

ESTRATIGRAFIA DE LA REGION CENTRAL DE COSTA RICA

Percy Denyer Ch. & Olman Arias M.
Escuela Centroamericana de Geología
Apdo. 35-2060 Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica

ABSTRACT: This research involved the 1: 50 000 scale topographic sheets of Abra, Caraigres, Candelaria and Río Grande, covering 2 000 km² of the central region of Costa Rica.

The regional basement corresponds to the Ophiolitic Complex of Nicoya, which is overlaid by Tertiary rocks. In the SW occurred turbiditic sediments (Punta Serrucho Formation) and shallow marine deposits (Punta Carballo Formation). In the Candelaria basin, the Nicoya Complex is overlaid by a thick sequence that begin with limestones of the Parritilla Formation and breccias of the Caraigres Formation. A further increase of the volcanic activity originated the Pacagua Formation. The reactivation of faults like Candelaria Fault caused the Coyolar Green Breccias. Cooling after tectonic movements started up continuous subsidence during sedimentation of Peña Negra Formation and its lateral equivalent (San Miguel Formation). Another volcanic period is evidenced in the Coris, Turrúcares and La Cruz Formations.

The deformation in the Miocene- Pliocene corresponds to the arrival of the Cocos Rise to the Meso-American Trench and it resulted in the homoclinal of the Candelaria Basin at the same time that the Escazú Intrusive was arising. The post-deformation volcanism is represented by the Grifo Alto Formation. After that event, the north migration of the magmatic arc (Lavas Intracañón and Depósitos de Avalancha Ardiente Formations) concluded in the volcanism of the Cordillera Volcánica Central (Barva Formation) and the associated ash and mud flows that filled up the central depression named the Valle Central.

RESUMEN: Esta investigación abarca las hojas Topográficas Abra, Caraigres, Candelaria y Río Grande (escala 1: 50 000), que incluye un área de 2 000 km² en la región central Sur de Costa Rica.

El basamento de la región corresponde al Complejo Ofiolítico de Nicoya, sobre el cual descansan las rocas terciarias, en el SW sedimentos turbidíticos de edad posiblemente Paleocena (Fm. Punta Serrucho) y someros del Mioceno (Fm. Punta Carballo).

En la cuenca Candelaria la sedimentación nerítica Terciaria se inicia en asocio a eventos tectónicos- magmáticos con las calizas de la Fm. Parritilla y areniscas y brechas (Fm. Caraigres). Un posterior aumento de la actividad volcánica se traduce en la Fm. Pacagua. Por activación de fallas (p.e. Candelaria) se formaron las Brechas Verdes Coyolar, por la subsidencia post-tectónica la Fm. Peña Negra y lateralmente las calizas de San Miguel. Una reactivación volcánica está implícita en las formaciones Coris y Turrúcares, que culminan con una etapa de distensión regional e intenso volcanismo (Fm. La Cruz).

El arribo a la fosa Mesoamericana de la Serranía de Cocos conlleva la deformación en el límite Mioceno-Plioceno, produciendo el homoclinal de la cuenca Candelaria, a la vez que ascendía el Intrusivo de Escazú. El volcanismo post-deformación continúa (Fm. Grifo Alto) y se inicia la migración al NE del arco magmático, coexistiendo temporalmente ambos volcanismos (formaciones Lavas Intracañón y Depósitos de Avalancha Ardiente). Culminando con el volcanismo de la Cordillera Volcánica Central (Fm. Barva) y las consecuentes lahares y cenizas que rellenaron la depresión entre ambos arcos magmáticos, dando origen al Valle Central.

DEDICATORIA: Se dedica este trabajo a la paz y fraternidad de todos los seres vivientes. Se pretende contribuir al conocimiento geológico en pro de una ciencia que tenga como objetivo final, el mejoramiento espiritual del ser humano.

INTRODUCCION

La geología de la Región Central del país ha sido objeto de estudio desde finales del siglo pasado y principios del presente por autores como Hill (1898), Romanes (1912a). Sin embargo, hasta la segunda mitad del siglo XX se hacen los primeros trabajos regionales que incluyen el cartografiado geológico y el inicio del ordenamiento estratigráfico. En esta fase deben citarse autores como Williams (1952), Dengo (1962a), Malavassi, E. (1965-1967), Malavassi, E. & Madrigal, R. (1965-1967) Castillo, R. (1969). Posteriormente se hacen numerosas y muy valiosas investigaciones enfocadas en temas específicos y/o áreas pequeñas de estudio, entre los cuales sobresalen por su carácter regional y unificador Rivier (1979), Sprechmann (1984) y Mora & Brenes (1984).

