

LA EVOLUCION CLIMÁTICA DEL HOLOCENO, EL DESARROLLO DE LOS SUELOS Y LA EDAD DE LOS SEDIMENTOS EN LA PLATAFORMA BASCULADA, CÓRDOBA, ARGENTINA

*SANABRIA, Jorge Alberto**
*ARGÜELLO, Graciela Leonor***

Resumen: El presente trabajo intenta una reconsideración del cuadro estratigráfico actualmente vigente para el Cuaternario de la Provincia de Córdoba, Argentina, sobre la base de nuevas dataciones por termoluminiscencia y por ISRL y un análisis del estado de desarrollo de los suelos zonales. Ambos abordajes concuerdan bien, y permiten asumir que los materiales parentales habrían tenido su fase final de depositación hace alrededor de 6 ka, con lo cual debería establecerse el inicio del mejoramiento del clima, al menos para el área en estudio, en el Holoceno medio.

Palabras Clave: Holoceno, Optimum Climaticum, Suelos, Dataciones.

INTRODUCCION

Diversos autores han planteado esquemas de evolución climática para el período Holoceno en la Argentina, en especial para el área en estudio dentro de la llanura pampeana (Iriondo, 1995, 1999; Cantú, 1992, 1998; Carignano, 1997). En general coinciden en que durante el Holoceno medio- entre los 8- 9 ka y los 3,5 ka-, luego del Último Máximo Glacial (UMG) - el cual se considera entre los 30 ka y 9 ka-, se produjo un mejoramiento del clima conocido como Hypsitermal u Optimum Climático, en el que hubo un aumento de las precipitaciones y temperaturas. Durante el UMG se produjo depositación de un extenso manto de loess, en respuesta a la aridez del clima, mientras que en el Hypsitermal hubo desarrollo de suelos.

Las edades propuestas por estos autores fueron tomadas de dataciones realizadas en los sedimentos, particularmente en los loess, a través de los métodos de C14, y la

* Profesor Titular de Pedología. Departamento de Geología Básica. F.C.E.F. y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. jsanabria@com.uncor.edu

** Escuela de Geología. F. C. E. F. y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba. Argentina.

mayoría por termoluminiscencia (TL).

Ahora bien, conviene tener presente, toda vez que se intenta correlacionar eventos acontecidos en lugares distantes, el concepto de diacronismo que indica que los cambios climáticos que se sucedieron a lo largo del Cuaternario, no ocurrieron en el mismo momento en todo el mundo. En realidad tuvieron lugar en extensiones limitadas y se fueron manifestando en diferentes tiempos, como lo señalan Watson, R A. y Wright, H E. Jr. (1980), quienes a su vez, mencionan a otros autores, como Shaw (1964) y Ager (1973), los cuales enfatizan la naturaleza temporalmente transgresiva de virtualmente todos los eventos geológicos.

Ager (op. cit.) se pronuncia inclusive por una "estratigrafía de eventos", en la que deberían correlacionarse no las rocas o sus características petrológicas intrínsecas, ni los fósiles, sino los eventos que generaron la estratigrafía.

Por otra parte, los registros geológicos apuntan más a una variación gradual que a cambios catastróficos en las condiciones ambientales, lo cual arroja también como resultado, límites temporales que geográficamente resultan transgresivos.

A su vez, la relación entre el clima del pasado y el desarrollo de los suelos de una determinada región puede sustentarse dentro de los marcos conceptuales que brindan los modelos de evolución.

Estos se dividen en desarrollistas (Jenny, 1941, 1961, 1980; Joffe, 1936; Runge, 1973) y evolucionistas (Hole, 1961; Simonson, 1978; Duchaufour, 1984; Johnson, 1985; Johnson y Watson-Stegner, 1987; Johnson y Hole, 1994; Phillips, 1993, 1998). Los primeros consideran que los suelos evolucionan de manera unidireccional hasta alcanzar el estado de equilibrio (steady state), mientras que los segundos sostienen que lo hacen de manera progresiva o regresiva, es decir multidireccional. La base filosófica de estos últimos modelos se apoya en los cambios climáticos ocurridos durante el Cuaternario.

