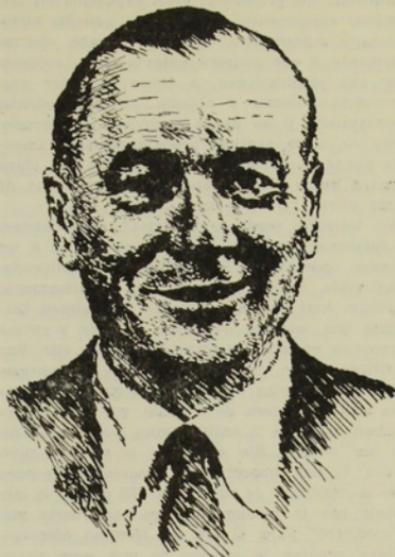


MIGLIORINI, UN
RENOVADOR DE
LA GEOLOGIA



Carlo Ippolito Migliorini (dibujo de José Frutos)

Correlación entre los Apeninos y los Andes

EL HOMBRE

Se cumplen ahora 10 años desde cuando la ley suprema anuló bruscamente todos los programas de investigación y estudio de Carlo Ippolito Migliorini, aún en la plenitud de su vigor físico e intelectual, haciendo desaparecer al más destacado geólogo italiano.

Es sumamente grato para mí recordarlo a los comunes amigos, a los conocidos, a los alumnos y a los que han oído o visto mencionar su nombre en relación a sus hipótesis, de las cuales algunas, con el pasar de los años, parecen reforzarse, perfeccionarse, avanzar en la marcha hacia lo desconocido.

Cuando lo conocí, Migliorini tenía 45 años y yo 22. Todavía alumno de geología en la Universidad de Pisa, me impresionó la personalidad de este investigador, por su contraste con el ambiente profesoral, doctoral, catedrático, muy a menudo dogmático, que se respiraba en la Universidad. Sus palabras expresaban concisamente lo que tenía que ma-

por el PROF. DR. GIOVANNI CECIONI
De la Escuela de Geología de la Universidad de Chile

nifestar, los problemas eran expuestos en términos sumamente exactos, con aquella metodología matemática que él dominaba elegantemente y que aparece todavía más evidente en sus publicaciones. A pesar de tener conversación amena y abierta, siempre hablaba seriamente y no usaba perifrasis o expresiones de doble sentido, procurando directamente poner en evidencia una situación tan clara que a veces podría haber hecho sospechar de una cierta falta de tacto.

No toleraba personas indecisas, diplomáticas, aduladoras; prefería un enemigo franco a un amigo oportunista. Su carácter bien delineado, inflexible, sincero, reflexivo y cáusticamente crítico, mal podría adaptarse al régimen fascista que entonces dominaba a Italia y varias veces se encontró en dificultades por ello. Sus críticas a los principales personajes políticos de entonces eran tan mordaces que les formaba una atmósfera de ridículo, que mal soportaban fascistas o antifascistas, por convicción o por temor. Sin embargo, la política tuvo para él una importancia secundaria, después de la familia y de su trabajo. El desprecio que tenía por la mediocridad era tan fuerte que "mediocre" para él era un término ofensivo. Para superar la impase de una muy suave y poco frecuente tartamudez, intercalaba malas palabras y blasfemias, en las cuales también se podría apreciar su genialidad. Todas sus ideas eran originales, no conformistas y a veces divertidas como por ejemplo, aquella sobre la subdivisión social de Italia: al sur del río Arno era Africa, entre este río y el Pó era verdaderamente Italia, más al norte era Alemania. Con una antropología alegre, había clasificado los distintos grupos étnicos italianos con varios nombres: *Siculopithecus longifetens*, para los sicilianos; *Pseudohomunculus diobolae*, para los toscanos, etc. Por su argucia y su posición anti neo-ari-totélica se puede comparar su toscandad a la de Galileo. Tenía necesidad de colaboradores despiertos, entusiastas, de iniciativa, a los cuales daba amplia libertad así como profundo sentido de responsabilidad. La educación que recibían en el terreno sus colaboradores eran tan formativa, que las autoridades universitarias nunca vieron a C. I. Migliorini y a sus colaboradores con mucho agrado, porque se habían formado en un ambiente crítico y antidogmático por excelencia. Ni él, a pesar de

haber obtenido la docencia libre, ni ninguno de sus colaboradores ha tenido jamás una cátedra universitaria en Italia.

Cuando en sus últimos años se presentó a concurso para la cátedra universitaria, fue puesto en el undécimo lugar después de una serie de candidatos bien conocidos por sus escasas capacidades que, desde luego, no me permitiré mencionar. Espero que algunos de éstos, ahora catedráticos, sepan manejar una Brunton. Me escribe un amigo: "El mejor geólogo italiano fue excluido de la Universidad, produciéndose un verdadero escándalo". Su excesiva sinceridad —hablaba libremente en público y con cualquiera, sobre todo aquello que sentía y encontraba mal hecho— produjo a menudo celos profesionales, los cuales no rebajaron su continuo deseo de perfeccionamiento; su curiosidad se apagó sólo una vez.

Fue la suya una vida de labor y de lucha trabajando hasta 16 horas diarias, para acostarse a las dos de la madrugada, pidiendo perdón a su esposa; contento, sin embargo de haber resuelto su problema, aclarado una idea.

Su señora, Vera Sanin rusa blanca cuya niñez transcurrió en Francia, fue una verdadera compañera. Lo acompañaba también en el trabajo, de una manera especial en Rodas bajando a los pozos, cuando Migliorini puso en funcionamiento el acueducto romano y solución, de una vez el problema del agua en aquella isla del Egeo.

Se conocieron en Rodas en el mes de junio de 1925 y se casaron allí, al año siguiente, cuando ella tenía 18 años y él 34. Una esposa tan comprensiva, e interesada por la labor de su marido, pudo soportar una vida durísima, con escasos recursos económicos, al ser encargado después para hacer la carta geológica de la isla de Rodas. En el año 1932 se terminó el trabajo y Migliorini con sus magros ahorros, pensó en poner una fábrica de cemento; empero, por no ser fascista, el negocio anduvo muy mal porque las propuestas las ganaban siempre los fascistas.

Este periodo durísimo, con dos hijos, terminó finalmente en 1934 cuando organizó el Congreso de la Sociedad Geológica Italiana en la isla de Rodas, en el cual los congresistas se dieron cuenta no sólo de la perfecta organización, sino también de la capacidad de

Migliorini, el cual, si hasta ahora se había limitado a la búsqueda de carbón, cromita, esmeril, oligisto, de ahora en adelante, se transformaría en geólogo estratigráfico y estructural, dedicándose a un campo completamente desconocido, es decir, a la búsqueda del petróleo.

Esta eminente figura entre los geólogos italianos nació en Bibiena, Arezzo, Toscana, en el año 1891; su padre fue buen amigo del conocido geógrafo Giotto Dinelli, y su madre, inglesa, tenía un hermano coronel del ejército inglés, Sir George H. Fowke; heredó así caracteres contrastantes que hacían de él un hombre excesivo en todo; en la dedicación a su trabajo, en las blasfemias, en la alegría, así como en la seriedad y en la honestidad de la cual estaba orgulloso. Su intuición era súbita, pero le gustaba meditar por mucho tiempo las ideas nacidas de su mente genial, siendo escrupuloso hasta en los más mínimos detalles; como escribe Facca, que fue uno de los mejores colaboradores y amigo, "regalaba ideas nuevas originales, llenas de fuerza, sentado en la mesa de un bar, solamente empujado por la pasión intelectual de discutir un tema, de comparar sus pensamientos con los de los demás".

