

AGROCHIMICA

Rivista Internazionale
di Chimica vegetale, Pedologia e Fertilizzazione del suolo



Génesis de la gibsita en suelos sobre granitos del Sistema Central, España

A. GARCIA SÁNCHEZ - J. SAAVEDRA ALONSO - M. SÁNCHEZ CAMAZANO
Centro de Edafología y Biología Aplicada del C.S.I.C. de Salamanca y
Departamento de Mineralogía, Universidad de Salamanca

Génesis de la gibsita en suelos sobre granitos del Sistema Central, España

A. GARCIA SÁNCHEZ - J. SAAVEDRA ALONSO - M. SÁNCHEZ CAMAZANO
Centro de Edafología y Biología Aplicada del C.S.I.C. de Salamanca y
Departamento de Mineralogía, Universidad de Salamanca

INTRODUCCION -- Hay un buen número de publicaciones donde se señala la presencia de gibsita en los productos de meteorización de rocas cristalinas (generalmente graníticas), arenizaciones o suelos, principalmente en Europa. Por ejemplo, DEJOU y cols. (1967; 1968; 1970), MAUREL (1968), ERHART (1968), TARDY (1969) en Francia, GREEN y EDEN (1971) en Inglaterra, BARSHAD (1966) en Sierra Nevada, California, también en España, en el Sistema Central, HOYOS DE CASTRO (1969) y SANCHEZ CAMAZANO (1973).

Este fenómeno geoquímico aparentemente anómalo en estas latitudes, desde el punto de vista tan generalizado de considerar la gibsita como producto de una intensa meteorización en climas tropicales, parece ser común en estas zonas templadas. Han aparecido varias teorías para explicarlo.

Para MAUREL (1968) la gibsita es de carácter relictivo y su formación se habría llevado a cabo a finales del terciario, bajo unas condiciones de clima húmedo y caliente.

Según TARDY (1969), hay tres factores que pueden haber influido conjuntamente en su formación: a) Variaciones locales de drenaje. La gibsita puede aparecer en las cercanías de los poros, mientras que la caolinita lo haría entre otros cristales mal drenados, b) Variaciones climáticas. Sucesiones de fases áridas o húmedas, c) Alteración diferencial de los minerales constituyentes de la roca granítica. Este factor sería el de mayor importancia. Así los minerales más alterables llegarían hasta la alitización, con la consiguiente formación de gibsita, los menos alterables a la bisialitización, (montmorillonita y/o vermiculita) y los de carácter intermedio a la sialitización (caolinita). Así sería posible la aparición de gibsita por este mecanismo cuando estén presentes en la roca plagioclasas cálcicas, fácilmente alte-

rables que originarían incluso en estas condiciones moderadas de meteorización, la gibsita, mientras los otros minerales menos alterables llegarían hasta otros términos intermedios.

ERHART (1968), sostiene que en los podsoles bajo la acción de un humus muy ácido, el aluminio procedente de la descomposición de los minerales primarios es extremadamente soluble. Se acumulará cuando en su migración hacia la profundidad del perfil encuentre condiciones de pH alcalinas que le harán flocular y cristalizar. Hace hincapié en que este fenómeno podsolizante a veces pasa inapercibido cuando se trata de suelos jóvenes desarrollados sobre otros suelos más antiguos que han sido erosionados por la acción antropológica de la deforestación. Pero incluso en estos suelos jóvenes (criptopodsólicos) tiene lugar este fenómeno.

BARSHAD (1969) indica una cierta correlación positiva entre la cantidad de gibsita y la pluviosidad.

DEJOU y col. (1967) no piensan que tenga un origen en el terciario, bajo otras condiciones climáticas, y simplemente apuntan que un drenaje intenso y condiciones de pH ácido (cerca de 5) favorecen la formación de gibsita y caolinita. En otra publicación de estos mismos autores (1970) indican la presencia de gibsita en los productos de meteorización de esquistos micáceos sin feldespatos. Al parecer la teoría de TARDY, expuesta anteriormente, no es enteramente válida.