Con el presente trabajo se pretende establecer un ordenamiento estratigráfico de carácter regional a la vez que se le da soporte teórico a los conceptos expresados en los mapas geológicos (Fig. 1) de las hojas Abra, Río Grande, Candelaria y Carraigres, (Arias & Denyer, 1990 a-b y Denyer & Arias, 1990 a-b). Por lo tanto, se da el sustento estratigráfico a nuevas formaciones y se redefinen otras. Se incluyen rocas Cretácicas del Complejo de Nicoya que a partir del Paleógeno estuvieron emergidas, dividiendo una cuenca al S en la cual se depositaron secuencias turbidíticas (Fm. Punta Serrucho ?) y la Formación Punta Carballo (Mioceno). Al N y NE de este promontorio se ubica la denominada cuenca Candelaria, que inicia su depositación a partir del Eoceno Superior hasta el Mioceno Superior, con un espesor sedimentario de más de 4 500 m y termina colmatándose con rocas volcánicas. En el límite Mioceno Plioceno una compresión deforma estas rocas y a partir de este momento hay emersión completa y la geología es dominada por rocas ígneas y depósitos coluvio-aluviales.

La metodología de campo consistió en un cartografiado convencional de unidades litoestratigráficas en mapas de trabajo a escalas entre

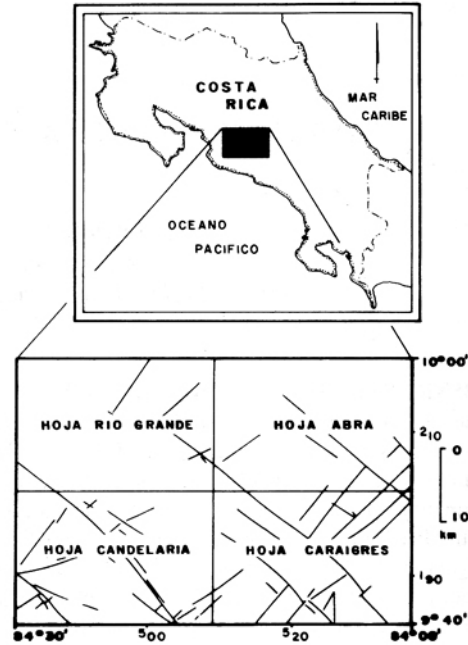


Fig. 1: Ubicación del área estudiada, que incluye 4 hojas topográficas: Abra, Carraigres, Candelaria y Río Grande.

1:10 000 y 1:25 000. El trabajo de campo se realizó durante el período 1986-1989. Incluye, además del trabajo individual de los autores, numerosas giras de los cursos de Geología de Campo y la Campaña Geológica de febrero de 1988, julio de 1988 y febrero de 1989.

La geología que se presenta es un trabajo base y faltan por detallarse numerosos aspectos. La paleontología se menciona muy general, mayores detalles sobre la sistemática deben consultarse con los correspondientes autores citados. Estudios paleontológicos y sedimentológicos deben hacerse para resolver numerosas dudas que pueden aclararse con trabajos más especializados. El aspecto cronoestratigráfico con base en micropaleontología es urgente para comprobar el diacronismo de ciertas formaciones, y poder así correlacionar usando criterios secuenciales.

En las unidades volcánicas el trabajo químico con elementos traza, acompañado de dataciones

radiométricas vendrá a clarificar la evolución del arco magmático durante el Terciario. El detalle litoestratigráfico del Complejo de Nicoya sería muy útil, el poco tectonismo presente hace que esta sea una área ideal para continuar un trabajo que numerosos investigadores han iniciado en la Península de Nicoya.

La nomenclatura estratigráfica se basa en las definiciones de Corrales et al. (1977). La descripción litológica es generalmente macroscópica, con la idea de que correspondan a una realidad práctica, con unidades litoestratigráficas de fácil reconocimiento en el campo. Estudios petrográficos de M. Barrantes (en este número) complementan la descripción de algunas litologías.

Los autores pretenden ofrecer una descripción de las principales características de cada formación o unidad informal mencionada, por lo que se ordena las descripciones en forma de ficha lo más uniforme posible, incluyendo las características básicas según el Código de Nomenclatura Estratigráfica (Comisión Americana de Nomenclatura Estratigráfica, 1970). De esta manera los futuros investigadores pueden encontrar en forma rápida los aspectos que les interesan. Se intenta, además, dar una visión histórica, por lo que se incluyen los antecedentes de cada unidad descrita, con un resumen de los aspectos principales que trata cada autor. Las publicaciones y reportes citados se encuentran casi en su totalidad en la Biblioteca de la Escuela Centroamericana de Geología, UCR.

