,34 kilogramos de óxido de aluminio y de hierro lo que equivale al 11,07 por ciento; de ellos corresponde el 7 por ciento (aproximadamente) al Al_2O_3 y el resto al óxido férrico.

Los datos referidos confirman nuestra suposición de que la tierra pampeana sea en parte *limo laterítico*.

En cuanto al óxido de magnesio atribuimos su elevada cantidad en el coagulante a la presencia en la tierra pampeana de hidrato de magnesio en forma de *Brucita* ($MgO \cdot H_2O$).

Conclusiones

La cantidad de los estudios petroquímicos sobre la tierra pampeana no es suficiente para permitir conclusiones definitivas; hemos visto que se han estudiado tan sólo muestras de tres regiones: de Córdoba, río Paraná y de la costa marítima. En relación a la enorme extensión que tiene el limo de la República Argentina, la parte investigada científicamente es pequeña. De mucho interés sería someter a un estudio detallado las muestras obtenidas en terrenos donde el limo cubre directamente rocas eruptivas o esquistos cristalinos. No existe, a nuestro juicio, ninguna razón para considerarlo alóctono, transportado por la acción eólica; podría muy bien resultar que se tratara de un material descompuesto *in situ* debido a un proceso laterítico.

No obstante haberse hecho muchas perforaciones en el terreno de la formación pampeana, el material obtenido en esas perforaciones no fué sometido a estudios científicos y la denominación de las rocas, reducida únicamente a las observaciones macroscópicas, fué en muchos casos basada en la intuición.

De la sistematización de los resultados de trabajos ya realizados se

puede, sin embargo, sacar algunas conclusiones, las que, esperamos, serán confirmadas por investigaciones posteriores.

1ª La tierra pampeana, por lo general, no es « loess » en el sentido en que comúnmente se emplea esta palabra en otros países; no presenta ni la composición química, ni mineralógica de un loess típico; tampoco puede considerarse loess por su composición mecánica, ni presenta un grado análogo de descomposición al del loess típico.

Únicamente se podría indicar la parte de la tierra pampeana, que corresponde al loess, a base de estudios microscópicos y químicos.

Suponemos que esta parte no es considerable.

2ª El alto grado de descomposición de la tierra pampeana sólo puede explicarse por la acción del agua, y la roca debe considerarse como subacuática y no como subaérea (eólica), lo que, además, está confirmado por muchas observaciones geológicas. Decir, en los casos de indudable transporte fluvial, que se trata de « loess removido », es precisamente afirmar el hecho de la acción del agua y dejar como hipotética la acción eólica.

3ª La tierra pampeana contiene laterita, lo que demuestra, en primer término, la cantidad de alúmina libre que señalan los análisis.

4ª La tierra pampeana no contiene productos zeolíticos, como lo afirma Bade.

5ª La tierra pampeana no se forma debido a procesos diagenéticos; en cambio, la formación de la tosca de « tierra cocida » y de « escoria » es debida a estos procesos.

6ª La tierra pampeana no es ceniza volcánica más o menos alterada, como opina Döring, aunque el vidrio volcánico forma uno de sus componentes principales y se presentan capas de ceniza volcánica de mayor o menor espesor intercaladas en la misma.

7ª A la explicación del origen de la tierra pampeana no se oponen las dificultades que señala Keilhack para la explicación del origen del loess. Su composición mineralógica y química permite considerarla como producto de descomposición de rocas eruptivas, de esquistos cristalinos y de algunas rocas sedimentarias.

8ª En cuanto a la edad geológica de la tierra pampeana, bien podría ser que una gran parte de la misma, sobre todo aquella que se ha reconocido por las perforaciones, fuese de una edad terciaria, pero la roca que allí forma el terciario no es loess eólico sino, según toda verosimilitud, arcilla, limo o marga.