DUCHAUFOR (1964), y DUCHAUFOR y SOUCHIER (1968) estudian la migración selectiva del aluminio en suelos podsólicos y criptopodsólicos (materia orgánica de tipo moder y una relación C/N elevada del orden de 20). La producción de ácidos fúlvicos es grande. Ellos son los causantes de la migración del Al en profundidad como complejos seudosolubles. La posterior polimerización originando humatos insolubles sería la causa de su acumulación en profundidad. No se refieren a la aparición de gibsita, pero teniendo en cuenta la biodegradación por microorganismos de estos humatos, DOMMERGER y DUCHAUFOR (1965), si lo hacen a la aparición de hidróxido de aluminio libre, así como a una actividad mineralizante de los microorganismos, creciente con la profundidad en podsoles y criptopodsoles.

PONOMAREVA y RAGIM-ZADE (1969), hacen un estudio sobre la alteración experimental de varios minerales silicatados bajo

la acción de varios tipos de ácidos y llegan a la conclusión de que los ácidos fúlvicos tienen una gran capacidad de quelación sobre el Al, superior a la que presentan para los demás elementos constituyentes de dichos minerales. HUANG y KELLER (1970) en un estudio semejante sobre la alteración de feldespato llegan a la conclusión que la solubilidad del Al (que en agua es menor que la del Si) se hace mayor que la del Si cuando se utilizan en el ataque ácidos orgánicos sintéticos. WRIGHT y SCHNITZER (1963) encuentran una capacidad complejante y también de floculación (por Ca y Mg) muy distinta para los complejos de Fe, Al con la materia orgánica de los suelos. Todo ello parece concordar perfectamente con la idea citada de DUCHAUFOUR, sobre la migración selectiva del Al en el perfil, causada por los ácidos fúlvicos.

La aparición de gibsita, de una forma muy general, en suelos montañosos, de clima húmedo y frío, sobre rocas graníticas del Sistema Central (provincias de Avila, Salamanca y Cáceres), SÁNCHEZ CAMAZANO (1973), GARCIA SÁNCHEZ (Tesis doctoral en preparación), nos ha inducido a estudiar el fenómeno y sugerir los mecanismos que lo originan.

RESULTADOS Y DISCUSSION — Los datos cuantitativos que se han utilizado en este trabajo ya se encuentran publicados (SÁNCHEZ CAMAZANO (1973)) en lo que se refiere a la gibsita y se han tomado del trabajo de GALLARDO (1972) en lo referente al fraccionamiento de la materia orgánica.

En la Fig. 1 se han representado los contenidos en gibsita (tanto por ciento en la fracción $< 2 \mu$) frente a los contenidos en ácidos fúlvicos (tanto por ciento de la materia orgánica total).

En la Fig. 2 se han representado las variaciones en profundidad, para tres de los perfiles utilizados, de los contenidos en gibsita, en ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y el pH.

En la Tabla 1 se presentan los contenidos en gibsita, C/N y otros datos referentes a los perfiles estudiados. Todos ellos desarrollados sobre granitos.

Dado que se trata de suelos jóvenes, que la meteorización es actual como se deduce de las escasas formaciones rañoides pliocenas en la región estudiada en claro proceso de desapari-

ción por los factores erosivos recientes, SAAVEDRA ALONSO (1970), JIMENEZ FUENTES (1970), no cabe esperar ninguna formación relicta terciaria. Es claro que no se puede atribuir un origen en el terciario a la gibsita bajo otras condiciones climáticas a las actuales.

Si se considera la buena correlación entre gibsita y ácidos fúlvicos (Fig. 1), el estrecho paralelismo entre contenidos en gibsita (en profundidad) y ácidos fúlvicos, el no haberlo con los ácidos húmicos y solo ocasionalmente con el pH (Fig. 2), nos induce a pensar que es la materia orgánica y concretamente los ácidos fúlvicos, los implicados en los mecanismos de su formación.

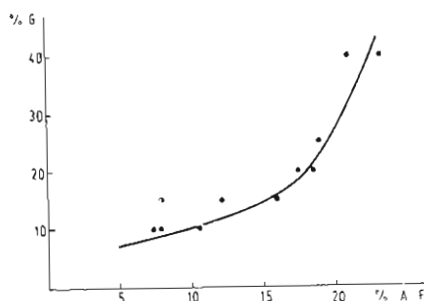


Fig. 1. — Correlación entre los contenidos en gibsita y ácidos fúlvicos en los diversos horizontes para algunos de los suelos estudiados.