Los modelos desarrollistas se pueden considerar como marcos conceptuales, sólo cuando el sedimento es reciente y los posibles cambios climáticos producidos luego de la depositación y desarrollo del suelo, no han llegado a afectar sus propiedades de manera significativa.

De acuerdo con los modelos de Jenny de 1941 y 1980, muchas propiedades del suelo, tales como la secuencia y tipos de horizontes y la profundidad a la que se encuentra el CaCO₃ son tiempo y clima dependientes.

No se encuentra en la bibliografía mucha información respecto al grado de desarrollo de suelos en relación con estos dos factores.

Birkeland (1984, 1990, 1999) presenta un análisis detallado de los factores formadores de suelos y su influencia en la evolución. El desarrollo de muchas propiedades se produce a distintas velocidades. Considera que la materia orgánica de los horizontes A, alcanza su estado de equilibrio en unos pocos miles de años. Dependiendo en gran medida del clima y de la vegetación, se produce un rápido incremento en los primeros miles de años, disminuyendo posteriormente la velocidad hasta alcanzar un equilibrio cuando las ganancias quedan balanceadas con las pérdidas.

La formación de los horizontes Bt depende en gran parte de los aportes de polvos, de la meteorización, de la formación de arcillas y la traslocación, además de los porcentajes de CaCO₃ y de Na⁺.

Algunos de los ejemplos presentados de formación de Bt son los siguientes: 140 ka sobre till en el frente montañoso de las Sierras Nevadas y en las Montañas Rocosas; 40 ka en till en el Valle de San Joaquín y en Pennsylvania; menos de 2 ka en el Desierto de Nevada, mientras que se requieren 2,1 ka al oeste de Virginia sobre materiales artificiales.

Ruhe (1969, 1983), sostiene que el horizonte Bt, desarrollado sobre el loess correspondiente al Wisconsin tardío (IS 2), se formó durante el Holoceno. Birkeland relaciona este proceso a la textura de los loess que favorece la retención de arcillas.

Jenny (1980) establece que en un clima húmedo, con relieve plano y sin especificar el tipo de material sobre el cual se desarrolló el suelo, la concentración de arcillas y la formación de un horizonte Bt se produce aproximadamente a los 10 ka.

Las nuevas dataciones por TL sobre loess conseguidas en los últimos años en la zona en estudio, producen una modificación del período árido del Pleistoceno tardío-Holoceno temprano, llevándolo hasta los 7 a 6 ka, y consecuentemente disminuyendo la amplitud del Hypsitermal u Optimum Climaticum.

El desarrollo que presentan los suelos denominados zonales se corresponde con el corto período húmedo y cálido.

UBICACION

El área en estudio se encuentra ubicada dentro de la Asociación geomorfológica Plataforma Basculada (Capitanelli, 1979; Sanabria, et al. 1996), entre los $31^{\circ} 20'$ - $32^{\circ} 20'$ de latitud sur y $63^{\circ} 20'$ de longitud oeste y $63^{\circ} 20'$ de longitud oeste. Figura 1.

La asociación presenta dos grandes unidades: una al oeste, que limita con la Depresión Periférica, presenta un paisaje ondulado, con pendientes promedio del 3% y la otra, que se encuentra al este, es una extensa planicie, con pendientes menores al 1%.



Fig. 1. Mapa de ubicación

En el área se ubican tres ríos que tienen un trazado general de oeste a este: en el límite norte, el Primero o Suquia; al centro el Segundo o Xanaes, y en el límite sur el Tercero o Citalamochita

El sedimento superficial predominante está constituido por loess típico y retransportado, con espesores que varían entre los 4 m y 9 m, que se caracterizan por ser muy homogéneos, muy friables, con abundante CO_3Ca en la masa, y por un contenido muy alto de limos - alrededor del 70%-, con predominio de la fracción gruesa, (Argüello, G.L. et al. 1996, 1998, 2001 y Argüello, G.L. y Sanabria, J.A. 2000)

La vegetación actual está constituida por cultivos agrícolas. El uso del suelo implica un sistema de soja/ soja, con barbecho de otoño o una alternancia de trigo/ soja.