Esta actitud abierta —hay que confesarlo— demasiado ingenua, fue el último análisis bastante útil a la geología; efectivamente, Migliorini habló mucho de sus ideas y publicó muy poco. Desde luego, hubo quien supo aprovechar de este renovador de la geología italiana; en una amplia memoria sobre la geología de los Apeninos Septentrionales, se encuentran ideas nuevas, hoy en parte no aceptadas por todos. "Todas las ideas (digo todas) que se pueden encontrar allí y en la así llamada Escuela Toscana, han sido expuestas en su mayoría verbalmente por Migliorini", me escribe un querido amigo, profundo conocedor a la vez de los Apeninos y de C. I. Migliorini. Terminada la escuela secundaria, viajó a Cornovalle; empero vivió solo, porque los parientes de su madre se habían trasladado a Londres. Recibió el título de ingeniero geólogo en la Camborne School of Metalliferous Mining, en 1912. Aquí y en Portugal efectuó trabajos de carácter práctico. A la edad de 15 años fue nombrado miembro de la Società Geologica Italiana, siendo un asiduo frecuentador del Instituto Geológico de Florencia,

entonces bajo la dirección de Carlo De Stefani; aún más, teniendo sólo 15 años, siendo alumno liceano, escribió su primera nota geológica sobre la caliza miocénica del Casentino, cerca de Florencia, nota que apareció en el Boletín, en 1910.

Durante la primera guerra mundial fue teniente de complemento, de artillería, así como después, en la guerra de Libia. En ambas se destacó y fue condecorado con la medalla de plata. En diciembre de 1919, siendo todavía oficial, fue enviado a Adalia, Anatolia, por el Comando del Cuerpo de Expedición Italiana en el Mediterráneo oriental, pues el Ministerio del Exterior quería estudiar las posibilidades de reactivar el acueducto de la antigua Lagón a través de la Llanura Panfilica de Cibuk-Han hasta Uzun-Kuju-Khave, con un largo de 20-25 kilómetros. El 8 de febrero de 1920, ya había terminado su misión.

El 26 de octubre de 1920 fue nombrado ayudante de Giotto Dainelli, entonces profesor de Geología en la Universidad de Florencia y ya académico de Italia, sólo con el fin de efectuar una investigación en la Anatolia suroccidental, exactamente en los distritos mineros de Maczl, Dalan, Mugla, Scalanova y Sokia. Al año siguiente volvió a Anatolia con el fin de proyectar una fábrica de ladrillos. En agosto de 1922 el general N. Vaccelli, entonces presidente del Instituto Agrícola Colonial, lo envió a Rodas con el fin de hacer el mapa geológico de aquella isla, mapa que fue ampliamente utilizado para la clasificación de los terrenos con fines catastrales.

Al año siguiente, el gobierno italiano encargó a Migliorini restaurar el acueducto romano de la isla de Rodas, así como estudiar sus posibilidades hídricas. De paso, estudió las áreas para nuevos cementerios, las posibilidades hidrologías de Scarpanto, Nisiro y Caso; los yacimientos de yeso de Armatia, las azufreras de Nisiro, etc. El Touring Club Italiano le encargó escribir el capítulo de Geología en el volumen "Guida del TCI. Prosedimenti e Colonie", editado en 1929, en Milán.

El profesor A. Martelli, presidente de la Società Geologica Italiana y también de AGIP (Azienda Generale Italiana Petroli) quiso hacer, en 1934, el Congreso Anual Geológico en

la isla de Rodas, y Migliorini fue encargado de organizarlo en compañía del profesor Ardito Desio, ambos socios vitalicios de la SGI y ambos profundos conocedores de la geología del Egeo.

Es suficiente leer las actas sobre este XLVI Congreso, vol. III, fas. 2, para darse cuenta de la perfecta realización del Congreso hasta en sus más mínimos detalles.

Tres meses después, Martelli exponía ante los miembros de la Società Geologica Italiana los resultados de la investigación petrolera en Italia: hasta la fecha no había coordinación entre los levantamientos geológicos y geofísicos se contrataban momentáneamente profesores universitarios o técnicos extranjeros, pero no se tenía entonces un órgano fijo. Se habían perforado 120 pozos con una profundidad total de 40.000 metros y se habían extraído en total 8.000 toneladas de aceite. Martelli invitó a Migliorini a hacerse cargo de la jefatura del Servicio de Estudios de AGIP y a formar un grupo de técnicos fijos, así como elegir técnicos consultores para las distintas regiones donde la empresa hacía su investigación.

Aquí se vio la ética profesional de Migliorini. No aceptó inmediatamente y el profesor Martelli, junto con doña Vera tuvieron que convencerlo para que aceptara esta nueva actividad, en la cual no había trabajado nunca y para que superara las muchas indecisiones. Una vez que hubo aceptado, "con su inexhaustiva capacidad de trabajo y con la seriedad profesional que lo distinguían se lanzó apasionadamente en el nuevo campo (y de verdad este adverbio no es exagerado), con pasión igual al ingenio" (Facca).

Uno de sus primeros y mayores triunfos fue el resultado de un solo día de trabajo: según el profesor Zuber, debajo de una serie molásica, tendría que encontrarse la Caliza del Col dell'Oro y la sonda tendría que permanecer en ésta. Según Migliorini se trataba de fallas inversas sobrepuestas y consecuentemente la sonda tendría que atravesar la caliza y volver a perforar la serie molásica. El ambiente académico estaba furiosamente en contra de la hipótesis de Migliorini por ser injustificada. Empero, la sonda atravesó la caliza y, como él lo había previsto, entró en la serie molásica.

Migliorini ganó el primer punto.

En el verano de 1935 conocí a Migliorini. Se había puesto en contacto con mi inolvidable profesor G. Stefanini, entonces Director del Instituto de Geología de la Universidad de Pisa y profundo conocedor de la geología de África oriental y especialmente de la Somalia.

Poco antes, en una guerra ignominiosa, las milicias fascistas, con ciertas dificultades y, no completamente, habían conquistado Etiopía, y la Dirección de AGIP, manejada entonces por el profesor Puppini, había decidido investigar las posibilidades petroleras de la Somalia, Etiopía meridional (Ogaden), habiendo ya intentado unos pozos en las islas Daalac, en el Mar Rojo, frente a la ciudad portuaria de Massaua.

El sueldo de Migliorini mejoró bastante porque sólo el viático era de 200 liras diarias, correspondientes entonces a 10 dólares. Las condiciones económicas tan modestas de Migliorini no reflejan, sin embargo, las condiciones de la mayoría de los profesionales en Italia y en aquella época. Empero ponen en claro que aquellos que no pertenecían al Partido Fascista no tenían derecho al trabajo y, si conseguían uno, su sueldo era muy bajo; imponían al Fisco como los demás, pero no tenían derecho a previsión social y a la jubilación. Esta inalficible resolución fascista afectó a toda la familia Migliorini después de la muerte de Carlo.