Un hecho evidente es la movilización del aluminio como complejos organometálicos, SWINDALE y JACKSON, 1956; BLOOMFIELD, 1955-1956; PEDRO y cols., 1968; CURTIS, 1970. También

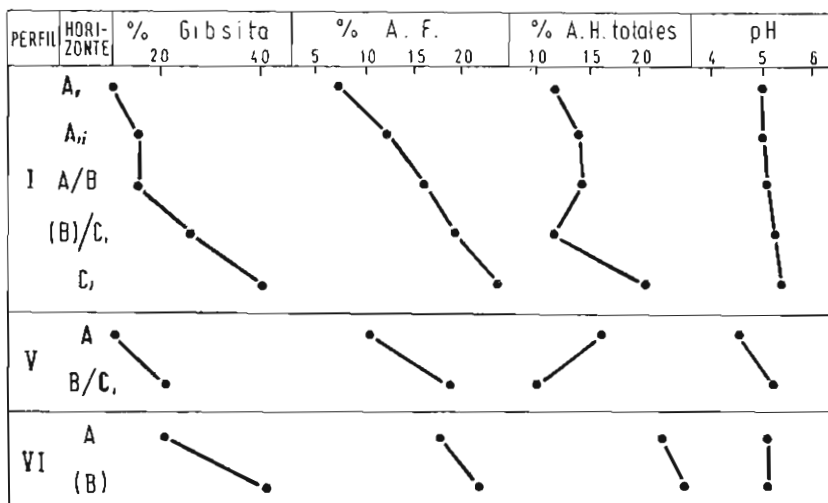


Fig. 2. — Variación de gibsita, A.F., A.H. y pH. con la profundidad.

TABLA 1

| Perfil | Situación | Tipo de Suelo | Vegetación | Pluviosidad mm/año | Temperatura media anual °C | Horizonte | C/N | Gibsi-ta % |
|--------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|----------------------------|
| I | El Piornal (Cáceres) | Ranker pardo (criptopodsólico) | Pastos escobas | 1250 | 13 | A ₁ A ₂ A ₁ /B (B)/C ₁ C ₁ | 21.2 21.4 18.8 11.2 12.7 | 10 15 15 25 40 |
| II | Hoyos de Espino (Avila) | Tierra parda podsolizada | Pinar | 836 | 9 | A B C ₁ /C | 22.3 12.2 9.5 | 10 10 10 |
| III | Candeleda (Avila) | Tierra parda ácida | Robledal, jaras, tomillos | 1000 | 15.5 | A (B) C ₁ | 16.4 8.4 7.5 | < 5 < 5 < 5 |
| IV | Candeleda (Avila) | Tierra parda podsolizada | Pinar jaras tomillos | 1000 | 15.5 | A (B)/C ₁ C ₁ | 20.9 10.0 10.8 | 15 30 35 |
| V | Peñaparda (Salamanca) | Tierra parda ácida | Robles escobas pastos | 1060 | 11.3 | A B/C ₁ C ₁ | 16.3 13.5 11.3 | 10 20 20 |
| VI | Peñaparda (Salamanca) | Tierra parda ácida | Pastos retama robles | 1060 | 11.3 | A (B) C ₁ | 20.7 13.2 11.3 | 20 40 40 |
| VII | Navacepeda (Avila) | Tierra parda ácida | Robledal pastos | 780 | 10 | A ₁₁ A ₁₂ (B) (B)/C ₁ | 15.6 12.0 7.8 8.4 | < 5 < 5 < 5 < 5 |
| VIII | Navacepeda (Avila) | Tierra parda ácida | Pastos robles | 780 | 10 | A ₁₁ A ₁₂ (B) | 12.4 12.3 9.2 | < 5 < 5 < 5 |
| IX | Montalban (Avila) | Gley empardecido | Pastos | 1647 | 15.5 | A (B)G G C ₁ | 11.7 7.8 6.3 | < 5 < 5 < 5 |
| X | Hoyos del Espino (Avila) | Tierra parda ácida | Pastos | 1400 | 9 | A A/B (B ₁) (B ₂) C ₁ | 15.8 11.6 6.5 7.5 6.2 | 5 5 5 5 5 |
| XI | (Piornal (Cáceres) | Podsól Húmico ranke-riforme | Brezo | 836 | 13 | A ₁₁ A ₁₂ A ₂ /B B/C ₁ | 17.3 14.9 10.1 6.9 | 5 70 75 75 |

lo es, que ésta tiene lugar como complejos con los ácidos fúlvicos, los humatos son muy poco solubles.

