ACTA GEOLÒGICA HISPÀNICA. *Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, t. 14 (1979) pàgs. 185-189

Interrupcions Sedimentaries i paleoalteracions

per Carmina VIRGILI

Departamento de Estratigrafía. Universidad Complutense. Madrid

ABSTRACT

The record of geological time in stratigraphic successions is discontinuous because periods of non-deposition are much longer than those of active sedimentation. Weathering takes place during these breaks, deeply disturbing the sinsedimentary fabrics. These phenomena are mainly of pedogenetic origin, but also due to ground waters.

The final result is a «continentalization» of the series, being that the cause of several erroneous interpretations of ancient sediments. The study of paleoweatherings give clues to paleogeographic and paleoclimatic interpretation.

RESUMEN

El registro de los tiempos geológicos en la sucesión estratigráfica es muy incompleto ya que los períodos de no deposición son más importantes que los de sedimentación. Durante estas interrupciones, estas discontinuidades, se producen alteraciones que modifican profundamente los caracteres sinsedimentarios. Son debidas a procesos pedogenéticos pero también a la acción de las aguas subterráneas. El resultado de las mismas produce una «continentalización» de las series, lo que ha llevado a errores en la interpretación de ciertas facies. El estudio de estas paleoalteraciones permite obtener conclusiones paleogeográficas y paleoclimáticas.

L'ESTRAT I LA LLEI DE LA SUPERPOSICIÓ

L'Estratigrafia, com la major part de les ciències, a mesura que va definint amb més precisió el seu objecte formal, la seva metodologia, assumeix amb major lucidesa la dificultad de precisar el seu objecte material, allò que estudia. L'anàlisi del registre estratigràfic, per a poder-ne deduir uns esdeveniments que hom pot situar en l'escala dels temps i reconstruir, així, l'evolució de l'escorça terrestre, és un objectiu que tots els estratígrafs estan d'acord a considerar com més va, més dificilment assolible.

Això no és pas degut a motius tecnològics, és a dir a dificultats d'acumular i de quantificar dades d'observació. En aquest sentit l'Estratigrafia ha avançat extraordinàriament i els actuals mitjans d'anàlisi paleogeogràfica i paleoclimatològica, tècniques de sedimentologia i geoquímica, paleoecologia, etc., permeten d'obtenir una quantitat de dades inimaginables fa solament una dècada. La dificultat principal prové de la metodologia científica, de l'elaboració lògica dels resultats o, més exactament, dels paradigmes utilitzats en el plantejament de les hipòtesis.

La interpretació del registre estratigràfic es basa fonamentalment en la Llei de Superposició (Steno, 1669) i la de l'Actualisme (Hutton, 1795), les quals, com qualsevol altra llei científica tenen un determinat camp de validesa, més enllà del qual, en lloc de facilitar l'accés a la realitat, el dificulten.

La Llei de Superposició parti del concepte d'«estrat», entenent com a tal la unitat genètica elemental del registre, que correspon a un episodi sedimentari (Ricci Lucchi, 1974). De la mateixa manera que l'àtom és la «unitat» a partir de la qual comença el camp de validesa de les lleis químiques, l'estrat és la unitat a partir de la qual comença el camp de validesa de la Llei de la Superposició. Aquesta reflexió porta a la conclusió que el concepte d'estrat té la mateixa càrrega d'elaboració racional, és a dir, de convencionalisme que el d'àtom, de molècula, d'espècie biològica o de cel·la elemental de la xarxa cristal·lina. Hom dóna per suposat que el registre estratigràfic és una successió d'estrats, però no és gens facil, ni sovint possible, identificar els «estrats» en una plana alluvial, en una acumulació de loess, en una turbidita, etc.