Puesto que conocía a Migliorini cuando éste necesitó unos ayudantes, mi profesor no dudó en proponerme. Al parecer, debido a que me encontraba en las mismas condiciones políticas que él, siempre tuvo para mí una conducta de afecto profundo. Yo había terminado recién mi segundo año de universidad y mis conocimientos de geología así como mi técnica en el terreno, eran simplemente ridículos. Migliorini fue mi maestro, pero no puedo silenciar la técnica fina de otro maestro, el doctor Francis D. Bode, jefe de las investigaciones geológicas de la Texaco, ahora, y entonces nuestro consultor en Somalia y sincero amigo de ambos. Hace poco hablé con él de Migliorini, en Nueva York, y todavía conservaba de este "gentleman" un profundo recuerdo. "No se podía conocerlo sin experimentar la fascinación de su poderosa personalidad: nadie se quedaba indiferente frente a él; debía quererlo u odiarlo. Este es

el hombre al cual hemos querido y muchos llorábamos en la paz intensa y serena del Cementerio de los Laureles, cuando un ataúd fue sacado de la luz del sol" (Facca).

Los inviernos 1936-38 los pasamos juntos en Somalia; en los veranos se volvía a Italia con el fin de estudiar con el profesor Stefanini los fósiles encontrados y discutir los problemas más importantes. En 1939, Migliorini partió de nuevo para Somalia, pero yo no pude acompañarlo porque tenía que prepararme para obtener mi título. Obtenido éste, Migliorini me invitó a trabajar con él en AGIP. Al no poder tener un empleo normal, por no ser fascista, volví a África con otra empresa, no sólo porque me encantaba aquel continente sino también porque habian empezado los primeros cañonazos de la segunda guerra mundial.

Migliorini se había instalado en una casa de alquiler en Via Masaccio, siempre en Florencia, donde murió, sin lograr dejar renta alguna a su familia.

En el periodo de la última guerra, Migliorini tuvo la oportunidad de conocer a fondo los Apeninos. Maduró varias hipótesis y mejoró otras anteriores. "Quien puede acceder a los archivos de AGIP, escribe Facca, sabe que entre 1934 y 1943 fueron escritos por Migliorini un número inverosímil de informes, cada uno rico en ideas al mismo tiempo sencillas y geniales por medio de alguna de las cuales Migliorini transvasaba a Italia la mejor experiencia geopetrolífera mundial, mejorándola también en la aplicación concreta a los distintos problemas. Asombra la variedad de temas tratados en los informes: todas las regiones de Italia, las investigaciones en las islas Daalac y en Eritrea, las expediciones en Somalia y en Ogaden (zona base para los conocimientos de estas regiones), los problemas relativos a las investigaciones en Austria, Irán septentrional". Sin embargo, su romántica pasión es dirigida especialmente a los Apeninos, donde "alcanzó a ligar los microfenómenos de la sedimentación a los macrofenómenos de la tectónica".

Al volver a verlo en 1943 me dio la impresión de que se había tornado nervioso; posiblemente su posición política tiene que haberle producido molestias. Me invitó a trabajar con él y acepté. Desgraciadamente pocos meses después, él fue despedido por no

ser fascista (y yo también, por no querer colaborar con los alemanes) y con su familia dejó Florencia y se instaló en un caserío de los Apeninos Toscanos, donde pudo seguir observando los bancos sedimentarios de una arenisca, llamado "macigno" (se pronuncia machiño). Fue otra vez un período económicamente duro; los ahorros, desvalorizados rápidamente, se desvanecieron, así es que tuvo que vender las pocas joyas de familia que poseía, unos relojes y hasta la Leica, de su predilección. El temor de ser delatado a los alemanes por antifascista tiene que haber sido notable.

En las tres biografías sobre Migliorini escritas hace años, se hace caso omiso de su posición política. Echado de la Empresa Petrolífera, siguió como siempre frecuentando el Instituto de Geología de la Universidad de Florencia, donde podía consultar una bien provista biblioteca. Un día fue echado también de allí por su antifascismo. Giotto Dainelli, aún más fascista en el período de la efímera República Social Fascista, hizo poner a Migliorini a la puerta por los custodios y denunció a su ayudante Facca por antifascista, exponiéndolo a una serie de complicaciones y peligros. Esta manera de actuar, infamante para algunos universitarios italianos, pone en evidencia el exagerado temor de ellos, la ceguera o exaltación política, así como la escasa estima que tenían por Migliorini, a pesar de reconocer en parte su talento; en general lo consideraban un "practicón". La prueba de esto la encontramos principalmente en la biografía de Azzaroli, el cual escribe: "it would be a mistake to think that Migliorini was solely a "practical-man". La ley romana pone bien en claro que "excusatio non pedita, accusatio manifesta", es decir quien se disculpa se acusa.

Cuando el ejército aliado ocupó Italia, Migliorini se fue a Roma donde ganó algo al parecer haciendo de intérprete de los aliados. En este período de arreglo, cuando todavía el Japón seguía luchando, yo recibí de la Standard Oil Co. la invitación a redactar para ellos un informe sobre las posibilidades petrolíferas de la Somalia. La compañía AGIP estaba en disolución, por lo cual no me pareció lesivo a mi ética profesional informarlos; sin embargo me fui a Florencia a consultar a Migliorini. Estaba enflaquecido,

pero tenía mucha confianza en el porvenir de Italia; ganaba muy poco y había vuelto a frecuentar el Instituto de Geología de aquella universidad, cuyo director, Giotto Dainelli, en consonancia a su conducta, se había fugado.

Supe así que Migliorini había recibido la misma invitación de la Sinclair Oil Co. y que ésta, como la Standard, buscaban la manera de obtener una concesión del gobierno etíope. Salió ganando la Sinclair y Migliorini fue su consultor así como después lo fue también de la Anglo Iranian Oil Co. Fue aquél un período de intenso trabajo, cuya recompensa económica le permitió cancelar las deudas contraídas durante la guerra y darse al fin un cierto bienestar. Siguió trabajando para el petróleo por un lustro, y luego se dedicó a la búsqueda y explotación de la energía geotérmica, también aquí ayudado por Facca, pasando a ser consultor de la Sociedad Larderello. En 1950, después de dos años en que yo había levantado parte del Norte Argentino, desde la frontera chilena hasta el Chaco, comuniqué a Migliorini que había logrado poner en evidencia la presencia de cuñas compuestas en los Andes. El creador de esta hipótesis no se maravilló por esto, nuestra correspondencia se intensificó y muy útiles fueron sus últimos consejos.