Los nombres geográficos referidos en el texto pueden localizarse en los mapas topográficos correspondientes (escala 1:50 000), editados por el Instituto Geográfico Nacional. Cuando se mencionan coordenadas, en su mayoría se refieren a la cuadrícula Lambert CR N, indicando en primer término el número correspondiente al N, seguido del respectivo al E.

La Fig. 2 muestra el cuadro estratigráfico general y los perfiles generales se aprecian en la Fig. 3. La simbología usada en las figuras subsiguientes se indica en la Fig. 4. Las abreviaciones usadas se explican en el apéndice. A continuación se describirán las características de las diferentes unidades litoestratigráficas, ordenadas en orden cronológico.

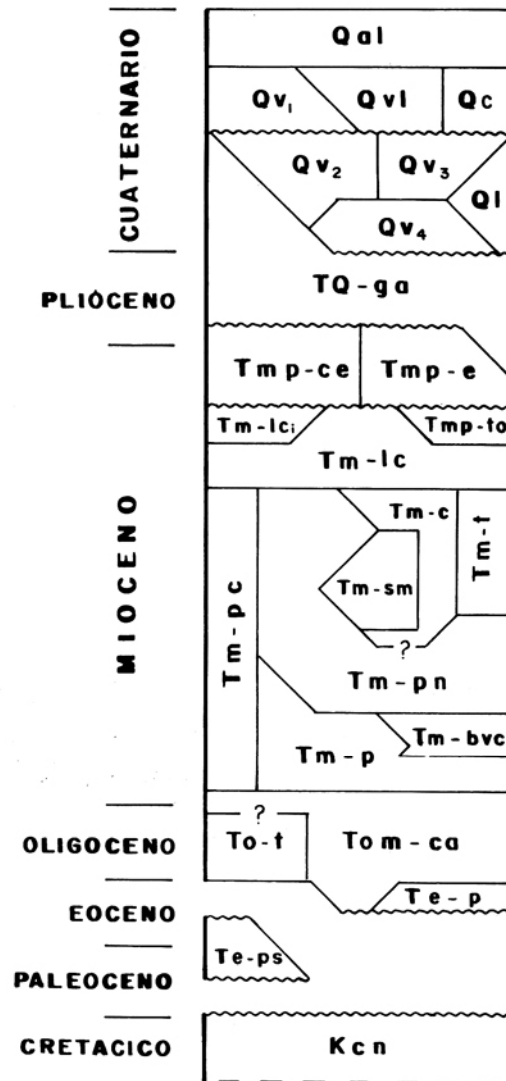


Fig. 2: Columna estratigráfica. Complejo de Nicoya (Kcn), Fm. Punta Serrucho (Te-ps), Fm. Parritilla (Te-p), Fm. Carraigres (Tom-ca), Miembro Tranquerillas (To-t), Fm. Punta Carballo (Tm-pc), Fm. Pacacua (Tm-p), Brechas verdes Coyolar (Tm-bvc), Fm. Peña Negra (Tm-pn), Fm. San Miguel (Tm-sm), Fm. Coris (Tm-c), Fm. Turrúcares (Tm-t), Fm. La Cruz (Tm-lc), Depósitos Parálidos de Fm. La Cruz (Tm-lci), Tobitas Ococa (Tmp-to), Intrusivo de Escazú (Tmp-e), Comubianitas de Escazú (Tmp-ce), Fm. Grifo Alto (TQ-ga), Fm. Lavas intracañón (Qv4), Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente (Qv3), Fm. Orotina (Qv2), Fm. Barva (Qv1), Depósitos lacustres (Ql), Calizas deslizadas (Qc). Lahares y cenizas (Qv1), Depósitos aluviales y coluviales recientes (Qal).

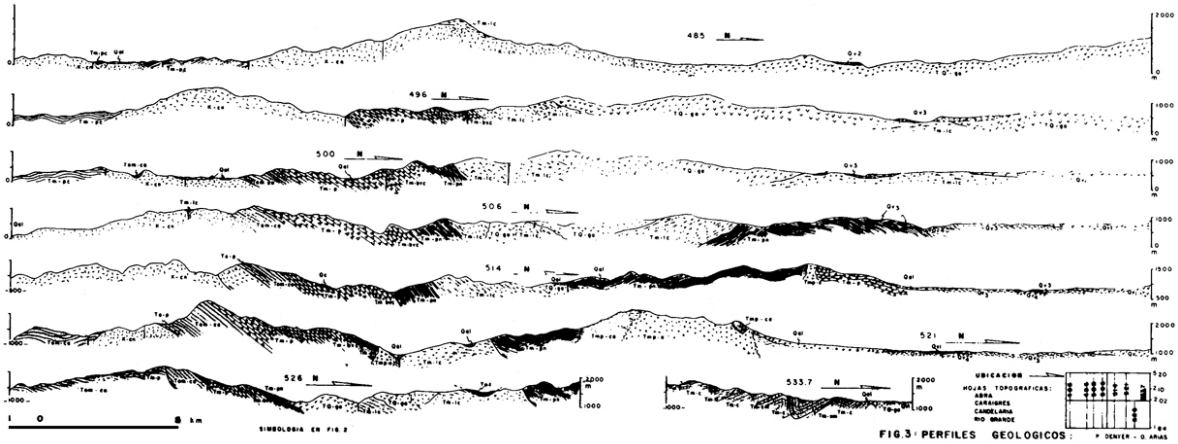
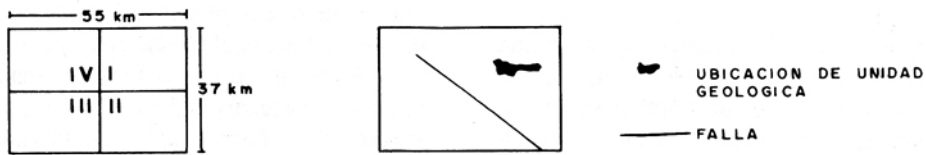