És evident que en algunes àrees de la superficie terrestre, anomenades conques sedimentàries, s'hi produeix una acumulació de materials, talment que hi ha una certa relació entre l'espessor de sediments i el temps transcorregut, però ambdós paràmetres no estan lligats per una funció lineal, ni gairebé expressable matemàticament. A més, com que això s'esdevé en el camp gravitatori, que té la superficie d'equilibri horitzontal, és evident també que la forma dels cossos sedimentaris que s'originen com a resposta a aquests processos tendeix a ésser laminar. Com a conseqüència d'aquests fets i de la intuïció que el procés sedimentari no és continu, sinó que és constituït per una alternança de fases actives i passives, sorgí el concepte d'estrat. A partir d'aquest concepte ha estat possible tota l'elaboració posterior de l'escala cronostratigràfica i la seva equivalència amb l'escala cronogeològica.

Posteriorment, aquesta visió excessivament lineal de la successió temporal s'ha enriquit amb la de seqüència i de cicle, puix que els materials que es dipositen en un moment determinat no solament són la resposta a un esdeveniment instantani, sinó que estan condicionats pels que l'han precedit i condicionen al seu torn els posteriors. Avui s'accepta i també es verifica que, ultra la gravetat, hi ha altres lleis com la solubilitat, la viscositat, etc., que condicionen i expliquen la

successió dels materials. Totes aquestes lleis modifiquen la influència del camp gravitatori en la sedimentació i, per tant, l'horitzontalitat original de les capes i llur paral·lelisme a les línies-temps.

Hom comprova, finalment, que fins i tot en aquelles àrees on l'acumulació de sediments és màxima, les etapes passives, és a dir, de no sedimentació, són molt més importants (Ager, 1973) que les actives o de dipòsit, i sembla evident que la durada i distribució d'aquestes etapes passives i actives segueix unes relacions força més complexes que les que degué suposar Steno per a poder formular la Llei de la Superposició. És ben evident avui dia la manca de regularitat i de continuïtat en el procés sedimentari. El més habitual són les etapes de no deposició; els moments de dipòsit corresponen a esdeveniments excepcionals, gairebé puntuals. En els medis fluvials pràcticament tots els materials han estat dipositats en els moments de riuada, en el medi litoral abunden especialment les tempestites i en medis subaquàtics les turbidites.

El concepte d'estrat esdevé com més va més dificilment manejable i també es torna més problemàtica la idea que el pas dels temps hagi restat enregistrat en l'escorça terrestre mitjançant un «registre estratigràfic» que pugui ésser «llegit com els fulls d'un llibre», segons la vella imatge usada al començament de segle. Ben mirat fou ja Darwin (1859) el qui en cercar en la successió estratigràfica el testimoni d'un temps, que ell determinava a partir d'un altre procés diferent, el de l'evolució biològica, arribà a la conclusió de com n'era d'incomplet aquest registre. Hutton (1795) i Playflair (1802) ja hi havien detectat la presència de discontinuïtats importants, que les primeres datacions radiomètriques (Boltwod, 1907) confirmaren àmpliament. Els treballs més recents de correlacions geològiques encaminats a cercar una escala estratigràfica vàlida per a tota la Terra, en demostrar la dificultat enorme de la seva obtenció, reflecteixen també fins a quin punt el registre és incomplet i fins a quin punt els buits que hi ha representen temps molt més importants que aquells que són reflectits en el resultat de processos sedimentaris.

LES FÀCIES I L'ACTUALISME

Si la Llei de la Superposició fa de l'Estratigrafia una Ciència, la de l'Actualisme en fa una Ciència moderna. En aplicar-hi els principis del positivisme lògic, fa possible la comprensió dels canvis de fàcies, l'anàlisi paleogràfica i la interpretació de medis sedimentaris, és a dir, permet una comprensió genètica dels materials de l'escorça terrestre.

El camp de validesa d'aquesta llei ha estat molt discutit: depèn òbviament de la significació que hom doni a les «actuals causes» (Lyell, 1830-33), cosa que ací no podem analitzar. És interessant, tanmateix, de ressaltar que ben aviat hom s'adonà que una de les «cauteles» més importants per a la correcta aplicació d'aquesta llei era la de considerar les transformacions sofertes pels materials posteriorment al seu dipòsit. Una comprensió millor dels processos de granitització, migmatització, metamorfisme i diagènesi permeté d'avançar en el coneixement d'aquestes transformacions postsedimentàries i, per tant, cap a una adequada aplicació de l'Actualisme a la interpretació de les sèries antigues.