En febrero de 1953 fue a Uganda con el fin de estudiar sus posibilidades en cuanto a energía geotérmica. "Este debía ser su último viaje: de vuelta de aquella Africa que él quería —escribe Facca— y donde había pasado cuatro años en exploraciones, posiblemente por primera vez en su vida fue invadido por una invencible impotencia física, por una sensación que el cuerpo ya no obedecía a la voluntad de su espíritu. Aquel físico excepcional, que había superado pruebas no comunes, había sido invadido traidoramente por el cáncer; el epiteloma trabajaba desde años en la destrucción. Los síntomas aparentemente eran insignificantes: una pequeña úlcera a la nariz, un lunar sangriento en la espalda; en realidad el mal verdaderamente maligno había puesto sus raíces en los órganos vitales, en los pulmones, en el corazón, y así como en la famosa novela de Pirandello, la muerte había arrojado su flor en aquel cuerpo que no quería morir.

"Y ahora un episodio típico de aquella personalidad prepotente de Migliorini; dos días antes de su muerte, cuando ya el corazón debilitado y destruido no alcanzaba a cumplir su misión, aquel hombre de más de sesenta años, se levanta de la cama, baja al living y brinda con una botella de champagne a su salud en compañía de su familia".

"Después, sobre aquel indomable cuerpo, sobre aquella mente excelsa, la agonía toma posesión, y en las oscuras neblinas de la muerte que ya venía, afloran todavía palabras de trabajo y de ciencia, ahora vanas y nulas, impotentes y patéticas".

El Investigador

Como los olivos, cuya baya nos proporciona a la vez sustento y luz, arraigados y tardios, así las hipótesis de Migliorini, basadas en numerosas observaciones y datos experimentales, fueron publicadas mucho después de que brotaron.

En lo que se refiere al petróleo, como justamente pone en evidencia Facca, el fue el primer geólogo del petróleo italiano. Los conceptos alcanzados por Migliorini, fundamentales para la búsqueda del petróleo en Italia, son los mismos que rigen hoy en día, con algunas modificaciones debidas a factores locales; sus métodos y sus planeamientos geológicos generales, llevaron a incrementar la producción de petróleo y de gas. Fue el primero en aplicar los estudios sísmicos en el Llano del Po y el primero que desarrolló los estudios micropaleontológicos aplicados, continuos. Contrató a un zoólogo, Enrico Di Napoli Alliata, animándolo y empujándolo a estudios de carácter científico y práctico, aunque anteriormente hubiese aconsejado a Enrico Marchetti, joven geólogo entonces apasionado de la geología estructural, a dedicarse al estudio de los numulites, que planteaban serios problemas de carácter estratigráfico. Entonces ningún italiano aplicaba la micropaleontología al estudio de las series estratigráficas y por esto en 1936 el trabajo de O. Renz sobre la microfauna de la "Scaglia" de los Apeninos centrales produjo mucho revuelo en Italia.

El concepto que a lo largo del margen externo, adriático, de los Apeninos, se desarrollaron en el Terciario cuencas que tenían estrecha analogía geológica entre sí, lo llevó a

la síntesis genial de la Fosa Bradanica, una depresión entre los Apeninos Lucanos y La Murge. Esta última constituye el antepaís. Según Migliorini, aquellas fosas externas son las que pueden haber tenido más posibilidades naftogénicas, y especialmente la Fosa Bradanica adonde ahora hay importantes campos petrolíferos.

Si nosotros miramos ahora a los Andes, los cuales tienen bastante parecido con los Apeninos, observamos que la misma concepción se puede aplicar en esta cordillera más grande, en la cual los campos petrolíferos importantes se encuentran exactamente en su ladera oriental, es decir en la Serranía Subandina, hacia el antepaís, en aquella amplia y larga depresión externa, cuna de una acumulación de sedimentos continentales jóvenes, a los cuales se unen bancos marinos sólo en los extremos andinos. Venezuela y Magallanes. Edad y facies son los conceptos que permiten a Migliorini ligar lógicamente la reconstrucción tectónica y paleogeográfica de amplio alcance, pasando de los detalles a lo general.

Para cada época, para cada formación, él proyectaba allí unos ejemplos de la sedimentación actual; reconstruía el paleo-paisaje sobre los modelos de los paisajes supra o submarinos actuales. Todos tendríamos que tomar esta costumbre para una mayor comprensión de los fenómenos geológicos la cual no es posible sin esta continua imaginación; y si no hay imaginación, no hay ni ciencia ni bellas artes.

El afán del petrolero es encontrar estructuras y rocas acumuladoras y entre éstas las areniscas son las más cotizadas. Migliorini (1949) puso en evidencia que numerosas formaciones clásticas de los Apeninos no pueden funcionar como rocas acumuladoras por no tener permeabilidad primaria y así son descartadas como tal el Macigno (oligocénico, antes considerado eocénico), la Pietraforte, otro sedimento arenoso la Caliza Numulítica que es una brecha calcárea cuyos granos se presentan clasados, y más hacia la parte oriental de los Apeninos, la Serie Margoso Arenosa Romañola la cual es más nueva que las mencionadas antes, indicando así a Migliorini que semejantes facies se constituyen sucesivamente en el tiempo y en el espacio, de W hacia E.

Sucesivas fases tectónicas son la causa de este tipo peculiar de sedimentos, al levantarse de arrugaciones sucesivas desde el Tirreno hacia el Adriático. Semejantes formaciones clásticas indican, entonces, que contemporáneamente había una arrugación en marcha.

La formación del macigno estimulaba en él una curiosidad especial, y con aquel amor por la exactitud y por las evaluaciones cuantitativas, hacia las cuales tenía una tendencia natural por su exquisita preparación matemática, se puso a observar el ritmo de estos bancos arenosos sus espesores constantes, la distribución de los granos de distintas dimensiones, su inmadurez, y llegó a la conclusión de 1943 que semejantes areniscas habían sido redepositadas por corrientes de turbidez. En 1948, en el Congreso Geológico Internacional de Londres, se encontró con el profesor Kuenen, el cual independientemente, había alcanzado conclusiones análogas, exclusivamente con trabajos experimentales en los laboratorios. El artículo que publicaron juntos es un "clásico" de la geología.

Una nueva ciencia había nacido: la sedimentología, la cual en sólo 10 años hizo modificar o rechazar viejas interpretaciones, a la vez que ha creado métodos experimentales que dan una mayor exactitud. De una corriente de turbidez en contacto con el fondo marino, si es levantada bruscamente por un obstáculo se precipitan los granos gruesos junto a los finos, finísimos microscópicos y ultramicroscópicos, mezclándose en la base del banco. Si fueran corrientes normales de fondo que hubiesen tenido una velocidad tal para transportar los granos gruesos, éstas no habrían permitido la deposición de los más finos. Es el clásico principio de los lavaderos de minerales metálicos. Si el material del macigno derivara de turbideces superficiales sobrepuestas a aguas tranquilas, la parte basal estaría compuesta exclusivamente por material grueso; esto efectivamente fue puesto en evidencia por primera vez por Fossa Mancini en 1922, al cual la geología de Sudamérica debe bastante.

Formaciones resedimentadas fueron después estudiadas en toda Europa y en las Américas. Los estudios clásicos sobre el flysch se basan casi todos sobre la hipótesis de Kuenen y Migliorini (1950). Con el fin de interpretar

el wildflysch hubo necesidad de apelar también a los derrumbes submarinos (que pueden verificarse mientras que se produce una corriente de turbidez) y que pueden acarrear elementos mayores de 10 cms. de diámetro siendo incapaces de hacerlo las más densas y veloces corrientes de turbidez. Ahora la medida de diámetro ha sido substituida por la más exacta expresión de masa.