FIG. 3. PERFILES GEOLOGICOS: P. DENVER - O. ANAS



- I HOJA TOPOGRAFICA ABRA
- II HOJA TOPOGRAFICA CARAIGRES
- III HOJA TOPOGRAFICA CANDELARIA
- IV HOJA TOPOGRAFICA RIO GRANDE

9° 40' COORDENADA

5₁₀ CUADRICULA LAMBERT COSTA RICA NORTE

- CALIZA
- SEDIMENTO PELAGICO
- LUTITA
- DIATOMITA
- CARBON O LUTITA CARBONOSA
- ARENISCA
- CONGLOMERADO
- BRECHA
- TOBITA
- TOBA
- IGNIMBRITA
- PIROCLASTITA GRUESA
- ANDESITA
- BASALTO
- CORNUBIANITA
- INTRUSIVO

Q: CUATERNARIO

T: TERCIARIO

Q	H	HOLOCENO
	P	PLEISTOCENO
T	P	PLIOCENO
	M	MIOCENO
	O	OLIGOCENO
	E	EOCENO
	P	PALEOCENO
K		CRETACICO

Fig. 4: Simbología usada en figuras subsiguientes.

COMPLEJO DE NICOYA

Con amplia distribución en la región estudiada (Fig. 5) y aflorando desde elevaciones de 100 m.s.n.m. hasta una altura de 1 600 m en el Cerro Turrubares, esta unidad representa el basamento local y regional bajo la nomenclatura de Complejo de Nicoya.

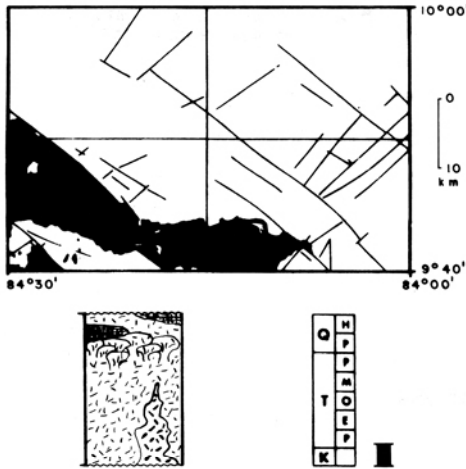


Fig. 5: Complejo de Nicoya: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

En esta área existe correlación litológica con la Unidad Esperanza (Kuijpers, 1979 a). Existen estilizadas y abundantes estructuras en almohadilla e intercalaciones sedimentarias calcáreas de carácter pelágico-hemipelágico, a veces intersticiales en las almohadillas. Ejemplos de esto pueden verificarse en Alfaro B., A. (1988), Arredondo (1989), Cerdas (1989), Madrigal, J. (1989), Molina (1989), Rudín (1988), Salazar, G. (1988), Vega (1989), Zárate (1988). Vale la pena destacar que estos sedimentos presentan buzamientos leves, evidenciando el poco tectonismo que sufrió el Complejo en esta área, lo cual se comprueba al medir la posición geopetal de las estructuras en almohadilla.

Brechas basálticas correlacionables con la Fm. Puerto Carrillo y doleritas no han sido diferenciadas en los mapas geológicos. La Fm. Puerto Carrillo no se diferencia en los mapas geológicos, debido a que su cartografía es difícil en áreas con intensa meteorización.

Detallar estos aspectos sería de gran ayuda para la mejor comprensión de la evolución geodinámica durante el Cretácico Superior.

Morfológicamente destacan las masas líticas basálticas por tener pendientes fuertes, poco suelo y vegetación. Forman delgadas filas que corresponden con altos topográficos sobresalientes. Destacan las elevaciones Altos de Carara, Alto Potenciana, Cerro Cangreja, San Jerónimo (hoja Candelaria) y Zoncuaco, Platanillo y Aguabuena (hoja Caraigres).