Tanmateix, fins a les dues darreres dècades hom no ha parat esment que hi ha un procés de modificació de les sèries antigues molt més general, continu i difícil de detectar, precisament perquè gairebé sempre hi és present: l'Alteració. No solament per la meteorització actual de l'aflorament, sinó també per processos produïts en etapes anteriors i fins i tot immediatament després o durant la sedimentació.

Tota àrea emergida és sotmesa a una alteració, no solament en els climes especialment agressius, com és ara l'intertropical humit, sinó també en les regions temperades i fins i tot àrides (Dejou, et al., 1977; Ruelan, et al., 1977). És, sobretot, activa en el sòl per la intervenció de la cobertora vegetal, però és continuada a profunditats considerables per la circulació d'aigües subterrànies que faciliten uns processos físico-químics complexos encara poc coneguts. També a les àrees submarines es produeixen intercanvis entre el sediment i el medi aquàtic, dels quals no són absents els processos biòtics.

En el suposat model cíclic de l'evolució terrestre en què erosió, transport i sedimentació se succeeixen sense interferir-se, la meteorització apareix només com a quelcom previ a aquest cicle. En realitat la meteorització es un procés que es produeix d'una manera contínua i se sobreposa als altres. La seva velocitat depèn d'una sèrie de factors físico-químics, però la possibilitat que la seva empremta resti més o menys marcada en les sèries és, sobretot, funció de la velocitat dels altres processos del cicle geològic: l'erosió, el transport i la sedimentació.

Quan uns materials acabats de dipositar o formats en èpoques anteriors resten un cert temps en contacte amb l'atmosfera o amb les aigües subterrànies, s'alteren en un grau major o menor, i això s'esdevé sempre que aquests materials no són recoberts a una velocitat suficient per sediments posteriors, és a dir, quan es produeix un hiatus.

Aquests moments de no deposició són tan importants i sovintejats en el registre estratigràfic que pràcticament tots els materials han estat sotmesos a un procés de meteorització en un moment o altre, posteriorment al seu dipòsit i abans que sigui possible un estudi per a una interpretació genètica de les seves condicions de dipòsit.

L'anàlisi d'aquest procés d'alteració és, doncs, indispensable en un doble aspecte. D'una banda només la seva comprensió ens pot informar de quines són les característiques atribuïbles a les condicions de dipòsit i, per tant, interpretables paleogràficament. De l'altra, atès que aquests processos d'alteracions s'han produït en equilibri amb un clima i un relleu determinats ens pot proporcionar una informació sobre un temps que no és registrat en la seqüència, és a dir, el temps de no deposició, el temps de l'alteració (Kubiena, 1954). Aquest segon aspecte és, sens dubte, el més suggestiu, car permet esperar que sigui possible de «completar» l'enorme quantitat de buits que hi ha en el registre estratigràfic. El primer, però, és del tot indispensable per a arribar a una comprensió adequada d'algunes fàcies que encara no han trobat una interpretació genètica adequada: les fàcies roges i les evaporites, principalment.

L'ALTERACIÓ I LA SEDIMENTACIÓ

Qualsevol temps de no deposició resta enregistrat en la sèrie pels processos que s'han succeït durant aquest període de temps. Els moviments orogènics s'enregistren per mitjà d'una discordança; el modelat d'un relleu per mitjà d'una disconformitat.

És evident que la Llei de Superposició s'aplica a la datació dels fenòmens tectònics o morfogenètics d'una manera diferent que no pas al registre estratigràfic. Cada estructura es

col·loca damunt les estructures o materials més antics, no pas en sentit de verticalitat, és a dir, segons el camp gravitatori, sinó tallant-los, interrompent-los. Per això la Llei de Superposició sol ésser formulada en aquests casos com la Llei de les Relacions entre estructures que es tallen.

