

PRESENCIA DE ANFÍBOLES EN MINA DE VERMICULITA, PROV. DE CÓRDOBA, ARGENTINA. CARACTERIZACIÓN Y COMPOSICIÓN MINERAL

L. Lescano ^{a,b}, S. Marfil ^{a,b}, P. Maiza ^{a,c}, J. Sfragulla ^d y A. Bonalumi ^d

a- Dpto. de Geología. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, Bahía Blanca.

b- CIC-INGEOSUR

c- CONICET-INGEOSUR

d- Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nac. de Córdoba.
leticia.lescano@uns.edu.ar

Resumen

En la provincia de Córdoba, Argentina, existen minas de vermiculita en producción, cuyas principales impurezas son cuarzo y minerales del grupo de los anfíboles. Estos últimos, al ser inhalados durante el proceso de explotación y tratamiento podrían ocasionar un efecto nocivo en la salud humana, generando enfermedades respiratorias y pulmonares tales como asbestosis o mesoteliomas. Por sus características ópticas, los anfíboles estudiados, corresponden a la serie tremolita-ferroactinolita. Estos minerales pertenecen al grupo de los asbestos, en la actualidad prohibidos en todos sus usos. Uno de los aspectos importantes que surge a partir de la caracterización mineralógica es la morfología de los cristales. Está relacionada con que los hábitos asbestiformes generarían mayor incidencia nociva en la salud, que las formas prismáticas y fragmentos de clivaje, como los que presentan los anfíboles de la mina estudiada. Sin embargo muchos estudios reconocen que estos minerales al ser tratados se fracturan y modifican su morfología generando hábitos asbestiformes y astillosos en cristales que inicialmente no lo presentaban. Como objetivo de este trabajo se plantea la caracterización de los anfíboles dentro de la vermiculita, el estudio morfológico relacionado a la peligrosidad ambiental que genera y a la incidencia nociva para la salud humana.

Abstract

Vermiculite deposits with impurities such as quartz and amphiboles are currently in operation in the province of Córdoba (Argentina). Inhalation of amphiboles during the production and exploitation process can cause serious illnesses, including mesothelioma, asbestosis or lung cancer. These minerals were identified as tremolite-ferrocattinolite series due to their optical properties. They belong to the asbestos group which is banned for all uses. Determination of the crystals morphology is very important for the mineralogical characterization because the asbestiform habits generate greater impact on the human health than the prismatic habits and cleavage fragments. However, many studies recognize that these minerals may break and change their habits generating asbestiform morphology of crystals when they are treated. The objective of this study is to characterize amphiboles recognized as impurities in vermiculite deposits and to study the morphology related to environmental hazards and their impact on the human health.

Introducción

Vermiculita es un mineral micáceo de hábito hojoso, formados principalmente por alteración hidrotermal de minerales como biotita o flogopita. Su característica distintiva es la gran expansión que desarrolla al ser calentado entre 800° y 1100 ° C,

generando un producto muy liviano, utilizado en muchas aplicaciones comerciales, como materiales de construcción, aislantes acústicos e ignífugos, entre otras. Estudios previos han demostrado que este mineral al ser inhalado, no genera efectos nocivos en la salud humana (Hunter y Thomson 1973). Sin embargo, con frecuencia contiene impurezas (cuarzo y minerales asbestiformes) que pueden ser liberadas al aire durante el proceso de expansión, generando una contaminación del aire y su posible inhalación por personas que trabajen en los procesos de industrialización.

Asbesto es un término comercial que se refiere a un grupo de silicatos (serpentina y anfíboles), de hábito fibroso, flexible, de alta resistencia al calor, al fuego y a la degradación química o biológica (Zoltai, 1981). En la actualidad toda comercialización de estos minerales se encuentra prohibida por su peligrosidad ambiental y su incidencia nociva en la salud humana.

En la provincia de Córdoba, existen minas de vermiculita en actividad, en las que se identificaron impurezas de minerales del grupo de los anfíboles (Lescano *et al.* 2011). Un ejemplo de presencia de anfíboles dentro de vermiculitas, es el de Libby, Montana, en los Estados Unidos. Este representa uno de los desastres ambientales más grandes en la historia de este país, en el que cientos de personas murieron por enfermedades atribuidas directamente a la exposición al asbesto.