Litología

En la región estudiada se incluyen las siguientes litologías: basaltos con estructura masiva y almohadillada, cruzados por vetillas delgadas de ceolitas, calcita y sílice. Las doleritas son poco frecuentes. Hay intercalaciones sedimentarias pelágicas-hemipelágicas (blancuzcas y rosadas), a veces calcáreas tienen espesores desde pocos cm a algunos m. En este trabajo se incluyen las brechas de la Fm. Puerto Carrillo.

Localidad tipo

Dengo (1962 a-b) indica la localidad de Montezuma, costa sur de la Península de Nicoya, entre la quebrada Chorro y el río Cedros. En el área de estudio hay excelentes exposiciones en el cerro Turrubares, Galán, La Fila, La Cangreja (hoja Candelaria) y cerros al W, WSW de Bajo Venegas (hoja Caraigres).

Espesor y extensión

El espesor no se puede comprobar por métodos directos, sin embargo se determina un espesor mínimo aflorante de 1500 m con base en las alturas topográficas máxima y mínima. La extensión de esta unidad geológica es amplia en la hoja Candelaria, esquina SW de Río Grande y cuadrante SW de Caraigres (Fig.5).

Edad

Con base en Baumgartner (1987), las radiolaritas más antiguas corresponden al Jurásico Inferior. El límite superior en la Península de Nicoya es el Campaniano.

Con base en dataciones radiométricas y paleontológicas *ibid.* reporta una edad Eoceno en la península de Osa, lo cual corresponde con Bertrangé & Thorpe (1988), aunque se debe aclarar que esta última localidad no corresponde al Complejo *sensu stricto*.

En el área que cubre este trabajo, el límite superior datado con los sedimentos pelágicos-hemipelágicos sobreyacentes e intercalados es Campaniano Superior. Esto con base en: Baumgartner (1987), C. Rodríguez (en : Zárate 1988), M. Castillo (en: Arredondo, 1989). Se reporta una edad Turroniana por C. Rodríguez (en: Alfaro, B., A., 1988).

Relaciones estratigráficas

Representa el basamento regional. Es sobreyacido en contacto inconforme por las formaciones Punta Carballo, Carraigres, La Cruz y Parritilla. Las brechas de la Fm. Puerto Carrillo tienen estructura masiva.

Estructuras sedimentarias y paleontología

Las calizas pelágicas tienen laminación paralela y ondulada, ambas de carácter mm. Contienen foraminíferos y radiolarios.

Estructuras y texturas volcánicas

Los flujos lávicos tienen estructura masiva y en almohadillas de 0.5 m a 1 m de diámetro con borde de hialoclastita verde oscuro de hasta 2 cm de espesor. En los basaltos que sobreyacen una intercalación sedimentaria en la quebrada Roblar (Alfaro, B., A. 1988) se comprobó una rápida desgasificación evidenciada por vesículas rellenas de clorita (J. Laguna, com. pers., 1988). Cabe destacar que estos rellenos verdes dan un aspecto "clástico" en macroscopía. Esto evidencia menor profundidad en el momento de efusión.

Emplazamiento

La altitud de los basaltos y el poco tectonismo evidencian más un levantamiento isostático que un emplazamiento tectónico. Por lo tanto se

esta área pudo haber estado controlado por la disminución de densidad causado por la formación de cámaras magmáticas.

Antecedentes

Las primeras menciones en la literatura provienen de Sapper en 1905 (cit. en: Hoffstetter, Dengo & Weyl, 1960) quien se refiere a la cuarcita de "El Sardinal" y posteriormente Romanes (1912 b) describe pedernales radiolaríticos, doleritas y posibles basaltos en diferentes localidades de la Península de Nicoya. Mac Donald (1919) se refiere a las "lavas de la Península de Nicoya". Otros autores como Sears (1919), Webber (1942) y Roberts (1944) al describir las mineralizaciones de manganeso hacen referencias a la roca encajante.

Dengo (1961, 1962 a-b) nomina formalmente al Complejo de Nicoya, nomenclatura usada por la Compañía Petrolera en Nicoya, Burica, Osa y Herradura.

Malavassi, E. & Madrigal, R. (1965) hacen referencia al "volcánico Eocénico" en la hoja Carraigres y Malavassi, E. (1967) utiliza el nombre de "Fm. pre-eocénica volcánica Tulín" en la hoja Candelaria, nomenclatura tomada por MIEM (1982) y Sáenz & Gamboa (1984) como Fm. Tulín. Henningsen & Weyl (1967) detallan el carácter geoquímico del basamento S de América Central, Galli-Olivier (1977, 1979) ubica esta unidad dentro del marco teórico-científico, basado en los conceptos geotectónicos. De Boer (1979) analiza la tectónica e introduce algunos conceptos estratigráficos, indicando que es posible establecer parámetros estratigráficos en el Complejo.

