

Evolución de la estructura del macizo de Escambray, sur de Cuba central*

**Guillermo MILLAN TRUJILLO

RESUMEN. *Las secuencias jurásico-cretácicas del macizo de Escambray formaron una sucesión de nappes y escamas apilados uno sobre el otro. Estas fueron metamorfizadas en condiciones de baja relación Temperatura/Presión y deformadas por seis etapas de plegamiento superpuestas con sus tendencias bien definidas. Las dos antiformas y la estrecha depresión sinfórmica que las separa, se generaron durante la etapa segunda. Las secuencias del macizo se depositaron en un margen continental. El despegue de las mismas por cizallamiento de su fundamento, su estructura nappe-escamada, así como su metamorfismo y plegamientos superpuestos relacionados, fueron consecuencia de una colisión ocurrida durante el cretácico superior entre dicho márgen y el arco volcánico cretácico; este último con el complejo anfibolítico Mabujina, dispuesto en su base.*

INTRODUCCION

El macizo de Escambray está constituido por secuencias jurásico-cretácicas, metamorfizadas en condiciones de baja relación Temperatura/Presión durante el cretácico superior. Su estructura interna es de tipo nappe-escamada, destacándose además diferentes fases superpuestas de deformaciones relacionadas con el propio proceso metamórfico. Sin lugar a dudas, ésta es mucho más complicada que la de cualquier otra región de nuestro país y del área caribeña, resultando extremadamente difícil realizar una cartografía del mismo que refleje, de forma ade-

cuada, la realidad de su constitución geológico-estructural, hecho que se acentúa por la escasez de restos fósiles que permitan resolver adecuadamente la sucesión estratigráfica de sus secuencias. De aquí también la especulación que tradicionalmente ha existido, y que aún persiste, en cuanto a la edad de sus protolitos. A pesar de que en la actualidad existen suficientes argumentos

*Manuscrito aprobado en diciembre de 1989.

**Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de Cuba.

que confirman la tesis de que dentro de este macizo no afloran representantes de su fundamento cristalino (Millán y Somin, 1985 a, b), hay algunos autores que, de una forma poco argumentada, recientemente consideraron que dentro del mismo afloran ampliamente metamorfitas que corresponden con un basamento prejurásico o premesozoico (Linares *et al.*, 1985; Mossakovskii *et al.*, 1986).

En cuanto a la estructura interna del macizo, Hill (1959) fue el primer geólogo que reportó la existencia de pliegues isoclinales dentro del mismo, así como de sobrecrecimientos tardíos, en su trabajo realizado en el extremo noroccidental de la megaestructura de Trinidad. Anteriormente, se consideraba la misma de una manera muy simple (Thiadens, 1937), tendencia que se manifestó incluso con posterioridad (Maximov *et al.*, 1968; Bolotin *et al.*, 1970). Somin y Millán (1974) destacaron la existencia de plegamientos superpuestos de varias etapas y de una zonación metamórfica invertida, que disminuye hacia las partes internas de ambas megaestructuras. En el trabajo de Millán (1978) y en el de Millán y Somin (1981) se destacaron algunas regularidades respecto a diferentes fases de plegamientos y esquistosidades superpuestas, señalándose la existencia de grandes pliegues isoclinales o apretados de 2 fases diferentes, cuya superposición originó complicadas figuras cartográficas de interferencia. En esos mismos trabajos se consideró, equivocadamente, que las dos megaestructuras que constituyen al macizo tuvieron un origen tardío, posterior al proceso metamórfico con sus plegamientos superpuestos asociados. Por otra parte, Suchanek (1980), en su trabajo estructural realizado en la megaestructura occidental, señaló también la presencia de varias fases de plegamientos superpuestos, destacando regularidades que muchas veces no coincidían con las establecidas en los trabajos

señalados más arriba, ni tampoco en el presente trabajo. Este autor fue el primero en demostrar que la megaestructura cupular de Trinidad tuvo su génesis durante el propio proceso metamórfico. De acuerdo con el mismo, esta cúpula se originó a partir del final de la primera fase de plegamiento (F_1), considerando además que ella tuvo su desarrollo más intenso durante las etapas más tardías de plegamientos sinmetamórficos, lo cual no concuerda con los materiales expuestos en el presente texto. Según Suchanek, la primera etapa de plegamiento (que según este trabajo corresponde realmente con la segunda fase, F_2) está relacionada con la generación de grandes pliegues isoclinales, recumbentes, cuyos planos axiales tienen una vergencia dirigida hacia el centro de la cúpula, debido a que se formaron durante el comienzo de la gestación de la misma.

En cuanto a la estructura nappe-escamada interna, en el trabajo de Millán y Somin (1981) se señaló la necesaria existencia de escamas y nappes de diferentes órdenes, los cuales se consideraron, en gran parte, premetamórficos, sobre la base de criterios litológicos y estructurales. Estos autores consideraron que la zonación metamórfica invertida que caracteriza al macizo, como regla, es de tipo transicional, o sea, sin saltos abruptos en el grado metamórfico. Por otra parte, Stanik *et al.* (1981) sostuvo la idea acerca de la existencia de diferentes nappes postmetamórficas de orden principal, con diferentes grados de metamorfismo, los cuales rigieron el carácter de la zonación metamórfica invertida. Más recientemente, nosotros hemos sostenido el punto de vista, que en este trabajo apoyamos en principio, de que las secuencias del Escambray fueron despegadas de su basamento y escamadas antes del metamorfismo, formando así una sucesión de nappes y escamas premetamórficas apilados uno sobre el otro, aunque

consideramos también la existencia de mantos y escamas más tardías (Millán y Somin, 1985 *a, b*). En el artículo de Millán y Somin, (1985 *b*) se intentó, por primera vez, separar los mantos tectónicos principales del macizo, los cuales, en gran parte, coinciden con los destacados en este trabajo.

En el presente texto, se precisa más la caracterización de los principales mantos tectónicos o nappes, así como su orden y posición estructural. Se definen y caracterizan para todo el macizo la existencia de 6 diferentes tendencias estructurales que corresponden a distintas fases o etapas de plegamientos superpuestos (con esquistosidad o clivaje asociados) relacionadas con el propio proceso de metamorfismo regional, estableciéndose sus regularidades y su superposición en el tiempo.

Se demuestra que la fase más importante fue la segunda (F_2), toda vez que con ella está relacionada la propia generación de las 2 antiformas que caracterizan al macizo, así como de la depresión sinfórmica intermedia; además de ser la que desempeñó el papel principal en la cartografía geológica.

Para la preparación del presente texto realizamos un análisis y sistematización de los datos geológicos y estructurales de nuestras observaciones y trabajos realizados anteriormente (tanto de forma independiente, así como conjuntamente con M.L. Somin). Además, tomamos en cuenta el mapa geológico de Stanik *et al.* (1981), así como el de Dublan *et al.* (1986), principalmente en cuanto a los elementos de yacencia de las esquistosidades medidos en el terreno. De gran ayuda y utilidad nos sirvió el estudio minucioso de las fotos aéreas en las escalas 1:26 000 y 1:37 000 para la definición de las diferentes tendencias estructurales y sus regularidades, así como las mediciones de diferentes elementos estructurales en afloramientos donde se destaca su orden de superposición.

Finalmente, debemos subrayar, que el esquema litoestratigráfico seguido en este texto corresponde con el establecido en los artículos de Millán y Somin (1985*a*), y principalmente (1985*b*), ya que no disponemos de datos más recientes que permitan enriquecerlo o modificarlo.