La incidencia en la salud de estos minerales está íntimamente ligada a su morfología (Campbell *et al.* 1979). Los que presentan características asbestiformes o los que tiene hábito fibroso son los más nocivos para la salud.

En el presente trabajo se estudió la mineralogía de mina La Soledad, (Prov. de Córdoba) explotada por vermiculita. El objetivo es caracterizar los minerales del grupo de los anfíboles, dentro de las vermiculitas, relacionado a la peligrosidad ambiental que estos generan y a la incidencia nociva para la salud humana.

Ubicación y Marco geológico

La mina Soledad se localiza a 3 Km al suroeste de la localidad de José de la Quintana, en el departamento Santa María, provincia de Córdoba (31°49'36"S; 64°25'34"O).

La región presenta afloramientos del Complejo Metamórfico La Falda, compuesto por gneises biotíticos-muscovíticos bandeados, con intercalaciones de ortogneises leucotonalíticos, mármoles dolomíticos, anfibolitas y rocas calcosilicáticas (Lucero Michaut *et al.* 2000), este basamento aparece intruído por diques basálticos de edad cretácica similares a los descritos por Gordillo y Lencinas (1969).

Los antecedentes sobre este yacimiento son escasos, sólo puede citarse el trabajo de Viltes (2011) quien describe la geología de la mina de vermiculita "La Isla", perteneciente al mismo grupo.

Las explotaciones realizadas, consistentes en rajos y cortavetas, han permitido observar que la mineralización de vermiculita se localiza en el contacto entre una anfibolita bandeadada (45°/80° SE) que ha sido cortada por numerosas venas pegmatíticas compuestas por cuarzo, plagioclasa y biotita. En la zona de contacto se generó un halo de reacción rico en biotita, el que luego por alteración se transformó en vermiculita y las zonas enriquecidas con este mineral no superan los 5 cm de espesor.

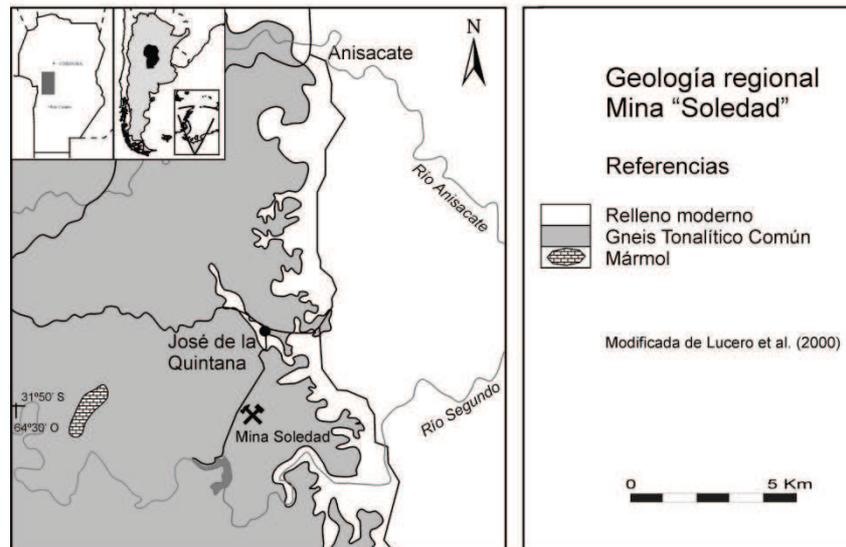


Fig.1. Mapa de ubicación de Mina La Soledad, provincia de Córdoba, Argentina.

Métodos

Para la caracterización mineralógica y morfológica se utilizó un sistema microscópico, con procesador de imágenes integrado con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT; microscopio petrográfico Olympus trinocular B2-UMA, con una cámara de video Sony 151A incorporada, monitor de alta resolución, procesador de imágenes Image Pro Plus versión 3.1 y programas computarizados para tratamiento de imágenes; microscopio electrónico de barrido, JEOL JSM 35 CP sobre muestras metalizadas con oro y un difractómetro Rigaku D-Max III - C con radiación de Cu K α y monocromador de grafito, con 35 Kv y 15 mA.