Kuijpers (1979 a, 1980) describe la estratigrafía y establece dos unidades litoestratigráficas: unidad Matapalo (Cretácico Inferior) y unidad Esperanza (Cretácico Superior). Schmidt-Effing (1979, 1980 a-b) diferencia 6 subcomplejos datados con "xenolitos" radiolaríticos y calcáreos.

Lundberg (1982) estudia la evolución de la Península de Nicoya del Cretácico Superior al Terciario. Hein et al. (1983) detallan la geoquímica y sedimentología de radiolaritas y otros sedimentos silíceos. El origen sedimentológico fue objeto de estudio por Gursky, H-J. & Schmidt-Effing

Baumgartner (en: Kuijpers, 1979 a, 1980) aporta dataciones de las radiolaritas. Baumgartner et al. (1984) nombra el Super Grupo Papagayo constituido por basamento oceánico, máfico y ultramáfico asociado con sedimentos (volcánica o tectónicamente). Idem (en: Sprechmann, 1984) e ídem (1987) presenta columnas con sedimentos datados desde Jurásico Inferior al Terciario.

Burgois et al. (1984) presentan columnas y un mapa regional del N de la Península de Nicoya en que la unidad Matapalo sobreyace tectónicamente a la unidad Esperanza. Wildberg (1987) y Wildberg & Baumann (1987) hacen distinciones geoquímicas de los basaltos. Berrangé & Thorpe (1988) estudian el Complejo en la Península de Osa y muestran la geoquímica y dataciones del Cretácico al Terciario. Meschede, Frisch & Sick (1988) presentan un modelo geodinámico basado en la Península de Santa Elena y los complejos ofiolíticos de Osa, Golfito y Burica.

Gursky, M. (1988) detalla 4 fases tectónicas desde el Cretácico al Terciario (D1: NW-SE, D2: NE-SW, D3: NW-SE, D4: NE-SW). Gursky H.-J. (1989) describe las radiolaritas y sus características geoquímicas y presenta levantamientos y columnas a lo largo de la costa.

En la hoja Tárcoles, Avila, G. (1985), Cervantes (1985), Herrera, D. (1985), Leandro (1985) y Soto (1985) cartografían esta unidad. Alfaro, B., A. (1988), Arredondo (1989), Castillo, M. (1988), Cerdas (1989), Gómez, M. (1988), Flores (1989), Esquivel (1989), Hernández, E. (1989), Hernández, S. (1989), León (1989), Madrigal, J. (1989), Molina (1989), Salazar, G. (1988), Salazar, M. (1989), Rudín (1988), Vega (1989) y Zárate (1988) presentan mapas geológicos en la hoja Candelaria, los cuales son sintetizados por Denyer & Soto (1988) y Denyer (1989).

Diversos autores presentan dataciones radiométricas desde 90 m.a. hasta 40 m.a. las cuales son recopiladas por Alvarado, G. et al. (1990). Una recopilación petroquímica se encuentra en Kussmaul, Paniagua & Gainza (1982).

Publicaciones clave

Dengo (1961, 1962 a-b)
Kuijpers (1979 a, 1980)
Schmidt-Effing (1979, 1980)

Baumgartner et al. (1984-1987)

Burgois et al. (1984)

Gursky, M. (1988)

Gursky, H.-J. (1987-1989)

FORMACION PUNTA SERRUCHO

Se usa el nombre sensu Baumgartner et al. (1984) correlacionando una secuencia sedimentaria que aflora en la parte S de la hoja Candelaria. Cerdas (1989), Denyer (1989), A. Astorga (com. pers., 1989) se refieren a esta secuencia turbidífica como parte de la Fm. Loma Chumico (Cretácico).

Considerando el estilo tectónico y la correlación litológica, los autores prefieren usar la nomenclatura de Fm. Punta Serrucho descrita unos km al S, en el área de Quepos.

Litología

Consiste de interestratificaciones de paquetes con espesor cm y esporádicos dm de areniscas de grano fino a grueso, con clastos guijarrosos (Fig. 6). Predomina la granulometría fina, la cual a veces contiene materia orgánica diseminada. Las intercalaciones de arenisca gruesa tienen un espesor promedio de 70 cm.