PRINCIPALES UNIDADES ESTRUCTURALES Y SU CARACTERIZACION

Las secuencias que constituyen al macizo metamórfico Escambray, fueron, inicialmente, escamadas y despegadas de su basamento cristalino premesozoico por cizallamiento, apilándose en una sucesión de nappes y escamas tectónicas uno sobre el otro. Esto ocurrió, en gran medida, precediendo justo al proceso metamórfico o durante la etapa más inicial del mismo, aunque posteriormente también ocurrieron escamas y mantos tectónicos cuyos órdenes pudieron llegar a ser considerables. Así, se gestó una típica estructura de tipo nappe-escamada, con diferentes tipos de secuencias representadas, la cual

se podría considerar similar, en principio, a la que caracteriza la Zona de Guaniguanico en Cuba Occidental (Hatten, 1957; Rigassi-Studer, 1963; Piotrowska, 1975, 1978; Pszczółkowski, 1976, 1978). La ocurrencia de este tipo de estructura explica por qué dentro del macizo no afloran fragmentos de su fundamento premesozoico, lo cual también sucede en la Zona de Guaniguanico cuya superficie es mayor que la de este último (Millán y Somin, 1985*a*). Las particularidades de la estratigrafía de este macizo y la distribución de sus diferentes unidades litoestratigráficas y tipos de secuencias, guar-

dan una relación directa con su estructura interna nappe-escamada. Cada uno de los mantos tectónicos de orden principal presenta sus particularidades, ya sea por contener una parte definida de la sucesión estratigráfica, o por el carácter de su secuencia primaria y especificidades faciales. Caracterizaremos las unidades estructurales principales (mantos tectónicos) por su orden de sucesión en la estructura interna:

—La unidad estructural más superior (unid. 1) se trata de un nappe integrado por las formaciones Herradura y Boquerones, bien caracterizado por Millán y Somin (1985b). La primera es una sucesión de esquistos cuarcíferos y cuarzo-moscovíticos, cuyo protolito es similar a la Formación San Cayetano del J_1 — J_2 ox. La segunda se trata de una sucesión de esquistos calcáreos grafiticos, cuyo protolito es una facies carbonatada flyschoidica en estatos muy finos a laminares, con restos de radiolarios; entre ellos, muy probables *Nassellaria* sp. de edad mesozoica (Millán y Somin, 1985b), y restos de palinomorfos de edad jurásico-cretácica (Dublan *et al.*, 1986). Esta formación pudiera tratarse de un equivalente por su edad a los mármoles del Grupo San Juan del jurásico superior, aunque se trata de facies carbonatadas diferentes. La parte posiblemente más alta de la columna estratigráfica expuesta en la unidad 1, parece ser una sucesión de esquistos metasilicíticos que afloran en diferentes sectores, aunque muy subordinadamente a las dos formaciones señaladas.

Esta unidad, en su área de desarrollo, es la que contacta directamente con el complejo anfibolítico Mabujina. La misma se expone en forma de una estrecha faja en el borde septentrional de ambas megaestructuras y, presumiblemente, también, en el borde oriental de la de Sancti Spiritus, constituyendo la unidad más externa del macizo. Por otro lado, ella contacta siempre con la

unidad estructural 2 del macizo, la cual constituye el nappe que le infrayace en la sucesión de mantos tectónicos. En el mismo límite entre ambos nappes, con frecuencia aparecen afloramientos de un melange serpentinitico que contiene bloques de rocas eclogíticas (Millán y Somin, 1985 b). Un fragmento de uno de esos bloques arrojó una edad de 255 ± 7 millones de años, utilizando el método K-Ar en un concentrado de hornblenda (Hatten *et al.*, 1988). De acuerdo con nuestras observaciones, la hornblenda constituye aquí unos cristales gigantes relicticos (de hasta 3 cm de diámetro), los cuales son más antiguos que la propia asociación eclogítica, alterándose parcialmente por la misma. Esto podría indicar una edad Paleozoico Superior para su protolito, el cual pudiera tratarse de una roca gabroídica. Estos bloques deben tener una procedencia similar a otros semejantes encontrados en diferentes regiones cubanas donde afloran melange serpentiniticos con inclusiones de metamorfitas de alta presión (incluyendo rocas eclogíticas) con un grado metamórfico variable, pero no parecen tratarse de representantes del basamento pre-mesozoico de las secuencias del Escambray.

Se destaca claramente un salto en el grado de metamorfismo en el límite entre las unidades estructurales 1 y 2, toda vez que la parte superior y externa de la unidad 2 (que contacta directamente con la unidad 1) está caracterizada por el más alto grado metamórfico de alta presión de todo el macizo de Escambray, indudablemente mayor que el de la unidad 1. Esto rompe con el carácter de la zonación metamórfica (invertida y gradual) característico para el resto de esta región. Además, entre las unidades 1 y 2 se destaca también una discordancia estructural, principalmente manifiesta en la parte septentrional de la megaestructura de Sancti Spiritus. Todo esto permite considerar, que el manto tectónico más superior

fue emplazado más tardíamente con respecto a los restantes nappes y escamas principales expuestos en el macizo. Su emplazamiento probablemente tuvo lugar en la época correspondiente al emplazamiento definitivo de las anfibolitas del complejo Mabuji-na sobre las secuencias del Escambray, después de la ocurrencia de la primera fase de plegamientos (F₁).

El nappe que constituye a la unidad 2 (infrayacente a la unidad 1) está integrado por las formaciones Loma La Gloria y Cobrito, destacándose además, dentro de su área de distribución los cuerpos de los esquistos cristalinos de Algarrobo y de las anfibolitas de la Formación Yayabo. El mismo constituye una faja bien expuesta en las partes periféricas de ambas megaestructuras; en la occidental su distribución concuerda aproximadamente con la configuración de la antiforma generada durante la fase de plegamiento y esquistosidad F₂. La parte externa de la faja (parte superior del nappe) está caracterizada por el mayor grado metamórfico del macizo, el cual disminuye hacia las porciones interiores de la misma. Este cambio gradual en el grado de metamorfismo se aprecia muy bien dentro de los cortes de la Formación Cobrito (formación más interna e inferior estructuralmente), con excepción de la parte norte de la megaestructura de Sancti Spiritus donde se destaca un salto en este último debido a una importante falla. Incluso dentro de los cortes de la Formación Loma La Gloria a veces se aprecia una disminución en el grado metamórfico en sus porciones más internas e inferiores estructuralmente. Una característica general de este nappe es que la secuencia estratigráfica primaria parece encontrarse invertida.

El protolito de la Formación Loma La Gloria es muy similar a la Formación San Cayetano, por ello se considera también del J₁—J₃ ox, aunque contiene intercalaciones basálticas (transformadas en gran parte en

rocas eclogíticas), carbonáticas y pedernálicas. La Formación Cobrito es muy similar a la Formación Boquerones por su constitución. La misma también contiene con frecuencia restos de radiolarios, entre ellos, muy probables *Nassellaria* sp. (destacados recientemente por N. Braguin en una muestra que tomamos en las cercanías de su contacto con la Formación Loma La Gloria en la parte norte de la megaestructura de Trinidad). Este hecho debe confirmar, con un alto grado de probabilidad, la edad mesozoica del protolito de la Formación Cobrito, así como del resto de la secuencia caracterizada en este nappe. Los esquistos cristalinos de Algarrobo se tratan de intercalaciones estratigráficas dentro de la Formación Loma La Gloria. En cuanto a la Formación Yayabo, aunque sus cuerpos también aparecen destacados dentro de los cortes de la citada formación, consideramos que la misma formaba parte de otra secuencia diferente, emplazada como una escama tectónica independiente antes del metamorfismo (Millán y Somin, 1985 a, b). Los cuerpos de esta última algunas veces son considerables y de gran potencia, mientras que su protolito consiste de una secuencia basáltica con capas subordinadas de silicitas, sin intercalaciones carbonáticas ni terrígenas.