9ª La tierra pampeana no debería llamarse por lo general loess, sino limo y, según sus componentes, limo arcilloso, limo arenoso, limo laterítico.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMEGHINO, F., *Monte Hermoso*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Buenos Aires, 1887.
2. AMEGHINO, F., *Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapalmalán*, en *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, tomo X, 1909.
3. AMEGHINO, F., *La industria de la piedra quebrada en el mioceno superior de Monte Hermoso*, en *Congreso Científico Internacional Americano*, Buenos Aires, 1910.
4. AMEGHINO, F., *L'âge des formations sédimentaires tertiaires de l'Argentine en relation avec l'antiquité de l'homme*, en *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, Buenos Aires, 1911.
5. AMEGHINO, F., *La antigüedad geológica del yacimiento antropológico de Monte Hermoso*, en *Congreso Científico Internacional Americano*, Buenos Aires, 1911.
6. ANDRÉE, K., *Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpetrographie*, en *Geologische Rundschau*, Band II, Heft 2 und 3, Leipzig, 1911.
7. ARSANDAUX, H., *Sur la composition de la bauxite*, en *Comptes rendus*, **148**, páginas 936 a 1115 (1909).
8. ARSANDAUX, H., *Contribution à l'étude des latérites*, en *Comptes rendus*, **149**, páginas 682 a 1082 (1909).
9. ARSANDAUX, H., *Nouvelle contribution à l'étude des latérites*, en *Comptes rendus*, **150**, página 1689 (1910).
10. BADE, F., *Investigaciones petroquímicas del loess pampeano*, en **43**, páginas 213 a 255.
11. BAUER, M., *Beiträge zur Geologie der Seychellen, insbesondere zur Kenntniss des Laterits*, en *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paleontologie*, II, 1898.
12. BAILEY WILLIS, *Monte Hermoso. Geologic Notes*, en **29**, página 361.
13. BODENBENDER, G., *La llanura al este de la sierra de Córdoba. Contribución a la historia del desarrollo de la llanura pampeana*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, tomo XIV, 1894.
14. BODENBENDER, G., *La cuenca del valle del río Primero en Córdoba*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, tomo XII, 1890.
15. BOULE MARCELLIN, *Les hommes fossiles*, en *Éléments de Paléontologie humaine*, página 432.
16. VAN BEMMELEN, J. M., *Beiträge zur Kenntniss der Verwitterungsproducte der Silikate in Ton-vulkanischen und Lateritböden*, en *Zeitschrift für anorganische Chemie*, **42**, página 265 (1904).
17. BRAVARD, A., *Observaciones geológicas sobre diferentes terrenos de transporte en la hoya del Plata*, Buenos Aires, 1857.
18. BRUHNS, W., y BÜCKING, H., *Beiträge zur Kenntniss des Laterits*, en *Zentralblatt für Mineralogie, Geologie, u. Paleontologie*, página 467 (1904).
19. BÜCKING, H., *Sur la structure des scories et « terres-cuites » trouvées dans la série pampéenne et quelques éléments de comparaison*, par F. Outes avec la collaboration de H. Bücking, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XVII, 1910-1911.
20. BURCKHARDT, C., *La formation pampéenne de Buenos Aires et Santa Fe*, en *Nouvelles recherches*, etc. **33**, página 146.
21. BURMEISTER, H., *Description physique de la République Argentine*, tomo II, 18.
22. DARWIN, C., *Geologische Beobachtungen ueber Süd-America*, uebersetzt von J. Victor Carus, 2^{te} Auflage, Stuttgart, 1899.

23. DÖRING, A., *La formation pampéenne de Cordoba*, en *Nouvelles recherches*, páginas 172 a 190.

24. DÖRING, A., *Studien ueber die chemischen und physikalischen Verhältnisse des Bodens der Pampaformation*, en *La Plata Monatschrift*, 2 Jahrg, número 8, Buenos Aires, 13 August, 1874, páginas 113 a 119.

25. DÖRING, A., *Las tosecas calcáreas y su aplicación para la fabricación de cemento y cales hidráulicas*, en *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, tomo XII, 1890.

26. HAUG, E., *Traité de Geologie*, París, 1907.

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

28. VON IHERING, H., *Die Geschichte des Rio de la Plata*, en *Zeitschrift des deutschen wissenschaftlichen Vereins zur Kultur und Landeskunde Argentinien*, VI Jahrgang, 1 Heft, 1920.

29. HRDLICKA, A., *Early Man in South America*, Washington, 1912.

30. KEILHACK, K., *Das Rätsel der Lössbildung* en *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. Monatsberichte*, 72 Band, número 6 y 7, Berlín, 1920.

31. KAYSER, E., *Lehrbuch der allgemeinen Geologie*, Stuttgart, 1912.

32. KANTOR, M., *Recherches océanographiques sur le litoral maritime de la province de Buenos Aires (communication preliminaire)*, en *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, tomo LXXXVI, 1919.