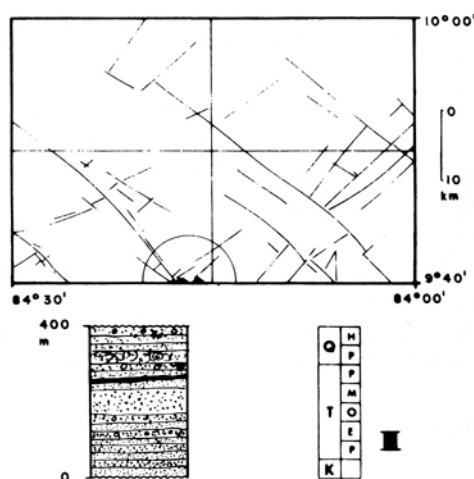


Fig. 6: Fm. Punta Serrucho: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Espesor, extensión y forma

Se extiende unos 4 km² en la esquina SE de la hoja Candelaria. Tiene un espesor de unos 400 m (Cerdas, 1989) y forma tabular.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace al Complejo de Nicoya con un contacto inconforme. Es sobreyacida en forma discordante por la Fm. Punta Carballo.

Edad

Se presume una edad Paleógena (Eoceno?), con base en la correlación litológica y el estilo tectónico, valga destacar que se carece de datos cronológicos.

Estructuras sedimentarias y paleontología

Se observan las siguientes estructuras (*sensu* Cerdas, 1989):
 gradación positiva
 laminación paralela
 estructuras de carga
 canal de arenisca gruesa (dirección de corriente 172/82)
 concreción cilíndrica (1m de longitud y 20 cm de diámetro)
 deslizamientos sinsedimentarios
 trazas fósiles de *Chondrites* s.p. y *Zoophycus* s.p.

Ambiente de depositación

La sedimentación fue turbidítica de talud con aumento energético hacia el techo evidenciando inestabilidad de la cuenca y/o mayor aporte del continente.

FORMACION PUNTA CARBALLO

Al S y SW (Fig. 7) de la hoja Candelaria el Complejo de Nicoya está parcialmente cubierto por rocas sedimentarias que se correlacionan con la Fm. Punta Carballo, probablemente con los miembros Caletas y Roca Carballo (ver antecedentes). Representa el relleno de una topografía

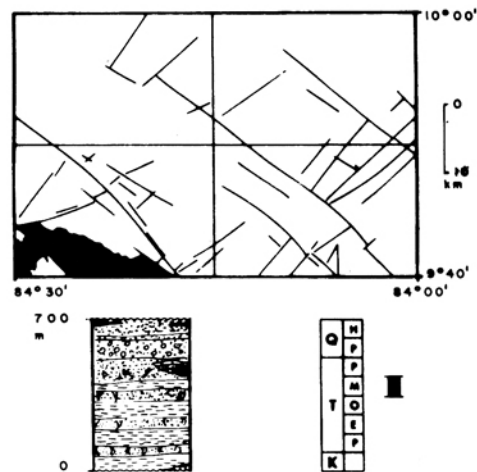


Fig. 7: Fm. Punta Carballo: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

irregular e incluso Seyfried, Astorga & Calvo (1987) mencionan su relación (en otras localidades) con fallamiento.

En el área estudiada durante la Campaña Geológica 1989 se nota colmatación de la cuenca hacia los niveles superiores, aunque el Miembro Mata de Limón no aparece representado. Se prefirió no delimitar los miembros Roca Carballo y Caletas pues más bien parecen cambios de facies con indentación cuya correlación se dificulta por los altos topográficos, que indudablemente afectaban tanto la sedimentación como el plegamiento, el cual es difuso y poco continuo por la cercanía de la discontinuidad litológica con las rocas del Complejo de Nicoya.

Existe un estrato de caliza de 10 m de espesor en la parte basal de esta Formación (Esquivel, 1989) y que aflora sobre el Complejo de Nicoya en el río San Vicente cuya edad es confusa, por lo que se lo incluye preliminarmente dentro de esta unidad.

Litología

Consiste de dos unidades. La unidad basal son areniscas finas y lutitas gris verdoso y verde, bien estratificadas en capas de 10 a 20 cm de espesor. En el sector W es más frecuente encon-

trar paquetes masivos de arenisca media verde con una meteorización esfereoidal muy destacante. Esta secuencia culmina con un estrato de caliza (Vega, 1989) de 4 m de espesor.

La unidad superior está compuesta por areniscas finas y medias, color gris oscuro, generalmente masivas o en estratos dm. Se encuentran niveles bioclásticos (con turrítelas fundamentalmente) y conglomerados distribuidos irregularmente en estratos que no sobrepasan los 2 m, estos niveles pueden corresponder con cambios eustáticos, o bien, niveles tempestíticos. Hacia la parte superior de esta secuencia existen algunos niveles con troncos (diámetro aprox. de 5 cm). Estratos tobáceos de 1 a 2 m de espesor son frecuentes en diferentes niveles estratigráficos.