Eventualmente, puede mencionarse el maíz como alternativa.

El clima es semiárido con tendencia al subhúmedo. De acuerdo con el análisis de la estación meteorológica de Pilar, de una serie de registro continuo de 50 años, el valor del promedio de precipitaciones es de 736 mm. El 81% se concentra entre los meses de octubre a marzo, distribuyéndose el resto entre abril y septiembre. La temperatura media anual es de 17°, con una amplitud térmica anual de 12°, según una estadística de la década 1971/80.

Los suelos zonales predominantes son las series: Oncativo (Haplustol típico, limosa gruesa, térmica) y Villa del Rosario (Haplustol típico, limosa fina-mixta, térmica).

MATERIALES

Para el estudio se utilizaron datos de las Cartas de Suelos de la República Argentina (Hojas 3163-26 Villa del Rosario; 3163-32 Oncativo; 3363-2 Oliva); informes de proyectos de investigación de las cátedras de Pedología y Cartografía y Conservación de Suelos de la Esc. de Geología de la F.C.E.F. y N., de la Univ. Nac. de Córdoba, subsidiados por la SeCyT de la U.N.C. y CONICOR, y dataciones por TL, realizadas en el Dpto. de Geografía de la Univ. de Pekín, China; en el Royal Holloway, de la Universidad de Londres (Kemp, R. comunicación verbal, 2002) y por IRSL en el Instituto Leibniz de Geociencias Aplicadas, Hannover, Alemania, (Frechen, M. comunicación verbal, 2002)

RESULTADOS

El cuadro cronoestratigráfico que se toma como base en la región, es establecido por Iriondo (1987-1995) y Cantú (1992). El primer autor sostiene que los dos últimos períodos de depositación de loess, en ambiente árido, se producen aproximadamente entre los 30 ka y los 9 ka (Ultimo Máximo Glacial, Fm Tezanos Pinto) y entre los 3,5 ka y 1,4 ka (Fm San Guillermo); el segundo autor establece la Fm La Invernada-loess- para el Pleistoceno superior- Holoceno temprano, y la Aloformación Laguna Oscura- sedimentos arenosos- médanos- para el Holoceno superior- actualidad.

No obstante, como se ha mencionado ya en la introducción del presente trabajo, es conveniente abordar los cambios en el marco de una visión que incluya el diacronismo.

Esto implica que la mejor correlación entre los materiales analizados y los cuadros cronoestratigráficos actualmente en vigencia, sólo se consigue si se corrigen las edades de los límites hasta ahora considerados como válidos.

El análisis estratigráfico se realizó en las cuencas de La Lagunilla, Lozada, Pilar-Laguna Larga y de los A° Soconcho, San Agustín y de los ríos Los Molinos y Anizacate, además de las cárcavas de Corralito y Monte Ralo, apoyado por dataciones por termoluminiscencia (TL) o IRSL. El resultado es el siguiente:

a) sobre la ruta que une las localidades de Alta Gracia y Río Segundo, a 6 km al oeste de Lozada, en la base del estrato de 6,80m de espesor, la edad del material retransportado es de 5.59 ± 0.81 ka. (coordenadas $31^{\circ} 38'$ latitud sur, $64^{\circ} 05'$ longitud oeste).

b) a 1 km al este de la ruta N° 36, en el camino a Monte Ralo y a profundidad de 1 m, es de 5.76 ± 0.17 ka (coordenadas $32^{\circ} 08'$ de latitud sur, $64^{\circ} 20'$ de longitud oeste).