Debajo, estructuralmente, de la unidad estructural 2 se destaca la unidad estructural 3, la cual constituye otro manto tectónico independiente de orden principal, cuyos cortes solamente afloran en la megaestructura occidental, no así en la oriental (Millán y Somin, 1985b). El mismo está integrado por las formaciones cuyos protolitos son de edad probablemente cretácica. También se destaca en su secuencia la parte estratigráfica más superior de los mármoles del Grupo San Juan, aunque sólo afloran ocasionalmente. Este nappe se caracteriza por una faja de ancho variable, dispuesta siempre más internamente que la unidad estructu-

ral 2 y en contacto directo con esta última. La misma se ensancha considerablemente en la porción occidental de la megaestructura y se acuña hasta desaparecer completamente en su parte oriental. Esto explica por qué su área de distribución no se extendió hacia la región de la megaestructura de Sancti Spiritus, donde nunca afloran las formaciones que integran este nappe.

La parte más baja, estratigráficamente, del corte de las secuencias presumiblemente cretácicas está dada por las formaciones Charco Azul (intercalaciones de mármoles achocolatado oscuros hasta grises, esquistos metasilicíticos, metapelíticos y raras capas metavulcanógenas y Loma Quivicán (mármoles de tonos claros variados a veces con copillas de metapedernal, de esquistos metapsamíticos y bancos ocasionales de metabrechas intraformacionales). Ambas formaciones sobreyacen estratigráficamente, en la secuencia del propio nappe, a los mármoles negros de la Formación Collantes (tope estratigráfico del Grupo San Juan). Más arriba, el corte consiste en una sucesión donde predominan los esquistos cuarcíferos metasilicíticos bandeados, algunas veces ricos en manganeso (Formación La Sabina y parte alta de la Formación Charco Azul). Este último transiciona lateral y verticalmente hacia una sucesión de esquistos verdes derivados de vulcanitas básicas (Formación Yaguanabo). El tope de esta secuencia estratigráfica está dada por una sucesión cuyo protolito es un flysch terrígeno convertido en esquistos verdes (Formación El Tambor), cuyas facies más distales (estratos muy finos a laminares de metapsamitas finas, metaaleurolitas, metapelitas y a veces metasilicitas) las reportamos recientemente con el apelativo informal de Formación San Blas, en los alrededores de la localidad homónima (Millán y Díaz Machín, 1988). La sucesión de metaflysch sobreyace estratigráficamente tanto a la Formación Yaguanabo, así como a la

Formación La Sabina, en dependencia del área.

Cabe señalar, que en el área de distribución de la propia unidad estructural 3 se destaca una clara disminución en el grado metamórfico de las rocas hacia sus porciones más internas e inferiores estructuralmente. Es interesante el hecho de que con mucha frecuencia no se destacan asociaciones con minerales metamórficos tipomorfos de alta presión en las rocas de esta unidad. Como ejemplo de ello, tenemos a las áreas de San Blas y Yaguanabo, en las cuales hemos descrito decenas de secciones delgadas de metavulcanitas básicas y de metaflysch, encontrando siempre asociaciones típicas para la facies de los esquistos verdes con clinozoisita y actinolita, pero sin lawsonita ni glaucofana. Estos dos últimos minerales, como regla, sólo aparecen raramente en otras localidades. En las áreas más externas y con mayor grado metamórfico puede destacarse granate en las asociaciones metabásicas, e incluso un anfíbol más parecido a la hornblenda que a la actinolita típica.

Las unidades estructurales más inferiores se caracterizan por la distribución de los cuerpos de mármoles del Grupo San Juan y de los esquistos metaterrígenos de las formaciones La Chispa (con los esquistos verdes lawsoníticos Felicidad) y La Llamagua. Los mármoles del Grupo San Juan tienen una edad jurásico superior, bien determinada en dos localidades diferentes de la megaestructura de Trinidad en las cuales se destacaron restos de ammonites del oxfordiano y del tithoniano, respectivamente (Millán y Myczyński, 1978); la edad tithoniana corresponde con la Formación Mayarí, la más ampliamente distribuida del grupo. Recientemente, en una tercera localidad de la propia megaestructura occidental, en las cercanías del caserío de San Blas, encontramos restos de microfauna dentro de una muestra tomada en la propia Formación Mayarí. La

misma fue estudiada por G. Furrázola-Bermúdez, quien señaló que se trata de moldes radiolarios y de *Cadosina* sp.; los últimos se asemejan a las especies *C. nagyi* Borza (J₃-K₁), *C. helios phaera* Vogler (K_{1v}-h) o *C. carpathica* (Borza) (J₃k-t). Con mayor probabilidad parecen tratarse de la última especie referida, lo que indicaría una edad kimerigiano-tithoniano para la Formación Mayarí en el área de San Blas.

Los mármoles del Grupo San Juan siempre aparecen en una posición estructural más interna e inferior que los esquistos calcáreos de las formaciones Cobrito y Boquerones en ambas megaestructuras. Su grado metamórfico, en sentido general, también es menor que en las últimas. Es probable que sus protolitos sean equivalentes por su edad, tratándose de distintas facies carbonatadas depositadas en ambientes diferentes. Cada una de estas unidades litoestratigráficas carbonáticas, sobreyace estratigráficamente en el corte, en distintas unidades estructurales, a diferentes formaciones cuyos protolitos consideramos equivalentes a la Formación San Cayetano. Las formaciones Cobrito y Boquerones caracterizan el corte carbonático en los dos mantos tectónicos principales superiores de la sucesión de nappes superpuestas del macizo; mientras que los mármoles del Grupo San Juan forman parte de la secuencia de los mantos tectónicos inferiores (a partir de la propia unidad tectónica 3), aflorando siempre en posiciones estructurales más internas en ambas megaestructuras. Esto pudiera tratarse de una verdadera zonación estructuroformacional dentro de los cortes primarios que caracterizan al macizo. Esta zonación también se manifiesta en los propios cortes de esquistos metaterrígenos equivalentes a la Formación San Cayetano, los cuales tienen sus propias especificidades en diferentes nappes.

En la megaestructura de Trinidad, los cuerpos de mármoles del Grupo San Juan se distribuyen ampliamente en todo el interior, de la misma, y, en sentido general, deben formar parte de un mismo nappe de orden principal. Sin embargo, es necesario señalar, que en la porción nororiental sus cuerpos son relativamente pequeños y bastante escasos, lo cual contrasta marcadamente con el resto. No se descarta que ello sea una consecuencia de la propia estructura nappe-escamada del macizo y que esta área nororiental esté representada principalmente por los cortes de un nappe o escama compuesto por la Formación La Chispa (junto con los esquistos verdes Felicidad) que sobreyace estructuralmente al nappe del Grupo San Juan (tal como veremos más adelante, esto último es característico para el extremo oriental de la propia megaestructura y para toda la megaestructura de Sancti Spiritus). Los cuerpos de estos mármoles se distribuyen conjuntamente con afloramientos de las formaciones metaterrígenas del J₁—J₃ ox (La Chispa y La Llamagua) y una parte de los cortes de la faja de las formaciones cretácicas que constituyen a la unidad estructural 3 (principalmente las porciones internas de la misma), ya que se multiplegaron conjuntamente durante el metamorfismo. Debido a su diferente competencia con otras litologías, los mármoles de este grupo con frecuencia fueron escamados durante las deformaciones, formando sobrecoimientos más tardíos.