Els processos que provoquen les discordances i les discontinuïtats no són, tanmateix, els únics que es produeixen en l'etapa de no deposició. Tal com hem indicat, n'hi ha un altre de més freqüent i que produeix modificacions sovint més profundes, bé que més difícils de detectar, en els materials dipositats anteriorment: l'Alteració. La importància de la transformació produïda depèn no solament de les condicions climàtiques, sinó també del temps durant el qual pot actuar, és a dir, de la relació entre les etapes de sedimentació i els hiatus. Un model interessant on hom pot analitzar-ho és un medi continental en què alternen les etapes de sedimentació i les interrupcions durant les quals actua l'erosió i l'edafització; l'alteració prosegueix, a més, en profunditat per mor de les aigües subterrànies que circulen fins i tot durant les etapes deposicionals. És el cas del medi fluvial (Allen, 1974). L'erosió posterior al dipòsit de cada seqüència arrenca els horitzons superiors del sòl, però la profunditat de l'alteració geoquímica, atesa l'acció de les aigües subterrànies, és superior a aquella que és afectada pel desmantellament. El procés és complex, car aquestes alteracions no abasten solament la darrera seqüència dipositada, sinó tot el conjunt de materials de la plana al·luvial (Saurel et al., 1976).

D'aquí que no és correcte pensar en una successió alternant d'etapes de deposició, d'alteració i de desmantellament. És cert que hi ha un ritme de sedimentació-erosió per causes autocícliques, al·locícliques, o la combinació d'ambdues, durant el qual es formen alternativament els ciclotemes i la cicatriu que els separa, i és també cert que l'edafització només es produeix en el moment d'estabilitat de la plana d'inundació, però l'alteració deguda a les aigües subterrànies és molt més general en l'espai i en el temps i afecta zones molt més profundes.

El front o, més exactament, els fronts de l'alteració (caolinització, mobilització de ferro i carbonats, etc.) no són exactament un reflex del relleu, sinó de la geometria dels mantells aquífers, els quals, per bé que són influïts per aquest, ho són també per les característiques sedimentàries originàries dels materials. A mesura que va progressant l'emplenament de la plana al·luvial, es va modificant la geometria de la circulació subterrània i, per tant, també dels fronts d'alteració. La geoquímica tampoc no es manté constant, car està en relació amb les condicions climàtiques que poden variar i amb la composició de les aigües subterrànies que es van modificant al mateix temps que avança el procés. Es produeix, així, una relació evolutiva complexa i, per això, la composició dels materials dipositats no és solament el reflex d'una sedimentació i d'una erosió, sino d'una alteració pràcticament contínua, però que actua segons una geometria canviant i una geoquímica també variable.

Aquests processos d'alteració tenen com a resultat una «continentalització» de les sèries en el sentit d'aconseguir un equilibri més gran entre la composició dels materials i les condicions ambientals de l'àrea continental (Triar, 1974, Bocquier, 1976, Saurel et al., 1976).

Només recentment ha estat prou valorada la importància d'aquest procés en la transformació i neoformació d'argila i en la geoquímica del ferro i de la sílice. La seva influència en la mobilització i la concentració de carbonats és més coneguda (Allen, 1974, Ruelan, 1976). Sens dubte que aquestes alteracions poden contribuir a explicar moltes de les diferències entre les sèries fluvials antigues i actuals. Recordem només que en les sèries fluvials antigues són perfectament identificables les estructures sedimentàries dels medis actuals; hi ha, però, diferències molt més importants pel que fa a la composició mineralògica i al color. Així, per exemple, en els dipòsits fluvials actuals hi ha molt rarament els colors roigs. Ni tan solament en el medi intertropical humit, on hi ha sòls laterítics, es conserva el color roig en els al·luvions; en un moment determinat pot tenyir l'aigua, però ben aviat passa a tonalitats terroses, grogues o grises. En canvi, en les sèries fluvials antigues els roigs són els colors predominants: l'Old Red Sandstone (Allen, 1974), el Pèrmic detrític (Vetter et al., 1975), el Buntsandstein (Virgili et al., 1977), etc. És possible que l'alteració en relació amb els processos suara enunciats permeti l'alliberament de ferro (Bocquier, 1976), el qual, com a conseqüència de canvis posteriors, en què pot intervenir la diagènesi, pot produir l'enrogiment.