c) a 2 km al sur de la localidad de Carrilobo, a 1,80 m de profundidad, la edad es de 6.26 ± 1.79 ka (coordenadas $31^{\circ} 48'$ de latitud sur, $63^{\circ} 10'$ de longitud oeste).

d) a aproximadamente 5 km al este de Río Segundo, a 2 m de profundidad, es de 5.21 ± 2.18 ka (coordenadas $31^{\circ} 35'$ de latitud sur, $64^{\circ} 23'$ de longitud oeste).

e) a 6 km al norte de Corralito, a 1,5 m de profundidad, es de 7.4 ± 1.0 ka (coordenadas $32^{\circ} 00'$ de latitud sur, $64^{\circ} 10'$ de longitud oeste)

f) a 6 km al oeste de Lozada, a 0,80 m de profundidad, el resultado obtenido es de 5,7 ka (coordenadas $31^{\circ} 38'$ de latitud sur, $64^{\circ} 05'$ de longitud oeste).

Cabe aclarar que en el perfil de Corralito, (apartado e) el último loess abarca un período que va desde los 18.3 ± 2.4 en la base, hasta los valores arriba mencionados para la parte superior.

Los suelos dominantes son muy poco desarrollados, Haplustoles típicos- Series Oncativo (Tabla N° 1) y Villa del Rosario (Tabla N° 2), que presentan un perfil A- AC- Ck, con el CO3Ca a los 50 cm de profundidad promedio (ver perfiles típicos).

TABLA N° 1. SERIE ONCATIVO

Horiz cm	Prof cm	Color	Estr.	M.O.	Arc.	Lim.	Ar.MF	ArF.	Ar.M	Ar.G	pH
Ap	0-23	10YR3/2	A4 m,mo	1,90	16,7	68,7	15,4	0,8	0,1	0,2	6,4
AC	23-53	10YR3/3	A4 m,d	0,96	12,2	71,1	15,0	1,0	0,05	0,05	7,1
Ck	53 a>	7,5YR5/4	ma	0,40	10,2	71,9	15,0	0,6	0,05	0,1	8,3

Fuente consultada: Carta de Suelos de la República Argentina, Hoja 3163-32.

TABLA N° 2. SERIE VILLA DEL ROSARIO

Horiz cm	Prof cm	Color	Estr.	M.O.	Arc.	Lim.	Ar.MF	ArF.	Ar.M	Ar.G	pH
Ap	0-22	10YR3/2	A4 m,mo	2,18	24,5	69,2	5,1	1,1	-	-	6,6
AC	22-52	10YR3/4	A4 m,d	1,42	24,3	70,6	5,8	0,8	-	-	7,1
Ck	52 a>	7,5YR4/4	ma	0,70	22,2	69,2	8,5	1,2	0,1	-	8,8

A4= bloques subang.; m= medios; mo= moderados; d= débiles; ma= masivo
 Fuente consultada: **Carta de Suelos de la República Argentina, Hoja 3163-26**

DISCUSION

Según ya se ha señalado más arriba, el desarrollo del perfil de los suelos puede ser usado para estimar la edad del sedimento (Birkeland, 1984, 1990, 1999; Jenny 1980).

De acuerdo con los antecedentes, los suelos de la región se habrían formado sobre loess y loess removilizados, depositados durante el período comprendido entre los 30 ka y 9 ka

Sin embargo, la relación entre desarrollo del perfil de las Series Oncativo y Villa del Rosario y la edad del sedimento pareciera corresponderse mejor con un material más joven.

Si los suelos se hubieran desarrollado sobre materiales que se han depositado en su

fase final hace 9 ka, en un relieve ondulado a muy plano, sobre loess y expuestos a un período de un clima favorable para su formación - Optimum Climaticum-, no sería lógico que al menos tuvieran un horizonte Bw o Bt?

No siendo éste el caso, y en coincidencia con las dataciones obtenidas puede suponerse que el Hypsitermal ha comenzado en realidad en el Holoceno medio.