Resultados-Characterización Mineralógica

Difractometría de rayos X. En la Fig. 2a se muestran los resultados obtenidos sobre roca total. Se determinó la presencia de un mineral micáceo, adjudicado a vermiculita (V), con los picos más intensos en 14.3 y 7.54 Å. Se reconocen reflexiones de talco (T), cuarzo (Q) y sepiolita (S). Se identificaron reflexiones en 9.29 y 4.92 Å adjudicadas a minerales del grupo de los anfíboles de la serie tremolita-ferroactinolita en 8.29 y 4.92 Å (An).

Luego se concentró el anfíbol bajo estereomicroscopio. En la Fig. 2b se muestran los resultados obtenidos. Las máximas reflexiones en 8.36 y 3.11 Å (An) corresponden a tremolita comparable con la ficha ICDD 13-437.

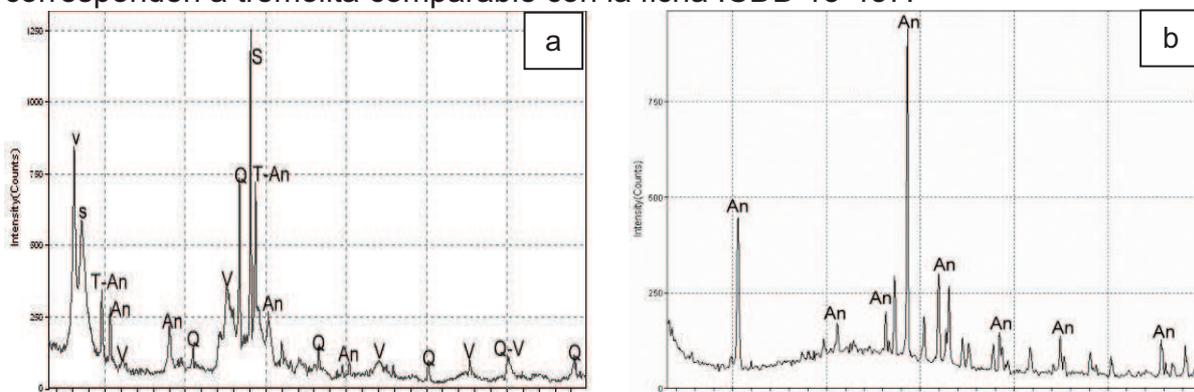


Fig.2a: Difractograma de la roca total (V: vermiculita, T: talco, Q: cuarzo, S: sepiolita, An: anfíbol. Fig.2b: Difractograma de los anfíboles (An).

Microscopía de polarización. Sobre secciones delgadas la vermiculita se reconoce como cristales flexurados de color pardo, marcado pleocroísmo y extinción paralela. Los cristales de anfíboles son abundantes en toda la muestra, de color verde pálido a incoloro y presentan leve pleocroísmo (Fig. 3a). La extinción en secciones longitudinales varía entre 15 y 18°. Por sus propiedades ópticas se identificaron minerales del grupo de los anfíboles de la serie tremolita – ferroactinolita. Por su leve coloración se puede inferir que pertenecen al extremo tremolita. El tamaño es variable, con un promedio de 680 μm de largo y 120 μm de ancho, manteniendo una relación largo/ancho promedio superior a 5. En algunos casos el largo de los cristales supera los 3 mm. Los extremos se presentan fracturados e irregulares. No se observaron hábitos aciculares. Las formas varían desde elongadas prismáticas, agregados fibrosos hasta cristales en bloques (Fig. 3b). En algunos sectores, se reconocen secciones basales (Fig. 4a), con el característico clivaje de los anfíboles en dos direcciones formando ángulos de 56° y 124° (Fig. 4b). El contacto entre los minerales micáceos y anfibólicos, en algunos casos es, neto y en otros transicional observándose como la vermiculita engloba a los cristales prismáticos generando una alteración en sus bordes. El contenido modal de anfíboles en la muestra es superior al 10%. Los cristales se presentan, enteros, fracturados y también alterados. Las fracturas se encuentran rellenas principalmente por minerales carbonáticos, como calcita y en algunos sectores se observan minerales fibrosos, incoloros de extinción recta, que por sus propiedades ópticas se determinó como sepiolita.