Això fa també molt difícil la interpretació de la mineralogia de l'argila en aquestes sèries (Pedro, 1976). Sembla lògic suposar que aquesta reflecteix molt més totes les alteracions posteriors al dipòsit que no pas la que li és contemporània, o els processos edàfics de l'àrea font. La dificultat de situar exactament en el temps aquestes alteracions en fa difícil la interpretació paleoclimàtica, però no per això se n'ha de menystenir la importància en la gènesi d'aquests materials.

ALTERACIONS EN LES DISCONTINUÏTATS MAJORS

La significació paleoclimàtica de les alteracions és més evident quan estan lligades a interrupcions majors de la sedimentació, és a dir quan no són una etapa d'alteració que s'intercala i sobreposa a cicles continentals, sinó a formacions sedimentàries marines que en un moment determinat es veuen afectades per una emersió. L'alteració, en aquest cas, actua sobre uns materials que s'han dipositat en condicions molt diferents i el canvi qualitatiu és molt més important i evident. El procés d'alteració no és tampoc instantani i es pot estendre a un període de temps més o menys llarg; és, però, un fenomen l'estudi del qual es pot fer separadament del del procés sedimentari. La «continentalització» és encara més evident, car pot afectar sèries de gènesi marina. El Continental Terminal d'Àfrica, els Ocres d'Apt (Vaucluse) i probablement una bona part de l'Utrillas i Weald han d'ésser interpretats en aquesta línia.

Ultra l'espectacular exemple del Continental Terminal d'Àfrica (Tessier, 1960, Tessier et al. 1975, Houessou, Lang, 1978), l'exemple més conegut és sens dubte el dels ocres d'Apt. Es tracta de materials de l'Albià i Cenomanià inferior, l'estudi de les estructures sedimentàries i de la microfauna dels quals indica que s'han dipositat en un medi marí relativament profund (Triat i Guedon, 1975). En canvi, fins fa ben poc, atesa la composició mineralògica de les seves argiles i la presència de concentracions de ferro i sílice d'origen edàfic, hom els considerava de caràcter continental.

Actualment llur origen marí és indiscutible i els treballs de Tessier, Triat, Parron i Guedon, entre altres, (Tessier i Triat, 1973, Triat, 1974, Parron, 1975, Triat i Guedon, 1975) han deixat ben clar que la continentalització de la sèrie, és a dir, l'alteració que ha donat lloc a la caolinització, a la descarbonatació, a la destrucció de la glauconita i a l'alliberament i la concentració de sílice i ferro, és netament posterior al dipòsit i

s'ha produït durant una emersió que tingué lloc en el Cenomanià mitjà. La inexistència de deformacions tectòniques fa que aquesta discontinuïtat no hagi restat reflectida en forma de discordança ni de disconformitat.

En aquests casos la importància de la transformació postsedimentària és encara més evident que no pas en les planes al·luvials i, per tant, seria un error pretendre interpretar aquestes sèries antigues comparant-les amb les sèries actuals, sense separar prèviament els caràcters deguts a dos fenòmens que se «sobreposen» damunt d'uns mateixos materials, però que correspon a dues etapes diferents. És a dir, els caràcters registrats durant la sedimentació i els registrats més tard durant l'alteració.

Les estructures sedimentàries són, sense cap mena de dubte, els caràcters marcats durant el dipòsit més resistents a un canvi posterior. Els caràcters mineralògics, especialment la composició de les argiles, resten, en canvi, profundament modificats per l'alteració, així com el ciment de carbonats i de sílice i nombrosos minerals, i per tant alguns caràcters texturals, especialment la granulometria inferior a 50 ¿.