En la propia megaestructura occidental, la unidad estructural más inferior parece estar constituida por cortes de la Formación La Chispa (con cuerpos intercalados de los esquistos verdes lawsoníticos Felicidad) y por la denominada Formación La Llamagua. La primera es una sucesión de esquistos metaterrígenos que contiene intercalaciones de esquistos verdes metavulcanógenos, de metasilicitas (a veces muy abundantes) y

también de mármoles gris oscuros; mientras que la segunda se trata de unos esquistos metaterrígenos de muy bajo grado de metamorfismo, similares a la Formación San Cayetano, que a diferencia de la anterior no contiene intercalaciones de otros tipos de roca. La transición entre ambas formaciones no está clara, considerándose que podrían corresponder a diferentes secuencias y distintas unidades estructurales, o a una misma secuencia con variaciones laterales o verticales (Millán y Somin, 1985 b). Por no disponer de elementos concretos a favor de una u otra alternativa, las consideramos aquí, de forma convencional, formando parte de una supuesta secuencia única correspondiente a una misma unidad estructural de orden principal. Sin embargo, debemos señalar que los cortes referidos a la Formación La Llamagua aparecen restringidos a la porción suroccidental del área de distribución de esta última y siempre aparecen afectados por el menor grado de metamorfismo caracterizado dentro del macizo. En localidades aisladas parecen destacarse los contactos estratigráficos normales entre la base del Grupo San Juan y la citada formación.

Cabe destacar, que en la porción oriental de la megaestructura occidental, precisamente, donde ocurre el acuñaamiento y desaparición de la faja del nappe de las secuencias cretácicas (unidad 3), la formación La Chispa contacta directamente con las porciones más interiores de la Formación Cobrito (correspondientes a la parte más inferior del nappe de la unidad 2); disposición similar a la que ocurre en toda la megaestructura de Sancti Spiritus. De aquí que, por lo menos, en esta área, la primera formación deba constituir otro manto tectónico diferente, dispuesto estructuralmente por encima de los mármoles del Grupo San Juan y por debajo de la Formación Cobrito, tal como ocurre en la megaestructura oriental.

Aunque el área de este nappe la restringimos, convencionalmente, a la porción más oriental de los cortes de la Formación La Chispa, cabe la posibilidad, de acuerdo con lo que señalamos anteriormente, que ésta incluya una gran parte de los cortes de la citada formación que afloran en su porción septentrional, donde apenas se exponen los cuerpos de mármoles del Grupo San Juan.

La megaestructura de Sancti Spiritus se comporta, por su constitución nappe-escamada, como una prolongación de la porción más oriental de la megaestructura de Trinidad. La Formación La Chispa (con los esquistos verdes lawsoníticos Felicidad) contacta también directamente con la parte interior de la Formación Cobrito, distribuyéndose en una posición estructural más interna. Está claro que la primera infrayace aquí tectónicamente a la segunda y que ambas aparecen metamorfozadas y multiplegadas conjuntamente. Por otra parte, los mármoles del Grupo San Juan constituyen la unidad más inferior expuesta en la megaestructura, subyaciendo estructuralmente a la Formación La Chispa (y los esquistos verdes Felicidad). Estos mármoles sólo afloran en el área nuclear de la antiforma generada en la fase F₂, sin sobrepasar los límites de la misma. La geología de este sector se caracteriza por grandes pliegues isoclinales o apretados de varias etapas, bien definidos en la figura cartográfica de ambas formaciones. Entre esas dos unidades litoestratigráficas, en el propio núcleo de la antiforma, a veces afloran los restos de una escama tectónica constituida por una serpentinita antigorítica (a veces muy esquistosa) y por una metabasita enriquecida en un agregado jadeítico fino, con abundantes restos de clinopiroxeno y plagioclasa magmática y de una estructura brechosa magmática relicta. Cabe señalar, que la sucesión de nappes premetamórficas establecida en el presente trabajo para el interior de esta megaestruc-

tura, difiere de la propuesta anteriormente en Millán y Somin (1985b), la cual había sido fundamentada por observaciones geológicas locales.

El grado más bajo de metamorfismo regional encontrado en las rocas del macizo, sólo tuvo lugar en las áreas donde afloran los cortes estructuralmente más inferiores, expuestos en el interior de la megaestructura de Trinidad, pero no en la de Sancti Spíritus. El menor grado metamórfico ocurre en una parte de los cuerpos de mármoles del Grupo San Juan, parte de los cortes de la Formación La Chispa y, principalmente, en los cortes de la Formación La Llagua, ocupando concretamente un área en la porción centro-meridional de la megaestructura occidental. En cuanto al carácter de la zona-

ción metamórfica, se puede apreciar cómo el grado de metamorfismo aumenta, al parecer paulatinamente, desde los mantos o escamas más inferiores hasta el nappe que constituye la unidad estructural 2 en su porción externa y superior. Como ejemplo de ello se podría trazar un perfil hipotético con rumbo Noreste franco, a partir de unos 3 km al Suroeste de Topes de Collantes (donde el metamorfismo alcanzó su menor grado), atravesando diferentes nappes y escamas premetamórficas hacia niveles estructurales cada vez más superiores (exceptuando al nappe más superior que constituye la unidad 1). Este hecho está avalado por las observaciones en el terreno, así como por el estudio de numerosas secciones delgadas al microscopio.

DEFORMACIONES RELACIONADAS CON EL PROPIO PROCESO METAMORFICO

Las secuencias nappe escamadas del Escambray fueron sometidas a un proceso de metamorfismo al ser enterradas a gran profundidad, en el transcurso del cual ocurrieron 5 fases (6 etapas) de plegamientos superpuestas una sobre la otra. Cada una de ellas se caracteriza por su propio sistema de esquistosidad metamórfica o por un clivaje de intensidad variable, con una tendencia bien definida en todo el macizo. El estilo de los pliegues, así como su intensidad y magnitud, son variables, dependiendo ello de la fase que se trate y del sector del macizo propiamente. En el caso de las fases más antiguas, éstos son, como regla, isoclinales o similares apretados, con una verdadera esquistosidad metamórfica asociada dispuesta paralelamente a sus planos axiales. En las fases más jóvenes, los pliegues son más variables por su intensidad en dependencia del sector del macizo, aunque generalmente son más abiertos y, a menudo, consisten en

verdaderos pliegues concéntricos; la esquistosidad relacionada se trata principalmente de un clivaje de plano axial con diferente grado de desarrollo. La magnitud de los pliegues es variable, pudiendo variar desde milímetros hasta centenares de metros. En diferentes porciones del macizo puede predominar en los cortes rocosos la tendencia correspondiente a una u otra fase, existiendo un grado variable de transposición estructural de los elementos estructurales de las etapas más antiguas por la más jóvenes. Este cuadro estructural tan complicado se refleja muy bien en la propia cartografía geológica de las diferentes unidades litoestratigráficas y cuerpos rocosos, la cual está caracterizada por figuras de interferencia muy complicadas y de forma a veces muy caprichosas.