33. KEIDEL, J., *La geología de las sierras de la provincia de Buenos Aires*, en *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación* (sección Geología, Mineralogía y Minería), tomo XI, número 3, 1916.

34. KEIDEL, J., *Die neueren Ergebnisse der staatlichen geologischen Untersuchungen in Argentinien*, en *Compte rendu du XI^e Congrès Géologique International*, páginas 1127 a 1141.

35. LINCK, G., *Ueber den Chemismus der tonigen Sedimente* en *Geologische Rundschau*, 1913, Heft 5 u 6, Band IV.

36. LEHMANN-NITSCHKE, R., *Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XIV, (2ª serie, tomo I), Buenos Aires, 1907.

37. MEIGEN, W., *Laterit*. *Geologische Rundschau*, Band II, Heft 4, Leipzig, 1911.

38. MEIGEN, W. und SCHERING H. G., *Chemische Untersuchungen ueber Löss u. Lehmas der oberrheinischen Tiefebene* en *Mittheilungen der Grossh. Badischen Geologischen Landesanstalt*, VII Band, 2 Heft, 1914.

39. MEIGEN, W. und WERLING P., *Ueber den Löss der Pampas-Formation Argentinien*, en *Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i/Br.*, Band XXI, Naumburg a. d. S., 1915.

40. D'ORBIGNY, A., *Voyage dans l'Amérique méridionale*, tome troisième, 3^e partie, *Geologie*, Paris, 1842.

41. OUTES, F., HERRERO DUCLOUX, E., BÜCKING, H., *Estudio de las supuestas escorias y tierras cocidas de la serie pampeana de la República Argentina*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XV (2ª serie, t. II), 1908.

42. ROSENBUSCH, H., *Elemente der Gesteinslehre*, Stuttgart, 1901.

43. ROTH, S., *Beitrag zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien u. der Pampasregion*, en *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie u. Paleontologie*, Stuttgart, 1908.

44. ROTH, S., *Investigaciones geológicas en la llanura pampeana*, en *Revista del Museo de La Plata*, tomo XXV, Buenos Aires, 1921.

45. RICHTHOFEN, F. VON, *Führer für Forschungsreisende*, Berlín, 1886.

46. ROVERETO, C., *Los estratos araucanos y sus fósiles*, en *Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Buenos Aires*, tomo XXV, 1914.
47. SCOTT, W. M., *La corrélation des formations tertiaires et quaternaires dans l'Amérique du Sud*, en *Nouvelles recherches*, etc. (36, pág. 465-475).
48. STEINMANN, G., *Ueber Diluvium in Süd-America* en *Sonder-Abdruck aus den Monatsberichten der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, Jahrg. 1906, números 8-10.
49. STELZNER, A., *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Argentinischen Republik. Geologischer Theil*, Cassel u. Berlin, 1885.
50. VALENTÍN, S., *Geología*, en *Segundo Censo de la República Argentina en mayo 10 de 1895*, tomo I, Buenos Aires, 1898.
51. WALTHER, K., *Sobre la edad y el carácter geológico de la «formación pampeana» en el Uruguay* en *Publicaciones del Instituto Nacional de Agronomía, sección Mineralogía, etc.*, Montevideo, 1915.
52. WEINSCHENK, E., *Grundzüge der Gesteinskunde I Theil. Allgemeine Gesteinskunde als Grundlage der Geologie*, Freiburg 1/B, 1906.
53. WICHMANN, R., *Geología e Hidrología de Bahía Blanca y sus alrededores*, en *Anales del Ministerio de Agricultura*, sección Geología, tomo XIII, número 1, Buenos Aires, 1918.
54. WRIGHT, F. E. and FENNER, C. N., *Petrographic Study of the Specimens of Loess «Tierra Cocida», and Scoria collected by the Hrdlicka — Willis Expedition* en *A. Hrdlicka. Early Man in South America* (29, pág. 55).
55. ZIRKEL, F. M., *Examen microscopique des spécimens de Ramallo et Alvear* en *Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine*, *Revista del Museo de La Plata*, tomo I, Buenos Aires, 1907.
56. ZIRKEL, F., *Lehrbuch der Petrographie, III Band*, Leipzig, 1894.