En la Tabla 1 se observa un estrecho paralelismo entre los contenidos en gibsita y la relación C/N. Aquellos suelos con un valor de C/N, del orden de 15 ó inferior a este valor en el horizonte de humus, presentan un mínimo en el contenido de gibsita ($< 5\%$). Por el contrario valores de C/N del orden de 20 en el horizonte superior (tipo moder) coinciden con altos valores de gibsita en el perfil.

Los hechos más sobresalientes los constituyen los perfiles II y X (Hoyos del Espino) muy cercanos entre si, así como también los perfiles III y IV (Candeleda).

Los hechos más sobresalientes los constituyen los perfiles mos la vegetación, (pinos sobre el primero y pastos sobre el segundo). El valor de la relación C/N en el horizonte de humus es superior en el perfil II, como también lo es su contenido en gibsita. Parece evidente una estrecha relación entre este mineral y la razón C/N, así como con la vegetación. El mismo razonamiento puede seguirse para los perfiles III y IV.

Si se tiene en cuenta que la deforestación es evidente sobre muchos de los perfiles considerados y que la materia orgánica es de tipo moder (relación C/N del orden de 15 a 20), los trabajos de DUCHAUFOR, PONOMAREVA etc., citados y todo lo expuesto anteriormente sugerimos el siguiente mecanismo para la génesis y acumulación de la gibsita en profundidad.

Los ácidos fúlvicos son los causantes del transporte del aluminio, liberado de los minerales primarios de la roca, como complejos solubles hacia la profundidad, favorecido por la escasa actividad mineralizante de los microorganismos en los horizontes superiores.

En profundidad tiene lugar una polimerización de estos fulvatos para originar humatos insolubles que sería la causa de la acumulación del Al en estos horizontes. La posterior oxidación y biodegradación de estos humatos de Al originaría el aluminio libre, susceptible de cristalizar como gibsita.

Queremos expresar nuestro agradecimiento por la ayuda prestada a los Drs. Antonio García Rodríguez, Luisa Prat Pérez y Juan Gallardo Lancho.