A continuación pasaremos a la caracterización de las diferentes fases:

Primera fase (F₁)

La primera fase tiene un carácter precupular o preantifórmico. La misma está dada por una verdadera esquistosidad metamórfica (S₁), cuya tendencia primaria es de N-NE a NE en la megaestructura de Trinidad y de NE a E-NE en la megaestructura de Sancti Spíritus. La mejor expresión de S₁ y de la fase F₁ con su tendencia primaria, la tenemos en el extremo oriental de la primera y en el extremo occidental de la segunda, donde incluso F₁ controla y domina las principales representaciones cartográficas. En esa parte de la cúpula de Trinidad los buzamientos locales de S₁, como regla, son hacia el SE, mientras que en la de Sancti Spíritus, al parecer, S₁ buza suavemente hacia el NW en un sentido regional. En el resto del macizo, S₁ tiene un carácter principalmente relíctico y como regla aparece transpuesta o desaparece, aunque la existencia de la fase F₁ se refleja en la cartografía geológica.

Los pliegues de esta fase son siempre isoclinales y sus dimensiones varían desde pocos milímetros hasta centenares de metros. En el borde oriental de la megaestructura de Trinidad, el límite entre las Formaciones Loma La Gloria y Cobrito está dado por una serie de pliegues isoclinales F₁, cuyos órdenes son de decenas y centenas de metros, expresándose muy bien en la cartografía geológica. Muchas veces se preservaba la lineación L₁, originada por la intersección de S₁ con la estratificación primaria; cuando no aparece transpuesta se orienta según un azimut NE a N-NE dispuesta subhorizontalmente.

Segunda fase (F₂)

La fase F₂ es la de mayor importancia en el macizo, tratándose de la fase antifórmica propiamente. El sistema de esquistosidad S₂

relacionado con ella está vinculado con la génesis de la antiforma cupular de Trinidad (occidental) y de la antiforma cupular incompleta de Sancti Spíritus (oriental). La tendencia de esta esquistosidad metamórfica, la cual es perfectamente concordante con la configuración de las antiformas, se expresa muy bien en ambas megaestructuras, desempeñando un papel principal, tanto en las mediciones realizadas en el terreno, la cartografía geológica, así como en las fotos aéreas.

El núcleo de la antiforma cupular F₂ de Trinidad está ubicado prácticamente en su mismo centro, pues parece ser bastante concéntrica. Su eje de elongación está orientado hacia el NW (N 50°W, aproximadamente). El sistema de esquistosidad S₂ sigue el contorno de la antiforma en toda su extensión, con sus buzamientos dispuestos de forma periclinal con respecto a su núcleo.

La antiforma cupular (F₂) de Sancti Spíritus se desarrolló sólo en su parte sur, ya que en la parte norte desaparece como tal la estructura y la tendencia de S₂ pasa a formar parte del propio plan estructural de la antiforma occidental. Su porción meridional tiene un carácter similar a la anterior por su configuración, con una disposición periclinal de la esquistosidad S₂ contorneando a la estructura. Sin embargo, a diferencia de ella, su eje de elongación está dispuesto más hacia el N-NW (aproximadamente N 30° W). De aquí que los ejes de ambas tengan una diferencia de unos 20 grados en su orientación. La tendencia correspondiente a S₂ se manifiesta pobremente en la porción más noroccidental de la megaestructura.

El núcleo de la antiforma incompleta F₂ de Sancti Spíritus coincide perfectamente con la distribución de los afloramientos de los mármoles del Grupo San Juan, los cuales nunca afloran más allá de los límites del mismo. Cabe señalar, que en esta área

nuclear las tendencias de F_1 y F_2 se cortan bajo ángulos cercanos a los 90 grados. Esto último, unido a la magnitud que alcanzaron los pliegues de ambas fases en este sector (del orden de los centenares de metros y quizás hasta más de un kilómetro), condicionó que el horizonte de mármoles del Grupo San Juan tenga una figura cartográfica muy complicada (en la cual influenció también la fase F_4) que coincide con uno de los patrones típicos de interferencia de Ramsay (1967).

Cabe destacar el desarrollo de un clivaje o esquistosidad axial en ambas antiformas F_2 , dispuesto concordantemente con respecto a su eje de elongación respectivo, el cual se manifiesta intensamente en las porciones cercanas al propio eje. En las dos megaestructuras el buzamiento de esta esquistosidad es, como regla, hacia el NE con ángulos medios. Al parecer, la misma se asocia con mesopliegues apretados. Este sistema axial se desarrolló tardíamente con respecto a la generación de las antiformas F_2 y con posterioridad al sistema de esquistosidad S_2 concordante con la configuración de las últimas. Sin embargo, aunque se trata realmente de una esquistosidad S_3 , el mismo corresponde también con la fase F_2 y no con la F_3 , más joven. De aquí podemos decir que la fase F_2 comprende dos diferentes sistemas o tendencias de esquistosidad generados en distintas etapas: uno principal y más antiguo, que es el propiamente S_2 , vinculado directamente con la propia generación de las antiformas; otro, más tardío, desarrollado como una esquistosidad o clivaje axial con respecto a las últimas.

La fase F_2 dió lugar a la formación de pliegues isoclinales a similares apretados, cuyo orden alcanza las centenas de metros, al igual que la fase F_1 . Una intensa lineación tectónica L_2 aparece relacionada con esta fase, muy prominente en ambas megaestructuras en sus diferentes sectores, la

cual tiene una tendencia general hacia el NW.

Las dos antiformas aparecen separadas por una estrecha depresión estructural intermedia, la cual se generó conjuntamente con las primeras durante la fase F_2 . Esta depresión sinfórmica se extiende hacia el sur y se acuñó estructuralmente hacia el norte. En la misma afloran actualmente depósitos de rocas terciarias conjuntamente con rocas vulcanógenas cretácicas y del complejo anfibolítico Mabujina. El acuñamiento de la sinforma F_2 hacia el norte está relacionado con la propia configuración de la antiforma F_2 de Sancti Spíritus, la cual deja de existir como tal en la parte norte de la megaestructura, pasando así a formar parte del propio plan estructural de la antiforma F_2 de Trinidad que es de mayor tamaño y más acabada. Esto condicionó finalmente que la actual megaestructura de Trinidad tenga el doble del área que la de Sancti Spíritus y que en la primera afloren niveles estructurales más inferiores que no se exponen en la segunda.

Tercera fase (F_3)

La fase F_3 está mucho mejor desarrollada en la megaestructura de Trinidad que en la de Sancti Spíritus. En la primera su tendencia se dispone, en toda su extensión, formando una disposición arqueada, la cual parece sugerir una porción limitada de una gigantesca antiforma cupular que se extiende mucho más allá de los límites de la megaestructura actual, cuyo posible núcleo estaría en el extremo occidental de esta última. La tendencia de la esquistosidad o clivaje relacionado, así como de las esquistosidades más antiguas transpuestas, se dispone en forma de arco con los buzamientos inclinados, como regla, hacia el este. Su expresión es acentuada en la cartografía geológica y en las fotos aéreas, con excepción de su supuesta área nuclear en el extre-

mo occidental de la cúpula. El arqueamiento de su tendencia se incrementa gradualmente hacia el oeste, a medida que nos acercamos hacia el supuesto núcleo. Con esta fase se vinculan pliegues apretados de estilo similar con una esquistosidad o clivaje axial asociado, destacándose como regla una transposición variable, en ocasiones intensa, de las fases más antiguas. El mismo extremo oriental de la megaestructura de Trinidad parece coincidir con el propio límite oriental de esta estructura arqueada, cuya tendencia sigue aquí un azimut alrededor del N-S con buzamientos hacia el Este. En la megaestructura de Sancti Spíritus, la fase F_3 está pobremente desarrollada, reflejándose solamente en su porción occidental con una tendencia alrededor del N-S, la cual manifiesta un ligero arqueamiento de carácter invertido con respecto al de la megaestructura anterior y cuyos buzamientos son hacia el Oeste.