En Chile se está observando que no siempre los granos más gruesos están en la base, sino que generalmente se encuentran en la parte subcentral, o en el tercio inferior, parte alta, porque es allí donde se tiene una mayor velocidad en la corriente turbia. Esto no había sido observado antes y en efecto es raro, pues esta última disposición de los granos puede observarse, además que en el terreno en los depósitos producidos artificialmente por Kuenen, tal como se constata en los reproducidos fotográficamente en la lám. 4, fig. A. Algunos autores rechazan esta hipótesis de Kuenen y Migliorini y atribuyen la estratificación gradada arcillosa a los fenómenos que actúan en los deltas. Los estudios efectuados recientemente en Norteamérica ponen en evidencia que los depósitos deltaicos cerca de la costa serán los que más fácilmente proporcionarán, por una sacudida, material a corrientes de turbidez, las cuales bajan de los shelf a las profundidades marinas. Sin embargo, ni en el terreno ni en los laboratorios se ha podido comprobar la hipótesis deltaica. El que suscribe, ha observado depósitos deltaicos seguros, recientes y antiguos, sin haber jamás encontrado estratificación gradada arcillosa. Justamente Trevisan afirma que los resultados de Migliorini "están destinados a tener un eco todavía más amplio en el futuro".

Data de 1933 uno de los más importantes trabajos de Migliorini: el que se refiere a los "derrumbes orogénicos". El tema planteado es uno de los más difíciles de los Apeninos: naturaleza, edad y procedencia de las "argille scagliose (arcillas escamosas). Estas se presentan sumamente caóticas y tienen adentro, envueltas, embaladas, masas a veces enormes de rocas ofiolíticas, a menudo reducidas en frones, desgarrados y frecuentemente cementados por calcita, siendo tectónicos los contactos. G. Steinmann llamó a esta formación arcillo-esquistoso-ofiolítica y Rovereto

en 1933 introdujo la noción de aloctonia para esta formación antes considerada autóctona: Steinmann y Rovereto son nombres familiares a los que conocen la geología de Sud América. Unos geólogos piensan que las arcillas escamosas representan una napa de sobresurrimiento, es decir una unidad estructural coherente movida por empuje lateral, desde el Oeste; se hablaba de Napa de las Arcillas Escamosas con relativos mantos calcáreos y desarraigados y llevados por ellas. Las ideas eran bastante confusas y las interrogantes encontraron algunas soluciones en la teoría de origen aloctona; en las Arcillas Escamosas nunca se encuentran diques o canales de salida de las ofiolitas; el macigno que se encuentra en la base de estas arcillas tampoco está cortado por aquellas rocas básicas, cuyas dimensiones van decreciendo hacia el Este. Presencia de fósiles en las arcillas, más antiguos que los encontrados en el macigno, que está debajo. Así es como los Apeninos entraron en la literatura geológica, especialmente alemana como "deckenbau", a pesar de las afirmaciones contrarias de los autores de la Escuela Toscana, los cuales no podrían aceptar la mecánica de este empuje.

Migliorini pone en evidencia ante todo las propiedades mecánicas de las rocas y se opone a cualquiera tentativa de explicar la tectónica de los Apeninos por medio de napas de recubrimiento e introduce en la geología de los Apeninos el concepto de una doble tectónica: la del basamento, esencialmente vertical y de fallas, y una tectónica de flysch, en su conjunto, esencialmente gravitacional como consecuencia de la primera, dando lugar a derrumbes orogénicos o tectónicos; las masas ofiolíticas más pequeñas pudieron alejarse notablemente de las zonas originarias por etapas sucesivas, correspondientes a las distintas fases de derrumbes y deslizamientos.

La nota es considerada preliminar por el mismo Migliorini, y no contiene ejemplos, como tal, y las citaciones son muy escasas. Jeffrey's en 1931 había sugerido una expansión por gravedad de los tumores orogénicos cuando éstos alcancen perfiles de las pendientes incompatibles con la resistencia de las rocas que los constituyen. Migliorini admite, como postulado, la isostasia de Airy, por la

cual en la zona de flujo, el sima tiene que ser menos viscoso que el del sial, condición que permite la formación de las raíces del orogeno. El apretón orogenético, debido a un desequilibrio entre empuje orogénico y resistencia costral, va a producir una **espesura orogénica** de la costra litoide flotante, la cual está constituida en superficie por el **arrugamiento orogénico** (cadena montañosa) y en profundidad por las raíces. Como consecuencia del apretón orogenético, tendremos entonces otros procesos consiguientes: expansión de las raíces, erosión y sedimentación, expansión gravitativa del arrugamiento orogénico y **arreglo isostático**.

La expansión de las raíces —si no interviene otros factores, y si éstas prevalecientemente siálicas, actuaron como un líquido perfecto, aunque viscoso— llevaría a la desaparición de todo desnivel superficial que requiera sustento isostático. Hay cierta analogía entre esta idea y la de Argand, cuando en la **Tectonique de l'Asie** indicó la posibilidad de **plis de fond**.

Acción análoga a la mencionada arriba se efectuará también por los procesos de erosión y sedimentación, los cuales tenderán a alejar material; a distancia mayor aunque localizada de la espesura orogénica, esta acción continuará también después del apretón orogénico.

La expansión por gravedad de las arrugas orogénicas tendrá lugar cuando la inclinación del material que las constituye alcance el ángulo de descanso. Análogamente al fenómeno anterior, con éste, los materiales serán transportados por distancias menores y en masas más reducidas.

Esta expansión gravitativa terminará con la extinción del apretón orogénico, empero podría volver a producirse, en escala reducida, por la constitución de pendientes bruscas erosivas. Entre los derrumbes normales y los orogénicos tiene que existir un matiz de términos intermedios.

La intensidad de los procesos erosivos, sedimentarios y de expansión gravitativa aumentará en las crestas de las arrugas orogénicas, porque estará afectada por arreglo isostático positivo; serán negativas las áreas marginales cargadas todavía más por los materiales; este balanceo mantendrá pendientes fuertes, las cuales favorecerán todavía más

la erosión, la sedimentación y la expansión gravitativa.

Ahora si el empuje orogénico tiene larga duración sin disminuir su intensidad, subirán en las arrugas orogénicas los materiales de origen profundo graníticos, nélsicos, debido al empuje de flotamiento, substituyendo los más blandos soportados. Esta substitución tendría que cicatrizar, reforzándola la faja de máxima debilidad costral, afectada por la compresión. Semejante cicatrización podría cerrar un ciclo orogénico. Si el empuje orogénico disminuye de intensidad irregularmente tendríamos entonces una alternación compleja de movimientos verticales positivos y negativos, los cuales explicarían las variaciones paleogeográficas (secuencia de **regresiones e intrusiones**), fenómeno llamado **orogénesis atenuada** y que sigue casi siempre a los más importantes diastrófismos.

Resolvía así Migliorini el caso de las Arceles Escamosas de los Apeninos, al mismo tiempo que la génesis de aquellas estructuras de culminación que los primeros estudiosos de los Apeninos habían llamado **cúpulas o elipsoides**.