CONCLUSIONES

La relación desarrollo del perfil - edad del sedimento concuerda bien con las últimas dataciones por termoluminiscencia y por IRSL, según las cuales, los materiales parentales habrían tenido su fase final de deposición hace alrededor de 6 ka, con lo cual debería establecerse el inicio del mejoramiento del clima en el Holoceno medio.

Resumo: O presente trabalho tenta uma reconsideração do quadro estratigráfico atualmente vigente para o Quaternário da Província de Córdoba, Argentina, sobre a base de novas datações por termoluminescência e por ISRL e uma análise do estado de desenvolvimento do solos zonais. Ambas abordagens concordam bem, e permitem assumir que os materiais parentais haveriam tido sua fase final de deposição em torno de 6 ka, com o qual deveria se estabelecer o início do melhoramento do clima, pelo menos para área em estudo, no Holoceno médio.

Palavras-Chave: Holoceno, Optimum Climaticum, Solos, Datações.

BIBLIOGRAFIA CITADA EN EL TEXTO

AGER, D.V. 1973. *The nature of the Stratigraphical record*. 11pp. Macmillan, London. Citado em Watson, R.A. y Wright, H.E. Jr. 1980.

ARGÜELLO, G.L.; SANABRIA, J. A.; MANZUR, A. 1996. Caracterización de materiales parentales de suelos, según parámetros estadísticos, en un sector de la Depresión Periférica, Prov. De Córdoba, Argentina. *XIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Águas de Lindóia, Brasil.

ARGÜELLO, G.L.; SANABRIA, J. A.; BALBIS, A. 1998. *Caracterización textural de materiales parentales loésicos*, entre La Lagunilla y San Agustín, Prov. De Córdoba, Argentina. *XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Carlos Paz. Córdoba.

ARGÜELLO, G.L.; SANABRIA, J. A. 2000. Granulometría y caracterización estadística de materiales parentales en el interfluvio Suquía Xanaes, Córdoba, Argentina. *Resumen en Actas del XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mar del Plata.

ARGÜELLO, G.L.; SANABRIA, J.A.; ROZENBAUM, A. 2001. Caracterización textural de materiales parentales en el centro norte de la Provincia de Córdoba, Argentina. *Resumen en Actas del XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*. Varadero. Cuba.

CAPITANELLI, R. 1979. *Geografía Física de Córdoba*. Capítulo V Ed. Boldt.

Cartas de Suelos de la República Argentina (Hojas 3163-26 Villa del Rosario; 3163-32 Oncativo; 3363-2 Oliva)

BIRKELAND, P. W. 1984. *Soil and Geomorphology*. Oxford University Press.

BIRKELAND, P.W. 1990. *Soil-geomorphic research - a selective overview*. *Geomorphology*, 3, 207-224.

BIRKELAND, P. W. 1999. *Soils and Geomorphology*. Third Edition. Oxford University Press, Oxford: 1- 429.

CANTÚ, M. 1992. *Prov. De Córdoba*. El Holoceno en la Argentina. Ed. Iriondo, M, 1:1-16. CADINCUA. Paraná.

CANTÚ, M. 1998. Estudio geocientífico para la evaluación ambiental y la ordenación territorial de una cuenca pedemontana. Caso: Cuenca del Arroyo La Colacha, Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto: 1-377. Inédita.

CARIGNANO, C. 1997. *Caracterización y evolución durante el Cuaternario Superior de los ambientes geomorfológicos extraserranos en el NW de la Provincia de Córdoba*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba: 1-208. Inédita.

DUCHAUFOR, P. 1984. *Edafogénesis y Clasificación*. Ed. Masson, S. A., España.

HOLE, F. D. 1961. *A classification of pedoturbations and some other processes and factors of soil formation in relation to isotropism and anisotropism*. *Soil Science*, 91: 375- 377.