El carácter e individualidad de esta fase en cada una de las megaestructuras del macizo, parece haber conducido a una intensificación del desarrollo de la depresión sinfórmica intermedia (generada durante la fase F_2) hacia el norte. Según parece, durante la fase F_3 esta depresión adquirió una configuración más estrecha con su eje dispuesto en una dirección N-S.

Fases cuarta y quinta (F_4 y F_5)

Las fases F_4 y F_5 que afectaron al macizo, condicionaron, en gran medida, la configuración final del mismo y de sus dos megaestructuras.

En la megaestructura de Trinidad, ambas fases no pudieron ser separadas, al parecer, debido a que sus tendencias se intersectaron bajo ángulos muy bajos. De aquí que en la leyenda se considerasen conjuntamente. Su función fue aquí considerable, toda vez que la configuración actual de esta

megaestructura tiene su eje de elongación orientado según un azimut W-NW, concordante con esta tendencia. La misma puede variar a lo largo de la cúpula en un orden cercano a los 20 grados, desde una dirección W-NW, hasta más definida hacia el NW, destacándose claramente en toda su extensión en las fotos aéreas. Su reflejo es variable en la cartografía y en las esquistosidades medidas en el terreno; aunque, como regla tiene una menor expresión que las fases F_2 y F_3 , en ocasiones puede ser intenso. Con frecuencia se destacan pliegues apretados asociados con un clivaje intenso paralelo a sus planos axiales. La transposición de las tendencias más antiguas, a veces puede ser considerable, al menos a escala de los afloramientos. El clivaje (o esquistosidad más antigua transpuesta) relacionado con esta fase, generalmente buza hacia el Sur bajo ángulos medios.

En la megaestructura de Sancti Spíritus las fases F_4 y F_5 se separan claramente a lo largo de toda su extensión. El ángulo de intersección de sus tendencias es de un orden de los 20 grados.

La fase cuarta presenta una tendencia muy regular con un azimut NW ($N 50^\circ-60^\circ W$) bien definido en las fotos aéreas en toda la megaestructura, aunque con una expresión mucho mayor en su porción norte-central, donde se destaca una transposición intensa de las esquistosidades más antiguas S_1 y S_2 . En otros sectores su expresión en los afloramientos puede ser bastante pobre. El buzamiento del sistema S_4 (clivaje relacionado y esquistosidad más antigua transpuesta) es regularmente hacia el SW, bajo ángulos medios a abruptos. La fase F_4 generó pliegues apretados con un clivaje axial intenso en las áreas de mayor expresión. La magnitud máxima de los mismos no está definida; sin embargo, es probable que F_4 juegue también su papel en la figura cartográfica de interferencia dada por los mármoles

del Grupo San Juan en el área nuclear de la antiforma incompleta F_2 de Sancti Spíritus. Cabe señalar, que el eje de elongación de la megaestructura coincide, en sentido general, con la tendencia F_4 .

La fase F_5 en la megaestructura de Sancti Spíritus corresponde a la tendencia $W-NW$. La misma se refleja bien en las fotos aéreas en gran parte de la cúpula, principalmente en sus porciones norte-central. Se relaciona con un clivaje S_5 , a veces intenso, y pequeños plieguecillos cuyas dimensiones máximas no están definidas. La expresión cartográfica de la fase F_5 sólo se destaca en algunos sectores de la parte más septentrional de la megaestructura. El buzamiento de la tendencia S_5 puede ser tanto al norte como al sur, con ángulos medios abruptos.

Los hechos permiten confirmar que el complejo anfibolítico Mabujina (de alta relación Temperatura/Presión) fue deformado conjuntamente con las secuencias del Escambray durante el metamorfismo, al menos a partir de la F_2 , lo cual está avalado por los datos estructurales, así como por los estudios de las fotos aéreas. Esto concuerda con la reelaboración metamórfica parcial de estas anfibolitás, en condiciones de baja relación Temperatura/Presión, en la parte más baja del citado complejo, la cual ha sido encontrada en diferentes localidades contiguas al límite con el macizo de Escambray. Aquí, tales rocas pueden contener abundante mica blanca, y en ocasiones también granate, clinzoisita, rutilo o incluso plagioclasa ácida; minerales atípicos para el complejo de Mabujina, pero característicos para el macizo de Escambray.

AGRIETAMIENTOS

Con posterioridad a las fases de plegamientos con sus tendencias definidas y esquistosidad o clivaje relacionados, ocurrió un agrietamiento intenso de las rocas del macizo, tratándose en ocasiones de grietas selladas por venillas. En total se destacan entre 10 y 12 sistemas diferentes de agrietamiento, con distinto grado de desarrollo y expresión geomorfológica en distintos sectores.

En la megaestructura de Sancti Spíritus son particularmente prominentes dos siste-

mas: uno con grietas orientadas hacia el NE ($N 30^{\circ}-40^{\circ} E$), el cual es muy acentuado en su extremo oriental; el otro, con las grietas orientadas alrededor del azimut N-S franco, muy acentuado en toda la parte central y oriental y que muchas veces parece relacionarse con desplazamientos rocosos de cierta consideración. En ambos casos, a veces parecen haberse originado unos plieguecillos pequeños de tipo concéntrico, crenulaciones o chevron, con clivaje de fractura asociado, dispuesto de forma abrupta.

CONCLUSIONES

La evolución geólogo-estructural del macizo metamórfico de Escambray se puede resumir de la forma siguiente:

Las secuencias que forman parte del actual

macizo jurásico-cretácicas y fueron depositadas en un ambiente geotectónico de tipo margen continental, donde tuvo lugar una zonación estructuro-facial con la ocurrencia

de diferentes secuencias isocronas con variaciones faciales. El despegue de tales secuencias de su basamento premesozoico por cizallamiento, su apilamiento en nappes, así como su metamorfismo y deformaciones múltiples asociadas, son consecuencia de una colisión que tuvo lugar durante el cretácico superior entre dicho margen y el arco volcánico cretácico; en la parte basal de este último ya se disponía el complejo anfibolítico Mabujina. En virtud de esta colisión, las secuencias del Escambray infracorrieron debajo del Complejo Mabujina despegadas de su basamento y bajo la forma de diferentes mantos tectónicos y escamas, metamorfozándose y multiplegándose a gran profundidad en condiciones de una baja relación Temperatura/Presión. Esto propició que las anfibolitas del complejo Mabujina fuesen deformadas conjuntamente con las secuencias del actual macizo, y que además la parte basal de este complejo melanocrático fuese parcialmente reelaborada durante el metamorfismo de las últimas. El emplazamiento definitivo de tales anfibolitas sobre las secuencias nappe-escamadas del Escambray, según parece, ocurrió, de hecho, simultáneamente con el del nappe que constituye la unidad estructural más superior del actual macizo (unid. 1), con posterioridad a los restantes mantos tectónicos principales e incluso después de la fase de plegamiento F_1 . Al finalizar la compresión vinculada con la colisión, las dos megaestructuras del macizo comenzaron a fracturarse intensamente. Luego, al desaparecer totalmente el estado compresivo, las dos prominentes elevaciones estructurales de metamorfitas siálicas, conformadas en la profundidad a partir de la fase F_2 de plegamiento sinmetamórfico, se hicieron especialmente inestables al infrayacer a las anfibolitas del complejo Mabujina mucho más densas. Debido a ello ambas megaestructuras antifórmicas se despegaron del medio como un conjunto unitario y