Efectivamente, después de 30 años exactos, se entiende mucho mejor que entonces la idea precursora de Migliorini sobre la importancia de los fenómenos de derrumbe y deslizamientos gravitativos, así como sobre la importancia de la orogénesis atenuada en el marco de la orogénesis y del arreglo isostático. Hoy se descarta así, con los trabajos de Migliorini, cada tentativa de explicar la tectónica de los Apeninos con la teoría de las napas de sobrescurrimiento, y en substitución, él hizo hincapié sobre las propiedades mecánicas reales de las rocas, como condición de posibilidad frente a las hipótesis tectónicas.

No hay que olvidar que no todos los autores están de acuerdo con Migliorini; hay quien por distintos motivos ha vuelto a ser **napista** como Trevisán y su escuela, Selli, Accordi et coetera.

Volviendo a las propiedades mecánicas reales de las rocas, Migliorini (1949) plantea conceptos completamente nuevos, basándose en los conocidos experimentos de Griggs y de Goranzon. Migliorini se plantea ante todo el problema sobre hasta qué profundidad la litosfera deja de actuar elásticamente, rom-

piéndose, para convertirse en estado plástico, doblándose y metamorfoseándose, por un esfuerzo orogénico: "en otras palabras cuál podría ser el espesor de la zona de fractura". Griggs estableció que una roca de densidad media de 2.8 se vuelve plástica a 7.400 mt. de profundidad, y si es de 2.5 a 8.200 mt. Como en estos experimentos intervienen otros factores y faltan otros existentes en la realidad las cifras antes mencionadas pueden dar a lo sumo el orden de amplitud. Con el fin de fijar las ideas Migliorini considera provisionalmente que el paaje al estado plástico de la litosfera se verifique entre 7 y 20 kilómetros de profundidad.

Además de esta plasticidad que existe en profundidad, existe otra plasticidad según Migliorini, que él llama plasticidad por incoherencia (corresponde más o menos al término americano *incompetent*, desagradable en inglés e intolerable en los idiomas neolatinos), también ésta muy importante en tectónica, originaria de las rocas pelíticas y psamíticas o debida a la fracturación frecuente producida por presiones diferenciales. En estos materiales poco coherentes la resistencia de las deformaciones es el efecto del roce entre los elementos microscópicos y macroscópicos que constituyen la masa plástica; este roce se combina con fenómenos de tensión superficial y con los efectos de los coloides.

La diagénesis, debida a la sola compactación, es muy imperfecta en las rocas calcáreas, empero óptima en las margas y las arcillas así que éstas pueden transmitir muy bien el esfuerzo de cizalle. Inversamente la diagénesis de los depósitos psamíticos no puede producirse por compactación, porque ellos necesitan de las acciones cementantes de las aguas circulantes. Las aguas podrán empezar a circular cuando las deformaciones costales perturben el equilibrio hidrostático subterráneo, lo que en general implica el solavamiento sobre el nivel del mar.

Generalmente las rocas consolidadas por cementación alcanzan una resistencia muy superior a la de las rocas arcillosas consolidadas solamente por compactación y éstas no serán susceptibles de una sucesiva consolidación por cementación porque no dejan circular las aguas.

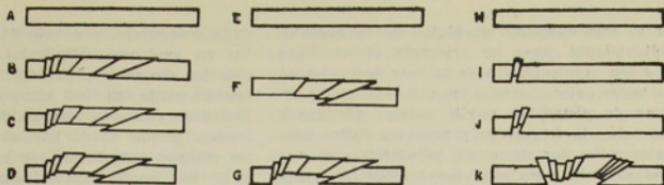
Ahora, en la reconstrucción de la historia tectónica de las formaciones, hay que tener

bien presente la manera de actuar de las rocas arcillosas y de las psamíticas en general frente a las acciones deformadoras, primero cuando éstas están todavía bajo las aguas en las cuales tomaron origen, y, segundo, cuando por cualquiera razón se levantaron arriba del nivel de éstas.

Si una fuerza deformadora afecta a una arcilla en la primera condición ésta, compactada y deshidratada, se hace resistente, lo que le permite transmitir bien los esfuerzos de cizalle y será afectada por fallas. Las psamitas, en las mismas condiciones, no siendo cementadas, serán afectadas por deformaciones plásticas, es decir en aquellos elegantes y no muy grandes pliegues que se pueden observar en el Cretáceo de la Cuenca de Magallanes o en el Liásico de la formación de Los Molles por ejemplo.

La misma u otra forma deformadora obliga ahora a estos mismos sedimentos a levantarse sobre el nivel de las aguas donde se originaron y donde fueron en parte deformadas. Las arenas mojadas, debido a la circulación de otras aguas mineralizadas, se cementan generalmente con calcita y conservan en parte la forma de los pliegues elegantes que se habían desarrollado en éstas. Si empero después de esta cementación interviene otra fuerza deformadora, estos pliegues los bancos, serán afectados por fallas. Inversamente, las arcillas suben ya compactadas, afectadas por fallas, y las aguas superficiales volverán a transformar estas rocas en material poco coherente, es decir en condiciones de plasticidad. Es así como una vez subidas sobre el nivel de las aguas las arcillas si son afectadas por una cualquiera acción deformadora, desarrollarán pliegues que se sobrepondrán a las fallas más antiguas. Los papeles de los dos tipos litológicos se han invertido, contrastándose netamente.

Los barros calcáreos actúan de una manera bastante rara; a veces se consolidan por cementación, otras veces son refractarios a esta acción y permanecen blandos y poco coherentes. Las rocas calcáreas detríticas (tienen que ser consideradas como todas las calizas muy bien estratificadas), son primero plásticas por incoherencia y luego elásticas por compactación. En los Apeninos meridionales se pueden observar calizas silíceas,



triásicas, de delgada estratificación, intensivamente plegadas plásticamente y afectadas por importantes fallas, expuestas con extensos espejos.

Si en una determinada faja litica las rocas, sobrepuestas una a la otra, son todas coherentes, y si interviene una fuerza tangencial, la faja litica será afectada por un lado de fallas inversas de ángulo bajo; sin embargo este ángulo tiene valores siempre más altos, al pasar desde el lado externo hacia el centro de la faja, hasta que estas fallas inversas pierden este carácter y se transforman en fallas normales, al contrario de lo considerado anteriormente. Resultan teóricamente una serie de cuñas (teoría de las cuñas compuestas de Migliorini) muy inclinadas en el lado de las fallas inversas, y verticales en el lado de las fallas normales. Es ésta una cuña compuesta regular.

Si en una determinada faja litica las rocas, sobrepuesta una a la otra, presentan espesores notables de sedimentos plásticos por incoherencia, además de un manto superficial de cobertura con poca coherencia, y si interviene una fuerza tangencial, la faja litica se acortará, no por medio de una cuña compuesta única y regular, sino por medio de una irregular, porque en correspondencia con las zonas plásticas por incoherencia, las fallas que se desarrollan desde abajo hacia arriba, no podrán llevarse a cabo; se apagarán, debido a la incapacidad del medio para transmitir esfuerzos de corte, y entonces serán substituidas por deformaciones plásticas. Las rocas rígidas actuarán permitiendo el desarrollo de las fallas.