IRIONDO, M. Y Kröhling, D. 1995. *El Sistema Eólico Pampeano*. Serie Florentino

- Ameghino. Museo de Cs. Nat. Santa Fe, 5 (1): 1-68.
- IRIONDO, M. 1999. *Climatic changes in the South America plains: Record of a continent - scale oscillation*. Quaternary International, Pergamon, 57- 58: 93-112.
- JENNY, H. 1941. *Factors of Soil Formation. A System of Quantitative Pedology*. McGraw- Hill, New York: 1- 281.
- JENNY, H. 1961. *Derivation of state equations of soil and ecosystems*. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 25: 385- 388.
- JENNY, H. 1980. *The Soil Resource. Origin and Behavior*. Springer - Verlags. Berlin.
- JOFFE, J. S. 1936. *Pedology*. Rutgers Univ. Press, New Brunswick: 1- 557.
- JOHNSON, D. L. 1985. *Soil thickness processes*. En: Jungerius, P. (Ed.). Soils and Geomorphology. Catena, 6: 29- 40.
- JOHNSON, D. L. y Watson -Stegner, D. 1987. *Evolution model of pedogenesis*. Soil Science, 143 (5): 349- 366.
- JOHNSON, D. L. y Hole, F. D. 1994. Chap. 7. *Soil Formation Theory: A Summary of Its Principal Impacts on Geography, Geomorphology, Soil- Geomorphology, Quaternary Geology and Paleopedology*. In: Luxmoore, R. J. (Ed.). Factors of Soil Formation: A Fiftieth Anniversary Retrospective. SSSA, Soil Science Society of America, Special Publication, 33: 111- 126.
- PHILLIPS, J. D. 1993. *Progressive and Regressive Pedogenesis and Complex Soil Evolution*. Quaternary Research, 40: 169- 176.
- PHILLIPS, J. D. 1998. *On the relation between complex systems and the factorial model of soil formation (with Discussion)*. Geoderma, 86: 1-21.
- PYE, K. 1996. *The nature, origin and accumulation of loess*. Quaternary Science Review, Vol 14, pp 663-667
- RUNGE, E. C. A. 1973. *Soil development sequence and energy models*. Soil Sci., 115 (3): 183- 193.
- RUHE, R. V. 1969. *Quaternary landscapes in Iowa*. Iowa St. Univ. Press., Ames: 1- 225.
- RUHE, R. V. 1983. Aspects of Holocene pedology in the United States. In: Wright, H. E., Jr, (Ed.). *Late- Quaternary environment of the United States*. The Holocene, Univ.

of Minnesota Press, Minneapolis, 2: 12-25.

SANABRIA J. A.; LEGUIZAMÓN, R.; TAUBER, A.; MANZUR, A.; PIOVANO, E.; BARBEITO, O.; ARGÜELLO, G.L.; BALBIS, A. 1996. 8º Reunión de Campo del Cuaternario. *Guía de Campo*. CADINCUA. Córdoba. Argentina

SANABRIA, J. A.; ARGÜELLO, G.L. 1998. Relación suelo- paisaje entre La Lagunilla y el Arroyo Soconcho. *Actas del XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Carlos Paz. Córdoba.

SHAW. A. B. 1964 Time in Stratigraphy. 365. pp. MacGraw- Hill. New York. Citado en chronostratigraphic clasification. *Boreas*. Vol 9. pp. 153-163. Oslo. I.S.S.N 0300-9483.

SIMONSON, R. W. 1978. *A multiple- process model of soil genesis*. In: Mahaney, W. C. (Ed.). Quaternary soils. *Geo Abstracts*, University of East Anglia, Norwich, England: 1- 25.

WATSON, R.A. y Wright, H.E. Jr. 1980. *The end of Pleistocene: a general critique of chronostratigraphic clasification*. *Boreas*. Vol 9. pp. 153-163. Oslo. I.S.S.N 0300-9483.

WILDING, L. P.; Smeck, N. E.; Hall, G. F. 1983. *Pedogenesis and Soil Taxonomy*. I. Concepts and Interactions. Elsevier.