BIBLIOGRAFIA

- BARSHAD I.: The effect of a variation in precipitation on the nature of clay mineral formation in soils from acid and basic igneous rocks. *Proc. Intern. Clay Conf.*, 1, 167 (1966).
- BLOOMFIELD C.: Leaf leachates as factor in pedogenesis. *Soc. of Food and Agriculture*, 6, 641 (1955).
- BLOOMFIELD C.: The experimental production of podzolisation. *VI^e Congrès Int. Sci. Sol. E.*, 21, 23 (1956).
- CURTIS C. D.: Differences between lateritic and podzolic weathering. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 34, 1351 (1970).
- DEJOU J., GUYOT J., PEDRO G., CHAUMONT et ANTOINE H.: Presence de gibbsite et de gels aluminio siliciques dans la fraction argileuse extraite de quelques arènes et sols du massif de granite à deux micas de la Pierre-qui-Vire (Yonne-Niévre). *C. r. Acad. Sci., Paris*, 264, D, 973 (1967).
- DEJOU J., GUYOT J., PEDRO G., CHAUMONT C. et ANTOINE H.: Nouvelles données concernant la présence de gibbsite dans les formations d'altération superficielle des massifs granitiques (cas du Cantal et du Limousin). *C. r. Acad. Sci., Paris*, 266, D, 1825 (1968).
- DEJOU J., GUYOT J., PEDRO G., CHAUMONT C. et ANTOINE H.: Sur la présence de gibbsite dans les formations superficielles développées en Haute-Vienne sur micaschistes francs. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 270, D, 287 (1970).
- DOMMERGER Y. et DUCHAUFOR P.: Etude comparative de la dégradation biologique des complexes organo-ferriques dans quelques types de sols. *Sci. Sol.*, 1, 43 (1965).
- DUCHAUFOR P.: Sur la dynamique de l'aluminium dans les sols podzoliques. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 259, D, 3307 (1964).
- DUCHAUFOR P. et SOUCHIER B.: Notes sur la migration sélective de l'aluminium dans les sols cryptopodzoliques. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 266, D, 204 (1968).
- ERHART H.: Sur trois modes géochimiques d'accumulation des hydroxydes d'alumine dans la Nature. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 267, D, 2081 (1968).
- GALLARDO J.: El perfil de materia orgánica en suelos de la región oeste de España. Tesis Doctoral. Salamanca (1972).
- GREEN C. P. and EDEN M. S.: Gibbsite in the weathered Dartmoor Granite. *Geoderma*, 6, 315 (1971).
- HOYOS DE CASTRO A. y GONZALES PARRA J.: Estudio genético de algunos suelos de la sierra del Guadarrama. II. Arcillas y su génesis. *An. Edafol. Agrobiol.*, 29, 643 (1969).
- HUANG W. H. and KELLER W. D.: Dissolution of rock-forming silicate minerals in organic acids: simulated firs-stage weathering of fresh mineral surfaces. *Amer. Miner.*, 55, 2077 (1970).
- JIMENEZ FUENTES E.: Estratigrafía y Paleontología del borde SW de la Cuenca del Duero. Tesis Doctoral. Salamanca (1970).
- MAUREL P.: Sur la présence de gibbsite dans les arènes du massif du Sidobre (Tarn) et de la Montagne Noire. *C. r. Acad. Sci., Paris*, 266, D, 652 (1968).
- PONOMAREVA V. V. and RAGIM-ZADE V. V.: Comparative study of fulvic and humic acids as agents of silicate mineral decomposition. *Soviet Soil Sci.*, 15, 167 (1969).
- SAAVEDRA ALONSO J.: Las formaciones paleozoicas de la comarca salmantina Sierra de Francia y sus procesos de alteración. Tesis Doctoral. Salamanca (1970).
- SANCHEZ CAMAZANO M.: Gibsita en suelos sobre granitos del Sistema Central. *An. Edafol. Agrobiol.* (en prensa) (1973).
- SWINDALE L. P. and JACKSON M. L.: Genetic processes in some residual podzolized soils of New Zealand. *VI^e Congrès Int. Sci. Sol., E.*, 233, 239 (1956).
- TARDY I.: Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse Fac. Sci., Strasbourg (1969).
- WRIGHT J. R. and SCHNITZER M.: Metallo-Organic Interactions Associated with Podzolization. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 27, 171 (1963).

RESUMEN. — Se hace un estudio sobre el origen y distribución de la gibbsite en los horizontes de suelos desarrollados sobre rocas graníticas. Los resultados indican que ambos fenómenos están íntimamente relacionados con la naturaleza de la materia orgánica y su evolución en el proceso edáfico.

RÉSUMÉ. — On fait un étude sur l'origine et répartition de la gibbsite dans les horizons des sols développés sur granites. Les résultat montrent que les deux phénomènes sont profondément connectés avec la nature de la matière organique et avec son évolution pendant le processus d'alteration.

SUMMARY. — The genesis and distribution of gibbsite in the profiles of weathering formed on granitic rocks are studied. The results indicate that both phenomena are intimately related with the nature of the organic matter and with its evolution during weathering.

ZUSAMMENFASSUNG. — Man studiert den Ursprung und die Verteilung der Gibbsit in den über granitischen Gesteine entfaltenden Boden. Die Ergebnisse zeigen an, dass beide Phänomene in strenge Beziehung mit der Natur organischen Materie und mit ihrer Entwicklung während des edaphischen Prozess stehen.

RIASSUNTO. — Si sono studiate l'origine e la distribuzione della gibbsite negli orizzonti di terreni sviluppati su rocce granitiche. I risultati indicano che tutti e due i fenomeni sono in stretta relazione con la natura della sostanza organica e la loro evoluzione nel processo edafico.