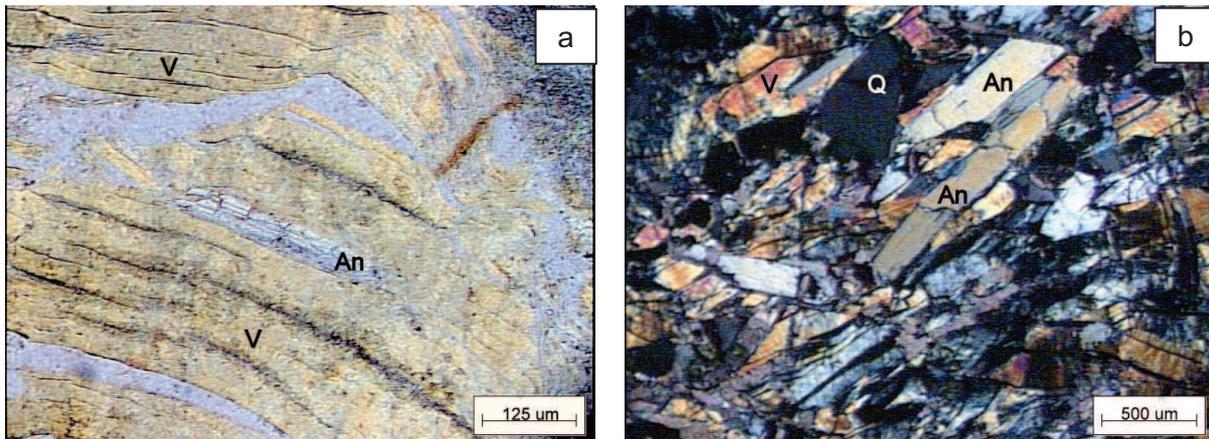


Fig. 3a: Anfíbol levemente coloreado en vermiculita, con luz paralela. Fig. 3b: Anfíboles de hábito prismático y en bloques, con nicols cruzados. V: vermiculita, An: anfíbol, Q: cuarzo.

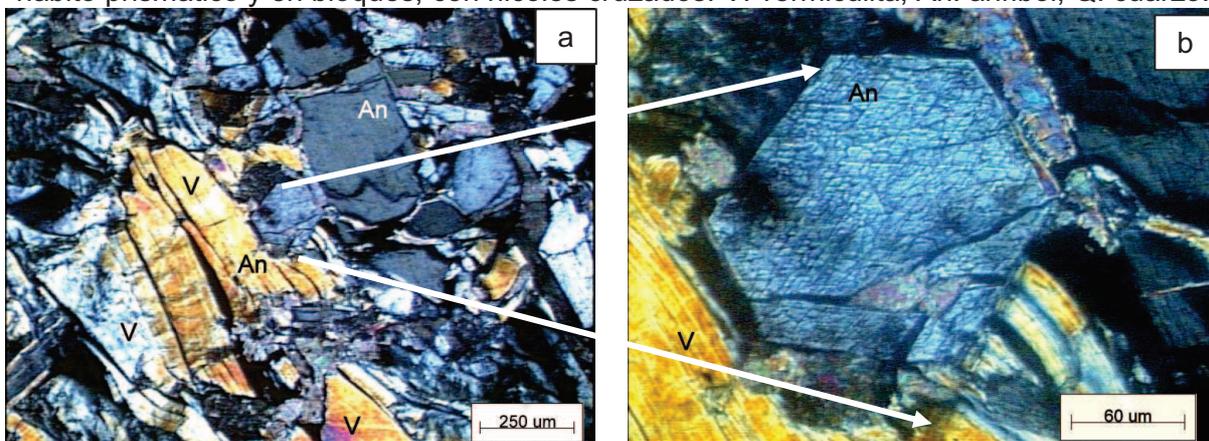


Fig. 4a: Sección basal del anfíbol. Fig. 4b: Detalle de la sección basal donde se reconocen las dos direcciones de clivaje, con nicols cruzados. V: vermiculita, An: anfíbol.

Estereomicroscopía y SEM. Para el estudio con estereomicroscopio, se separaron los minerales del grupo de los anfíboles, del cuarzo y de la vermiculita. Se observó que los minerales anfibólicos adoptan formas elongadas y en bloque. Son de color verde oscuro y presentan brillo vítreo. Se distinguieron secciones basales y partículas con fracturas irregulares (Fig. 5). El cuarzo es abundante y se presenta, como cristales de formas variadas, translúcidos y sueltos.