Tanmateix, bé que en aquest cas el temps i, per tant, el procés de sedimentació sigui separable del d'alteració, aquest darrer no sempre és perfectament situable en el registre estratigràfic. També ací poden produir-se processos d'alteració posteriors, si els materials tornen a entrar en contacte amb l'atmosfera o, més sovint encara, amb les aigües subterrànies (Triat, 1974, Saurell et al., 1976). Per això, la seva interpretació paleoclimàtica i paleogeogràfica no és sempre senzilla.

Un bon criteri de datació relativa, ultra l'estudi detallat de la micromorfologia (Fedoroff, 1971), consisteix en la direcció dels fronts d'alteració, els quals evidentment estan sempre en relació amb el traçat del relleu. Per tant, si posteriorment al dipòsit hi ha hagut deformacions tectòniques, hom podrà distinguir perfectament els fenòmens d'alteració produïts abans o després d'aquestes deformacions. Les alteracions recents seran també fàcilment detectables per llur relació amb el relleu actual. Tanmateix, la influència de la litologia i l'estratificació de la circulació de les aigües subterrànies i la independència i fins la discordança entre els distints fronts d'alteració (descarbonatació, caolinització, etc.) poden en alguns casos enterbolir aquests criteris.

ALTERACIÓ DE SÒCOLS CRISTAL·LINS FOSILITZATS

Com més gran és el temps transcorregut entre la deposició d'uns materials i el procés posterior d'alteració, més fàcilment aquest pot ésser identificat i més fàcilment hom pot reconèixer els processos i les condicions en què aquesta alteració s'ha dut a terme. En el cas oposat de les planes al·luvials, en què gairebé sempre se sobreposen la sedimentació i l'alteració, hi ha l'emersió i l'alteració de sòcols cristal·lins antics.

Si aquests sòcols són fosilitzats posteriorment per sèries sedimentàries, és possible a més la datació de l'alteració en un període de temps força precís. Els sòcols cristal·lins (granits, gneis, micacites, etc.) són constituïts per roques l'evolució superficial de les quals és prou coneguda en els diversos climes i, per això, és possible de reconstruir amb força exactitud les condicions paleoclimàtiques en què es produí l'alteració (Pedro, 1979, Tardy i Gac, 1979, Dejou et al., 1977).

L'alteració del sòcol per sota del Triàsic a la Serralada Ibèrica i als contraforts del Sistema Central, en constitueixen potser un dels exemples més espectaculars (Virgili et al., 1974, Virgili et al., 1977). Igualment el Cretaci a la Serralada Ibèrica i el Terciari a diversos sectors de la Península presenten exemples de paleoalteracions més difícilment situables en el temps, però interpretables des d'un punt de vista paleoclimatològic.

Com en els casos anteriors, la dificultat principal de llur estudi rau en el fet que els processos d'alteració no es limiten a l'etapa anterior a la fossilització del sòcol, sinó que poden prosseguir després i continuar fins i tot en èpoques molt recents. El canvi litològic i, per tant, de comportament en relació amb la circulació de les aigües subterrànies que representen la superfície de contacte entre el sòcol i el recobriment sedimentari, fa que aquesta es comporti com una àrea d'alteració preferencial i que, per tant, es vagin sobreimposant diversos processos i resultats a l'alteració primitiva.

Tanmateix la direcció dels fronts de l'alteració en relació amb la inclinació de les capes, si aquestes han estat plegades posteriorment, i sobretot en relació amb la geometria del paleorelleu i del relleu actual, són criteris de datació relativa dels processos d'alteració successius. Ho són també la superposició i la sobreimposició de certes textures i estructures edàfiques (Fedoroff, 1971) i, fonamentalment, el fet que una alteració determinada afecti solament el sòcol o bé afecti alhora aquest i el recobriment. L'alteració de possibles fragments de sòcol inclosos en el recobriment i la comparació de les característiques de la matriu d'aquest amb el sòcol alterat proporcionen també una sèrie de criteris vàlids, bé que no sempre fàcils d'utilitzar. El progrés de la geoquímica isotòpica permet igualment la utilització d'alguns isòtops estables i radioactius com a traçadors geoquímics dels processos d'alteració sobreimposats (Bocquier et al., 1979). Tanmateix la gran dificultat tècnica que encara hi ha actualment per a separar les distintes fases minerals no permet la plena aplicació d'aquests mètodes.