Los depósitos más nuevos, que constituyen el manto superficial, son los que han tenido menos posibilidades de una diagénesis más acentuada, además de haber sido afectados por una serie de fenómenos superficiales que han debilitado sus coherencias. Si las fallas llegan a este manto, es muy probable que se apaguen

en él, pudiendo desarrollar en el manto incoherente una serie de pequeños anticlinales, cuyo plano axial será la continuación del plano de falla que está inmediatamente debajo.

Puede verificarse el caso de que una faja litica, al ser comprimida, sea afectada por fallas inversas de ángulos bajos en ambos lados; en este caso tendremos en la parte central de la cuña compuesta una serie de fallas normales y subverticales; el techo de la cuña elemental central será entonces topográficamente más bajo que los techos de las cuñas que se desarrollaron en sus lados. Empero, si consideramos el techo de la faja litica no afectada por la cuña compuesta, el techo de la cuña elemental central se encontrará a una altura relativa superior, es decir el techo de esta última se levantó menos que los techos de las otras cuñas que constituyen todo el conjunto de la cuña compuesta. Aparentemente se presenta como una fosa tectónica, un graben; sin embargo no se hundió sino que se levantó menos.

Después de haber demostrado que la formación de una cuña compuesta es debida exclusivamente a un proceso de acortamiento, Migliorini pasa a analizar si la cuña compuesta es debida a sola compresión o si además de ésta hay también distensión; llega a la conclusión de que si la hipótesis por compresión y distensión es posible, la más probable es la hipótesis por sola compresión, la cual involucra complicaciones y desplazamientos verticales menores.

Sus observaciones sobre los tipos de falla que afectan a una cuña compuesta, es decir las inversas y las normales, permiten establecer que las fallas normales de las cuñas compuestas observadas hasta la fecha presentan estrías además que brechas de fricción, argumento éste en favor de la hipótesis según la cual las cuñas compuestas se formaron por sola compresión.

Efectivamente Migliorini recuerda que al ha-

cer el levantamiento geológico de la Somalia Septentrional, puso en evidencia en el Golfo de Aden (prolongación de la fosa tectónica de los lagos galos, parte a su vez del sistema de fosas de distensión o *rift valleys* africanas) una serie de frecuentes y enormes fallas normales; sólo una de estas presentaba un espejo de falla. No sólo las brechas de estas fallas son muy peculiares, los fragmentos presentan dimensiones muy distintas, generalmente grandes, también de varios metros cúbicos y se presentan amontonados uno encima de otro sin apisonamiento, de tal manera que hay espacios vacíos entre ellos. Se trata evidentemente de peñascos caídos desde lo alto en hendiduras abiertas. Este tipo de brecha de falla no se observa en las fallas normales de las cuñas compuestas.

El cierre de la cuña compuesta se verificará cuando, con el progresar del acortamiento, las bases de la faja litica rígida, no afectadas por las fallas, se pongan en contacto entre sí, impidiendo el ulterior acortamiento, así como el sollevamiento de las cuñas elementales.

Si después que se ha constituido una cuña compuesta la compresión sigue, se constituirá otra cuña compuesta más o menos paralela a la anterior, y donde la resistencia es menor, generalmente hacia el exterior; este fenómeno cuadra bien con la conocida sucesión de arrugas orogénicas desde el interior hacia el exterior de los arcos montañosos.

Al sollevantarse las cuñas elementales, deben producirse derrumbes orogénicos subaéreos muy semejantes a los derrumbes comunes, entre los cuales debe existir un matiz; la causa de los segundos es distinta siendo debido a la acción distinta de la erosión; sin embargo, ambos fenómenos se producen por caída de material sobre pendientes que alcanzaron una inclinación superior al ángulo de descanso de los materiales. El que suscribe piensa que ha visto brechas sueltas que bien podrían tener esta génesis; se encuentran cerca de las fallas que afectan la Serranía de Santa Bárbara en la provincia de Jujuy, Argentina. Empero, demostrar que efectivamente tengan este origen exigiría un estudio muy prolijo de los afloramientos.

Los derrumbes submarinos, que también pueden producirse mientras se constituye una

cuña compuesta, son más fáciles de ser puestos en evidencia. Migliorini cita como ejemplos los derrumbes que fueron estudiados minuciosamente en los campos petrolíferos de Ecuador y Perú por Baldry y Barrington Brown, y que ahora han sido reconocidos en los campos petrolíferos de los Apeninos, donde se ha llamado *olistostromas* a los paquetes de capas deslizadas.

Las Margas Multicolores del Norte Argentino, presentan a veces estos derrumbes en el anticlinal de Zapla, Arroyo del Moralito, por ejemplo. Al mismo tiempo la analcima, que se estaba constituyendo, sufría en su latex, presentándose ahora como un cristal birrefringente.

El desprendimiento y deslizamiento de estos *olistostromas* puede ser imponente: en Ecuador alcanzaron a deslizarse hasta 24 kms. y en algunas series falta un paquete de estratos que puede variar de 900 a 1.200 mts.

En la parte de la cuña compuesta donde hay fallas normales, si una de éstas es vertical puede pasar que un paquete de bancos se ponga vertical contra la falla y hasta se caiga hacia atrás, generando posiblemente aquellas estructuras llamadas *flap structures* por Harrison y Falcon en Persia. Efectivamente, parece que algunos paquetes de macigno invertido en los APENINOS sean debidos a este fenómeno; el que suscribe ha podido ver un paquete de macigno a la altura de 2.000 mts., completamente invertido y en posición subhorizontal.

Según el tipo de despliegue y de rocas, pueden producirse también más o menos de la misma manera *klippen*, es decir grandes exóticos rocosos angulosos, sin relación evidente con el substrato; estos exóticos tendrán que constituirse en la parte de la cuña compuesta donde hay fallas inversas.

Existe hoy en Italia, una cierta tendencia a rechazar el concepto de los empujes tangenciales venidos desde el W sobre la faja rígida del substrato; de esta manera se duda de la existencia de las cuñas compuestas. Parece que no se puede demostrar la existencia de fallas inversas en la pendiente apeninica hacia el Adriático. El basamento, metamórfico y mesozoico calcáreo se interpreta hoy como movido verticalmente con producción de *graben* y de *horsten* sin plegamiento. Es decir

hay una corriente moderna dirigida hacia la teoría de la tectónica de bloques.

El que suscribe tiene la impresión de que se tomó una teoría, la más moderna y se aplicó a los Apeninos, sin desarrollar, sin embargo, los trabajos de terreno y sin la ayuda de una topografía exacta con alidada y plancheta (o como la llaman allá, plancheta pretoriana), la cual nunca fue usada por los geólogos. Es su opinión que determinadas fallas no pueden ser descubiertas sin este método. Por lo tanto es éste un tema de discusión.

Nosotros tenemos que mirar los hechos que ofrecen también los Andes, donde se puede ver claramente dos tipos de tectónica, la de las Serranías Subandinas que afecta los sedimentos del miogeosinclinal (generalmente molásico y continental) y el de los Andes verdaderos y de la Cordillera de la Costa que afecta depósitos marinos, con flysch y molasa, de los geosinclinales auténticos.