emergieron en forma diapírica, atravesando un potente espesor de anfibolitas densas del complejo Mabujina e incluso de las secuencias suprayacentes del arco volcánico cretácico. De esta manera el macizo de Escambray aflora, en su disposición actual, bajo la forma de una ventana tectónica en medio del complejo Mabujina y de las secuencias del arco volcánico. Los datos geológicos (área de distribución del nappe más superior y más tardío del macizo de Escambray, así como su emplazamiento directo debajo del Complejo Mabujina; el ancho y la potencia de las anfibolitas del Complejo Mabujina al norte del macizo de Escambray y su reducción extrema en otros sectores, así como su probable distribución y prolongación en la profundidad hacia el Oeste de acuerdo con los datos geofísicos; la distribución y sentido de la polarización, al norte del macizo, de las secuencias del arco volcánico cretácico y de los granitoides relacionados), favorecen la idea de que el Complejo Mabujina y las secuencias suprayacentes del arco volcánico se desarrollaron al Norte del margen continental donde se depositaron las secuencias del actual macizo de Escambray, y que, además, previamente a la colisión, existió una zona de subducción buzando hacia el Norte (esto último en correspondencia con los datos obtenidos recientemente por Lilavatti Díaz).

Este esquema geólogo-estructural del macizo, podría servir de base para las búsquedas de materias primas metálicas y no metálicas contenidas en sus secuencias, así como para el establecimiento de las regularidades de su distribución. Un hecho que parece validar el valor práctico del mismo es la propia distribución de las venas de cuarzo de valor industrial dentro de la megaestructura de Sancti Spiritus. Sus manifestaciones constituyen campos bien definidos que se localizan siempre en los flancos de la antiforma cupular incompleta genera-

da durante la fase F_2 . Al parecer, la extensa área nuclear de esta antiforma, en la cual se distribuyen los mármoles del Grupo

San Juan, carece de perspectiva para la búsqueda de esta valiosa materia prima (Figs. 1, 2, 3, 4, 4 y 6).

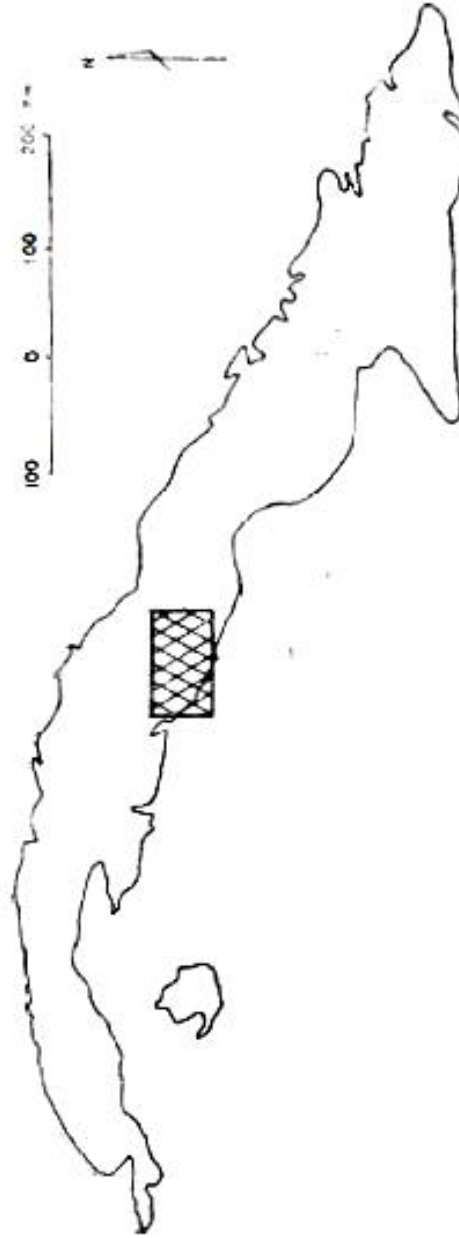


Fig. 1. Ubicación del área abarcada en el esquema geológico.

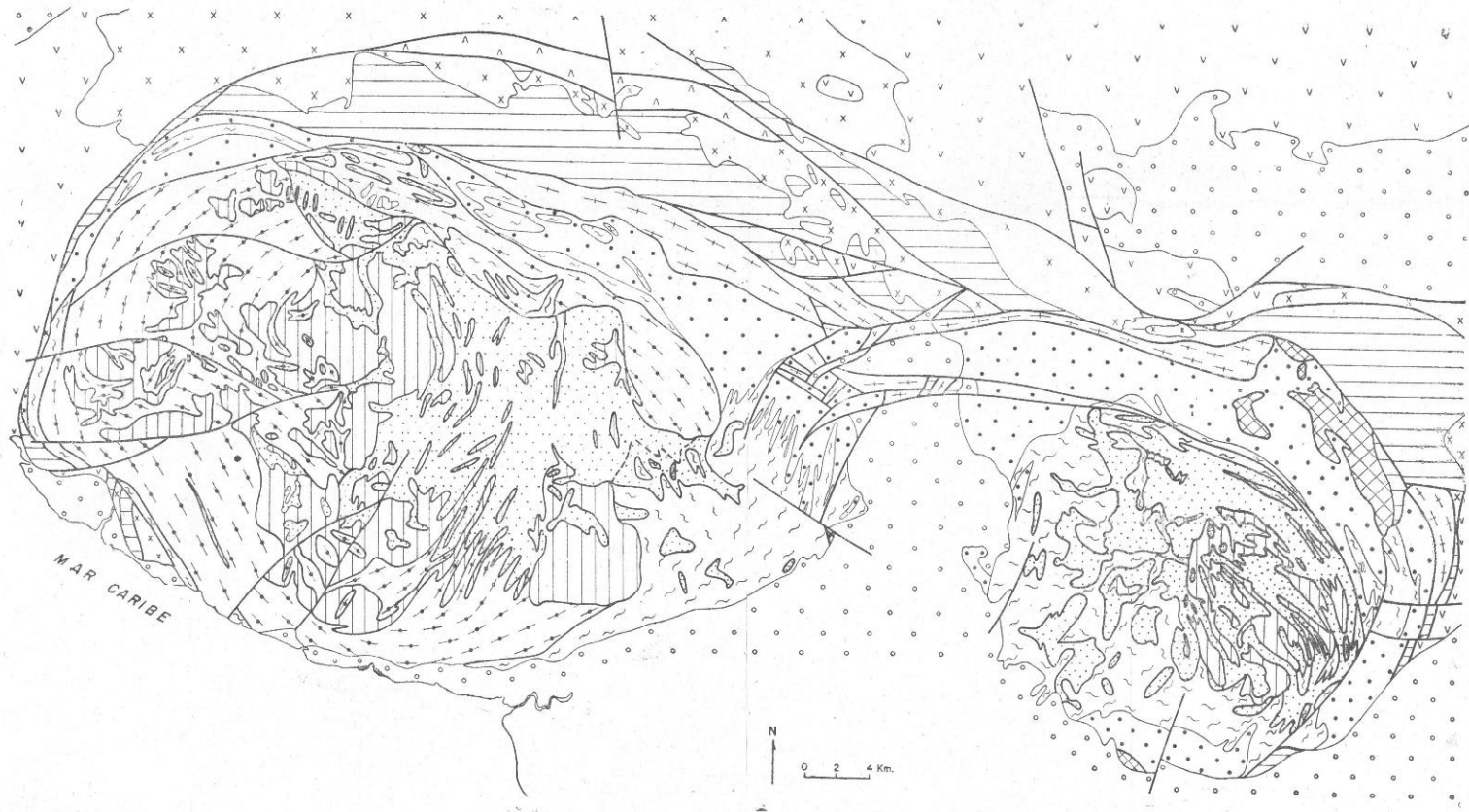


Fig. 2. Esquema geológico-estructural del macizo de Escambray.