BIBLIOGRAFÍA

AGER, D. V. (1973): *The nature of the stratigraphical record,* McMillan Ed. pp. 1-109. London.

ALLEN, J. R. L. (1974): Studies in fluviatile sedimentation: implications of pedogenic carbonate units, Lower Old Red Sandstone, Anglo Welst outcrop. *Geol. Journal.* Vol. 9. pp. 181-208. London.

BOCQUIER, G. (1976): Synthèse et perspectives: migrations et acumulations de l'aluminium et du fer. *Bull. Soc. Géol. France.* T. XVIII, n.º 1. pp. 69-74. París.

BOCQUIER, G.; BERNARD, C. & BOULARD, A. P. (1979): Utilisation des isotopes stables et radioactifs pour la détermination des conditions anciennes et des vistesses de l'altération. *Bull. Ass. Francaise Etude du Sol.*, ISSN 0355-1653, n.º 2-3, pp. 137-147. Versailles.

BOLTWOD, B. B. (1907): On the ultimate desintegration products of the radioactive elements: Part. II. The desintegration products of Uranium. *Am. Journ. Sci.*, 4 ser., Vol. 23, pp. 77-88. New Haven.

DARWIN, Ch. (1859): *On the origin of species by means of natural selection.* Murray Ed. pp. 1-490. London. Trad. esp. 6.ª edic. Inglesa de Enrique Godinez: *Origen de las especies por medio de la selección natural o la conservación de las razas.* Ed. Perojo. pp. 1-573. Madrid, 1877.

DEJOU, J.; GUYOT, J. E. ROBERT, M. (1977): Evolution superficielle des roches cristallines et cristallophylliennes dans les régions tema perées. *Inst. Nat. Recher. Agron.* pp. 1-463, IX lâms., 92 figs. Paris.

FEDOROFF, N. (1971): Caracteres micromorphologiques des pèdogèneses quaternaires en France. *VIII Congrès INQUA: Etudes sur la Quaternaire dans le Monde,* París, 1969. Vol. I. pp. 341-349. París.

HOUESSOU, A. & LANG, J. (1978): Contribution a l'étude du «Continental terminal» dans le Bénin Méridional. *Sci. Géol. Bull.* Vol. 31, n.º 4, pp. 137-149. Strasbourg.

HUTTON, J. (1795): *Theory of the Earth, with proofs and illustration.* Vol. I-II. Edimburg. (Fascimil Hafner Ed. Vol. I. pp. VII-620, 2 mapas. Vol. II. pp. VIII-467, 2 mapas. New York, 1959).

KUBIENA, W. L. (1954): Sobre el método de la paléoedafología. *Ann. Edaf. y Fisiol. Vegetal.* Vol. 13, n.º 7-8, pp. 523-543. Madrid.

LYELL, Ch. (1830-1833): *Principles of Geology.* Murray Ed. 3 Vols. pp. 1-511. London.

PARRON, C. (1975): *Contribution a l'étude des paléoalterations des grès du Crétacé superieur du Gard (du Pont Saint-Esprit a Uzes). Conséquences stratigraphiques et paléogéographiques.* Thèse Doct. pp. 1-103. Marseille.

PEDRO, G. (1976): Synthèse et perspective: altérations météoriques et argiles. *Bull. Soc. Géol. France,* T. XVIII, n.º 1, pp. 27-32. Paris.

PEDRO, G. (1979): Caractérisation générale des processus de l'altération hydrolitique. *Bull. Ass. Francaise Etude du Sol.* ISSN 0335-1653, n.º 2-3, pp. 93-105. Versailles.