Bajo microscopio electrónico de barrido, los cristales de anfíboles, se observaron como bloques de hábito prismático. No se reconocieron cristales aciculares ni asbestiformes. En la figura se puede observar un cristal de anfíbol fracturado que genera un ángulo de quiebre característico de estos minerales determinado por el clivaje (Fig. 6).

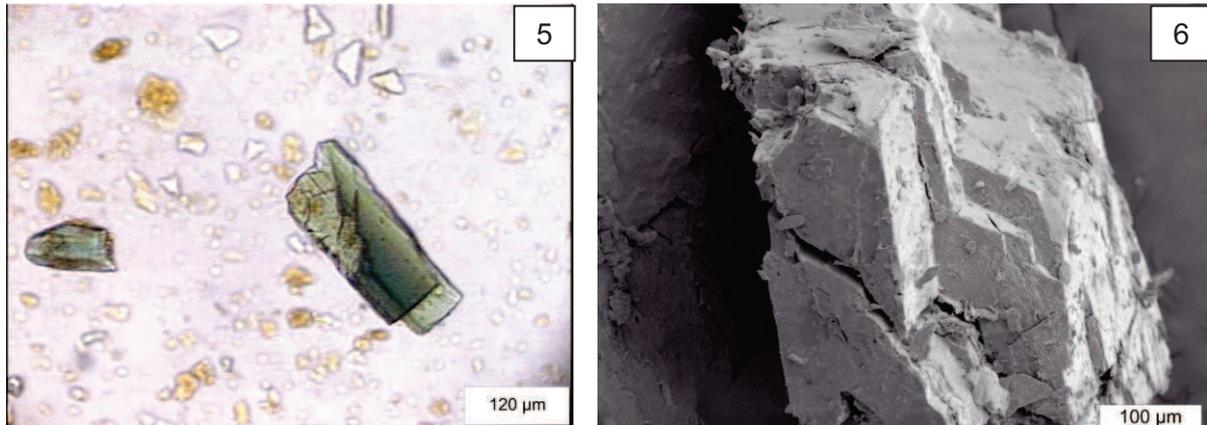


Fig. 5: Estereomicroscopio. Anfíboles de diferentes tamaños con fracturas irregulares.

Fig. 6: SEM. Fractura escalonada, típica de los anfíboles, en un cristal prismático.

Discusión. A partir de los estudios realizados se determinó la presencia de impurezas, principalmente, cuarzo y anfíboles, dentro de la vermiculita de mina La Soledad. La sola presencia de minerales anfibólicos ya es un alerta para intensificar los controles ambientales de los productos que se benefician. De los análisis morfológicos se concluyó que los anfíboles no presentan hábito asbestiforme, pero si fibroso, en donde la relación largo/radio es 3:1 o mayor, y la longitud mayor a 5 micrones (Ross, 1981). Existen numerosos estudios acerca de la toxicidad de los anfíboles respecto a su morfología. Davis et al. (1991) realizaron un estudio en el que demostraron que la diferente morfología de tremolita (asbestiforme y no-asbestiforme fibrosa) produce carcinogénesis, con diferente grado de agresividad. Oyarzum *et al.* (2009), estudiaron relaves mineros con actinolita, donde estas partículas son consideradas como potencialmente dañinas para la salud humana por su forma acicular y tamaño (en el rango respirable). Sin embargo, si el mismo material se observa en su forma no triturada ni meteorizada, ese rasgo probablemente no estaría presente y el material sería calificado como no-asbestiforme, como es el caso de los anfíboles de mina La Soledad. Los trabajos mencionados señalan que la presencia de cristales de anfíboles (asbestiformes o no) en vermiculitas en explotación, puede generar riesgo para la salud humana, teniendo en cuenta la fragmentación durante el procesamiento, la generación de abundante polvo en las distintas etapas y su alta volatilidad a medida que disminuye el tamaño. Es importante que se analicen en detalle los productos manufacturados por las empresas que explotan estas minas.

Conclusiones

El hábito cristalino de los minerales del grupo de los anfíboles identificados en el presente estudio, es prismático, fibroso y en partículas donde la morfología es controlada por el clivaje, según las características observadas con estereomicroscopio, microscopio petrográfico sobre secciones delgadas y microscopio electrónico de barrido.