El levantamiento geológico que el que suscribe efectuó en tres años (1948-51) en la provincia de Jujuy, puso en evidencia pliegues y fallas que inducen a pensar en la existencia de cuñas compuestas. El levantamiento fue efectuado con la ayuda de la topografía a la escala 1:10.000 abarcando un área extensa y permitiendo hacer un perfil geológico perpendicular a las estructuras y del orden de 200 kms. de largo. La geología es bastante fácil, pero no es fácil el acceso. Se reproducen aquí tres perfiles correspondientes a la Serranía del Chañi, a la de Zapla y a la de Santa Bárbara, desde W hacia E, eliminando la Serranía de Tilcara, de la cual se tienen datos demasiado escasos. Se elimina también la descripción estratigráfica que puede encontrarse en las muchísimas publicaciones que se refieren a esta área.

En la Serranía del Chañi no se pudo ubicar la falla normal, pues se encuentra cubierta de escombros, que sin embargo, tiene que existir por la caída brusca del Horizonte Calcáreo Dolomítico. La Serranía de Zapla ha sido levantada con el máximo de detalle y cuidado, exactos rumbos y manteos, reconstrucción del perfil con el método Busk. Los dos anticlinales secundarios en la parte oriental del anticlinal de Zapla tendrían que tener, cada uno, y debajo, una falla que corte la faja rígida y que se apagó en el material plástico por incoherencia. La falla inversa en el Arroyo

Moralito es bien segura y su plan se puede medir muy fácilmente. En Santa Bárbara se presentan más problemas. Allí prácticamente todas son fallas normales, con excepción de la más oriental, en Loma de Olmedo, que es seguramente inversa y con una inclinación de 13° hacia el W. Es esta la falla que molestaba a Migliorini, cuando lo puse al día sobre los resultados, porque —escribía— es de ángulo demasiado bajo. El que suscribe, además de otros investigadores de la Compañía Petrolera Ultramar e Y.P.F., estudió bastante bien esta falla y pudo comprobar la exactitud de la medida, la cual fue confirmada en una perforación ejecutada para búsqueda de petróleo. Puede ser que sea la teoría general, que sea posiblemente un accidente secundario, pero la falla es inversa y de 13° hacia el W. Las otras fallas de esta Serranía son seguramente normales; sin embargo, la cinemática de la falla del Co. Centinela nos hace sospechar que antes tiene que haber sido inversa, por el pliegue que afecta al Terciario Continental.

Se podría tal vez sospechar de que algunas cuñas compuestas puedan haberse producido antes en un régimen de compresión y luego de distensión. Este caso podría verificarse especialmente en las áreas más alejadas del empuje, como es el caso de Loma de Olmedo, la cual representa la última elevación hacia el E. de las Serranías Subandinas, el límite del llano del Chaco.

De los tres perfiles aquí presentados, se puede afirmar que en esta parte de las Serranías Subandinas existen cuñas compuestas, la más normal de las cuales es la de Zapla. Además se puede sospechar que las cuñas compuestas son todavía más complicadas a medida que vamos hacia el área de empuje (pasando después a la región con tectónica de bloques) y todavía más sencillas hacia el área que no fue afectada por el empuje; es muy posible que las cuñas en esta parte no estén cerradas, y que presenten muchas fallas normales distensivas y algunas de ángulo muy bajo.

En las Serranías Subandinas de la provincia de Magallanes no se alcanza a divisar una cuña compuesta. Si la Falla Última Esperanza no existe —y si existiera fuera inversa— podríamos afirmar que no hay cuñas compuestas. Si existe y es normal, se puede sospechar una gran cuña compuesta. Sin em-

bargo, por el momento será sólo una sospecha, porque, a pesar de tener en el Departamento Ultima Esperanza perfiles geológicos muy exactos, en el resto de la provincia de Magallanes es prácticamente imposible establecer la inclinación de los planos de falla, debido en parte a que el levantamiento geológico se extiende a menudo muy poco tierra adentro y no se tienen elevaciones tales que permitan resolver el problema de los tres puntos.

En los altos Andes y en la Cordillera de la Costa nos encontramos con una típica tectónica de bloques, es decir con bloques monoclinales muy raras veces separados por anticlinales tan empinados y pequeños, prácticamente sin nariz, los cuales se levantan de áreas muy cercanas donde la misma formación se presenta subhorizontal. En la Cordillera de la Costa, el que suscribe ha podido demostrar sólo una vez la presencia de celdas pasivas de Prandtl, aparentemente derivadas de la sobreposición de zonas de deformaciones verticales, según la teoría sobre la pujanza de Mohr; esto es visible en el área de El Godo, al oriente de Iquique.

Se puede entonces, afirmar, que en los Andes tropicales la tectónica de bloque afecta a los depósitos eugeosinclinales y la tectónica

de cuñas compuestas afecta a los depósitos miogeosinclinales.

Tal vez no todos los Apeninos se levantaron por cuñas compuestas o los más orientales, no tienen, o son escasas, las fallas inversas como hemos visto en las Serranías Subandinas hacia el Chaco; tal vez las coladas de la formación arcillo-esquistosa-ofiolítica nacida en el eugeosinclinal, cubrió demasiado los depósitos calcáreos y arenosos nacidos en el miogeosinclinal, y no fue lícita la extrapolación de Migliorini a la totalidad de los Apeninos, y consecuentemente ilícita la extrapolación a todos los sistemas montañosos. Sin embargo, hay que tener presente lo que ofrecen los Andes: estas esfinges que a costa de tantos esfuerzos paulatinamente se dejan descifrar.

"Vous êtes le premier qui ayez su le secret de les Apennins; il est donc just que la ,vous ayez votre tombeau, et que la chaîne tout entière, avec ses cimes glacées et ses pitons chauvez, ses vallées et ses lacs, ses forets et ses deserts nous apparaisse désormais como votre mau-olé. Le monument est á votre mesure, o Maitre, et je n' en sais pas d'autre qui soit vraiment digne de vous".

Publicaciones de C. I. Migliorini citadas en el texto

- 1910 Su Calcare miocenico casentinese. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 29.
 1933 Considerazioni su di un particolare effetto dell' orogenesi. *Idem*, 52.
 1943 Sul modo di formazione dei complessi di tipo macigno. *Idem*, 62.
 1945 La fasi orogenetiche dell' Appennino Settentrionale. *Idem*, 64.
 1948 Compside wedges and orogenic landslips in the Apennines. *Rep. 18th Sess. Intern. Geol. Congr., Great Britain, Sect. 13.*

- 1948 I cunei composti nella orogenesi. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 67.
 1949 Rapporti tra meccanismo di sedimentazione e idrocarburi con speciale riguardo al sottosuolo pada. *no. Atti 6° Conv. Naz. Metano, Padova*
 1933 DESIO A., e MIGLIORINI C.I. *Congr. Soc. Geol. Ital. Guida Geologica per le Esursioni. Boll. Soc. Geol. Ital.*, 52.
 1950 KUENEN Ph. H. and MIGLIORINI C. I. - Turbidity currents as a cause of Graded Bedding. *Journ. of Geology*, 58.