PLAYFLAIR, J. (1802): *Ilustration of the Huttonian theory of the Earth.* Edimburg. Fascimil University Illinois Press. pp. 1-528. Urbana, 1956.

RICCI LUCHI, F. (1974): *Sedimentografia.* Ed. Zanichelli. pp. 1-228, 70 áms. Bologna.

RUELAND, A. (1976): Synthèse et perspective: migration et acumulation des carbonates. *Bull. Soc. Géol. France.* T. XVIII, n.º 1, pp. 41-44. Paris.

RUELAND, A.; NAHON, D.; PAQUET, H. & MILLOT, G. (1977): Géochimie de la surface et formes du relief: IV. Rôle des encroutements et épigénies calcaires dans le façonement du modelé en pays aride. *Sci. Géol. Bull.* Vol. 30, n.º 4. pp. 283-288. Strasbourg.

SAURELL, P.; ARLHAC, P.; GOUVERNET, C.; REDONDO, C. & ROUSET, C. (1976): Présence d'une cuirase gravillonaire ferrugineuse dans le Rognacien de Sènas (Bouches-du-Rhône, France), Paleogéographie. *Bull. Soc. Géol. France.* T. XVIII, n.º 1, pp. 59-67. Paris.

STENO, N. (1669): *Nicolai Stenonis de Solido intra Solidum naturaliter contento dissertationis prodromus.* In - 4 pp. 1-78. Firenze. (Fascimil Hafner Ed. pp. VII-169-283, New York, 1968).

TARDY, Y. & GAC, J. Y. (1979): Contrôle de la composition chimique des solutions par la précipitation des minéraux dans les sols. *Bull. Ass. Francaise Etude du Sol.* ISSN 0335-1653, n.º 2-3, pp. 107-123. Versailles.

TESSIER, F. (1960): Etudes paléontologiques et géologiques sur les falaises de Fresco (Côte d'Ivoire). *Ann. Fac. Sci. Univ. Dackar.* Vol. 5, pp. 35-53. Dackar.

TESSIER, F.; FLICOTEAUX, R.; LAPPARTIENT, J. R.; NAHOND, D. & TRIAT, J. M. (1975): Réforme du concept du Continental Terminal dans les bassins sédimentaires côtiers de l'Ouest africain. *IX Congr. Intern. Sédimentologie,* T. 1, pp. 207-211. Nice.

TESSIER, F. & TRIAT, J. M. (1973): Conception nouvelle sur l'origine et sur l'âge des ocres d'Apt (Vaucluse). *C. R. Acad. Sci. Paris,* T. 276, pp. 1135-1138. Paris.

TRIAT, J. M. (1974): Datation du Cénomanien moyen des sédiments continentaux et des phénomenes d'alteration réputés éocenes dans le bassin de Mormoiron (Vaucluse). *C. R. somm. Soc. Géol. France,* T; XVI, n.º 6, pp. 158-159. Paris.

TRIAT, J. M. & GUEDON, J. L. (1975): Les ocres d'Apt dans la région de Rustrel (Vaucluse): Paléalterations continentales de sédiments marins crétacés. *Trav. Lab. Sci. Terre St. Jérôme,* Marseille. n.º 7, pp. 1-72, 21 figs., 3 láms. Marseille.

VETTER, P.; HENRY, R. & LAUERSANNE, J. (1975): Sédimentation Continental dans les bassins houillers et permiens du sud du Massif Central. Excur. 22. *IX Congr. Int. Sédimentologie* Nice, pp. 1-28, 22 figs. Nice.

VIRGILI, C.; SOPEÑA, A.; RAMOS, A & HERNANDO, S. (1977): Problemas de Cronoestratigrafía del Trías de España. *Cuad. Geol. Ibérica,* Vol. 4, pp. 57-88. Madrid.

VIRGILI, C.; PAQUET, H. & MILLOT, G. (1974): Alterations du soubassement de la coverture Permotriasique en Espagne. *Bull. Group Franc. Argiles,* T. XXVI, pp. 277-285. Strasbourg.

Rebut, desembre 1979.