1. En las muestras analizadas la composición modal de los anfíboles, como impureza, supera el 10%, es decir que la proporción de anfíboles en la vermiculita es relativamente alta.

2. La presencia de este tipo de minerales, que por su morfología pueden presentar hábitos asbestiformes, en vermiculitas en explotación, genera un alerta al momento de la explotación, por estar prohibida toda comercialización y explotación de los mismos.

3. Si bien la tremolita-ferroactinolita de mina La Soledad no presenta originalmente carácter asbestiforme, el tratamiento de la vermiculita y los procesos de meteorización, pueden inducir la rotura y desprendimiento de partículas de hábito acicular.

4. Es necesario realizar estudios de los productos manufacturados, para poder discernir cualquier duda sobre la presencia de partículas con hábitos asbestiformes y realizar auditorías en la mina para determinar la peligrosidad ambiental que representan para los obreros y personas que residan en zonas aledañas a la mina.

Palabras claves: anfíboles, vermiculita, Córdoba, Argentina.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Univ. Nac. del Sur, a la Sec. de Minería de la Prov. de Córdoba, a la Fac. de Cs. Exac., Físicas y Nat. de la Univ. Nac. de Córdoba, a la Comisión de Investigaciones de la Prov. de Bs. As. y al CONICET-INGEOSUR por el apoyo brindado.

Referencias

- Campbell, W., Steel, E., Virta, R.; Eisner, M., 1979. *Relationship of mineral habit to size characteristics for tremolite cleavage fragments and fibers*. U.S. Bureau of Mines Report of Investigations 8367, 18 p.
- Davis, J.M.G., Addison, J., McIntosh, C., Miller, B.G.; Niven, K., 1991. *Variations in the carcinogenicity of tremolite dust samples of differing morphology*. Third wave of asbestos disease: Exposure to asbestos in place; P.J. Landrigan; H. Kazemi, Annals of the New York Academy of Sciences, 643, 473-490.
- Gordillo, C.; Lencinas, A., 1969. *Perfil geológico de la Sierra Chica de Córdoba en la zona del río Los Molinos, con especial referencia a los diques traquibasálticos que la atraviesan*. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, 47(1):27-50.
- Lucero, H. N., Daziano, C. D., Sanabria, J. A., Darbeito, O., Tauber, A.; Sapp, M., 2000. *Mapa geológico Hoja 3163-III, Córdoba, escala 1:250.000*. IGRM-SEGEMAR (inédito).
- Hunter B.; Thomson C., 1973. *Evaluation of the tumorigenic potential of vermiculite by intrapleural injection in rats*. Br J Ind Med, 30, 167-173.
- International Centre for diffraction Data (ICDD) 1993. *Mineral Powder Diffraction File Databook*, Swarthmore, Pennsylvania. 1-42, 614-615.
- Lescano, L., Marfil, S., Maiza P., Sfragulla J.; Bonalumi A., 2011. *Presence of asbestiform minerals in vermiculite. Province of Córdoba, Argentina*. EngeoPro-2011, Moscow, 770-774.
- Oyarzun, R., Lillo, J., Oyarzun, J., Maturana, H., Canut, C.; Andreani, S., 2009. *Restrictive definition of asbestos and the assessment of potential health hazards: insights from Northern Chile*. International Geology Review, i-First article, 1-9.
- Ross, M., 1981. *The geologic occurrences and health hazards of amphibole and serpentine asbestos*; Reviews in Mineralogy: Amphiboles and other hydrous pyriboles-mineralogy; D.R. Veblen, Ed. 9A, 279-323.
- Viltés, R. N. 2011. *Estudio geológico-minero preliminar de la mina de vermiculita "La Isla" Pedanía San Isidro, Dpto. Santa María, Pcia. de Córdoba*. Trabajo Final de la Carrera de Geología, Facultad de Cs. Ex., Fis. y Nat., Universidad Nacional de Córdoba (inédito).
- Zoltai, T., 1981. *Amphibole asbestos mineralogy*. Chap. 5 in Veblen, D., ed., Amphiboles and other hydrous pyriboles, Rev. in Mineralogy, Mineralogical Soc. of America, v. 9A, 237-278.