LEYENDA DEL ESQUEMA GEOLOGICO ESTRUCTURAL DEL MACIZO DE ESCAMBRAY

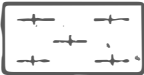
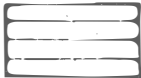





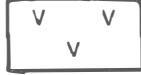
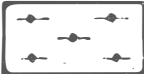


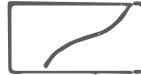

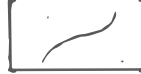
	FM HERRADURA Y FM BOQUERONES (Unidad 1)		ANFIBOLITAS DEL COMPLEJO MABUJINA
	FM LOMA LA GLORIA (con los esquistos cristalinos de Algarrobo) (Unidad 2)		METAVULCANITAS EN LA FACIES DE LOS ESQUISTOS VERDES
	FM COBRITO (Unidad 2)		GRANITOIDES DE MANICARAGUA
	ANFIBOLITAS DE LA FM YAYABO		VULCANITAS CRETACICAS
	FORMACIONES CUYOS PROTOLITOS SON DEL CRETACICO (Loma Quivicán, Charco Azul, La Sabina, Yaguanabo y El Tambor) (Unidad 3)		COBERTURA TERCIARIA
	MARMOLES DEL GRUPO SAN JUAN		FALLAS Y LIMITES TECTONICOS
	FM LA CHISPA (con los esquistos verdes Felicidad) FM LA LLAMAGUA		LIMITES NORMALES

Fig. 3. Leyenda del esquema geológico-estructural del macizo Escambray.

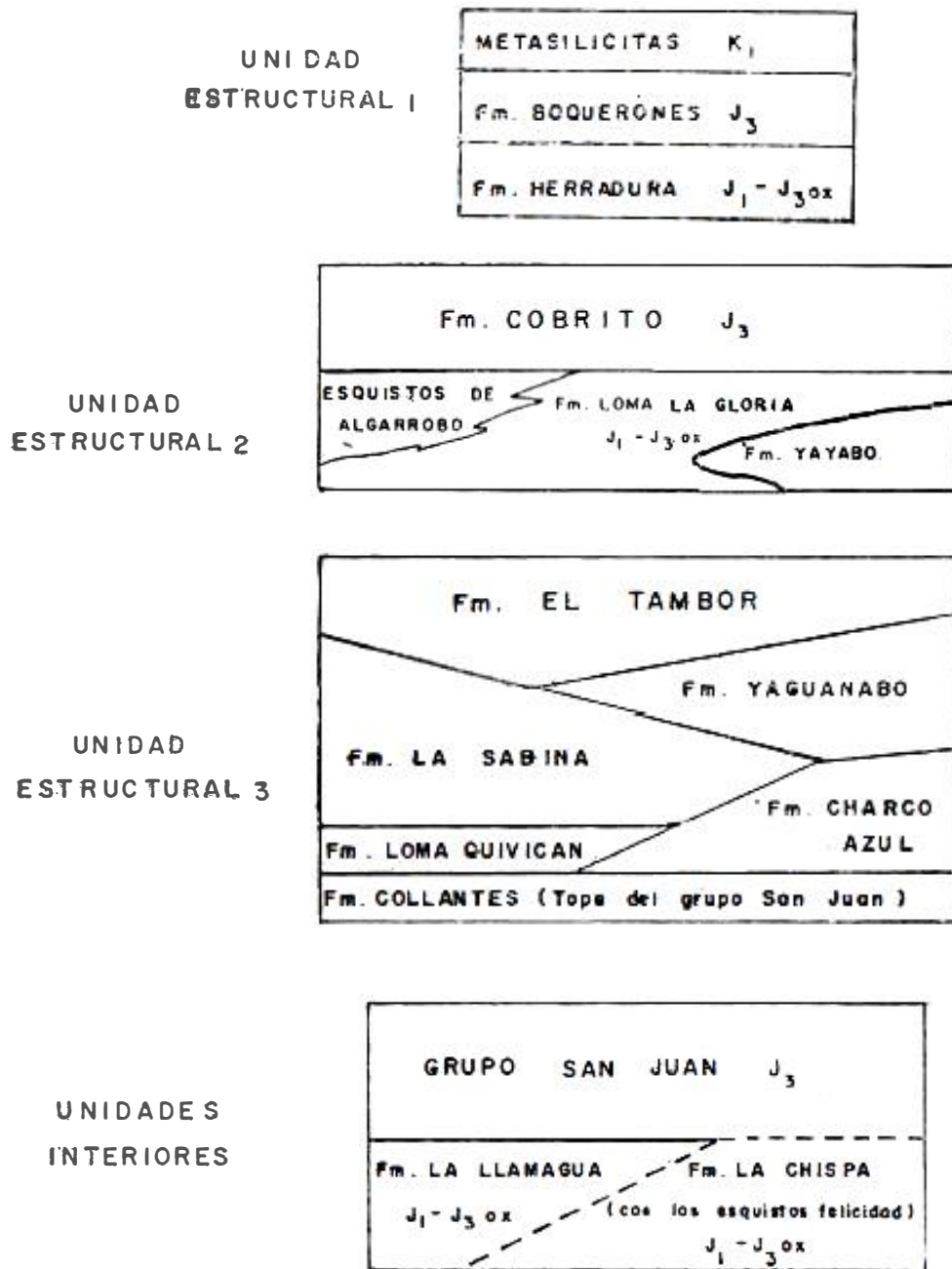


Fig. 4. Diferentes secuencias estratigráficas destacadas en el macizo de Escambray.

Ciencias de la Tierra y del Espacio, 21-22, 1993

EVOLUTION OF THE STRUCTURE OF THE ESCAMBRAY MASSIF,
SOUTH CENTRAL CUBA

G. MILLAN TRUJILLO

ABSTRACT. *The jurassic-cretaceous age sequences of the Escambray massif are disposed in a succession of nappes and sheets thrust one over the other. These were metamorphosed in high P/T conditions and deformed by six superposed folding phases, each one with a well defined trend. The two antiformal structure and the tight sinformal depression between them, were generated in the time of the second folding phase. The Escambray sequences were deposited in a continental margin. The detachment of these sequences from their basement by shear, their thrust sheeted structure, and the metamorphism with the related superposed folding phases, were all consequence of an upper cretaceous collision between that margin and the cretaceous volcanic arc; the last one with the amphibolitic Mabujina complex in the base.*