Localidad tipo

La localidad tipo de la Formación se ubica en Punta Carballo cerca de la desembocadura del río Barranca, W de Caldera (Dengo, 1961, 1962 b). El Miembro Mata de Limón fue descrito en el litoral S del estero de Mata de Limón (Madrigal, R. 1970) y el Miembro Roca Carballo corresponde a la sección tipo de la Fm. El Miembro Caletas en los acantilados de playa Caletas (Laurito, 1988).

Valga mencionar también la excelente exposición de esta unidad en Punta Judas (Seyfried, Sprechmann & Aguilar, 1985). En el área de estudio existen excelentes afloramientos en el río Tulín, quebrada Venado, río Negro, quebradas Grande y Jucó y río San Vicente.

Espesor, extensión y forma

Esta Formación se extiende desde la base del cerro Turrubares hasta la costa pacífica al W, NW, SW y S (hojas topográficas Barranca, Tárcoles, Herradura y Parrita). Su forma es sumamente irregular, presentando lentes y acuña-mientos en la base y una tendencia más tabular hacia las unidades o miembros superiores.

Puesto que rellena una topografía irregular su espesor es muy variable. En el área estudiada (S y SW de la hoja Candelaria) el espesor máximo es de aproximadamente 700 m (500 m la unidad inferior y 200 m la superior).

Relaciones estratigráficas

Su contacto inferior presenta una discontinuidad litológica (inconformidad) sobre el Complejo de Nicoya. No se conoce otra unidad sobreyacente, excepto locales depósitos aluviales.

Edad

Mioceno Inferior-Mioceno Superior, con base en: Haas (1942), Seyfried, Sprechmann & Aguilar (1985), Sprechmann (en: Soto, 1985 y Cervantes, 1985), T. Aguilar (en: Flores, 1989).

Estructuras sedimentarias

Con base en los autores de la Campaña Geológica 1989 y Sprechmann (1984) se encuentran las siguientes estructuras:

laminación paralela y canvoluta
estratificación cruzada bimodal
estructura flama
estructuras de carga
relleno de canal
lentes arenosos
gradación positiva e inversa
"forsets"
niveles tempestíticos bioclásticos
arenque ("herring bone")
"hard ground"

Paleontología

La siguiente lista se basa en las campañas geológicas 1985 y 1989, Sprechmann (1984), Kuijpers (1979)

gasterópodos
bivalvos (inclusive pinas)
escapófodos
artrópodos
fragmentos de ostras, cangrejos, erizos,
ciclocorallia
dientes de tiburón
madera y hojas fósiles
equinoideos
foraminíferos y radiolarios
bioturbación *Ophiomorpha* y *Thalassinoides*

Ambiente de depositación

Resumiendo las descripciones e interpretaciones de Madrigal, R. (1970), Kuijpers (1979 b), Soto (1985), Seyfried, Astorga & Calvo (1987), Laurito (1988) y Denyer (1989) se considera que el Miembro Caletas corresponde a un ambiente de plataforma abierta. El Miembro Roca Carballo se depositó en una plataforma interna afectada por corrientes de marea y el Miembro Mata de Limón en un ambiente aluvial y parálico.

Antecedentes

Alfaro G, A. (1911) y Romanes (1912 a) se refieren a los sedimentos que afloran en el río Barranca y las cercanías de Punta Carballo.

Mac Donald (1920) nombra esta secuencia "Serie de arenisca caliza de Punta Carballo". Schuchert (1935) menciona la fauna de Barranca de edad Mioceno basal del lado pacífico de CR. Haas (1942) indica edades del Mioceno Medio. Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960) incluyen una sinopsis de los depósitos de Barranca y la Serie Punta Carballo.

Dengo (1961, 1962 b) presenta un mapa incluyendo la Fm. Punta Carballo y se refiere a la edad dada por Woodring en 1928 de Mioceno Inferior. Malavassi, E. (1965) describe brevemente y resume la fauna descrita por Haas, Woodring y Malavassi, E, expuesta en diversos trabajos.

Madrigal (1970) cartografía la hoja Barranca y nombra un miembro inferior (Mata de Limón) y el superior (Roca Carballo). Baxter (1975, 1976) hace un mapa y describe la sedimentología, usa el rango de Fm. para Mata de Limón (inferior) y Punta Carballo (superior).

Kuijpers (1979 b) concluye que el Miembro Mata de Limón es inferior y originado por procesos aluviales y el Miembro Roca Carballo (superior) depositado bajo influencia de marea. Fischer (1981) la correlaciona con otras unidades litológicas Miocénicas y considera que la secuencia es regresiva, lo que indicaría que el Miembro Roca Carballo es basal. MIEM (1982) y Denyer & Montero (1988) agrupan estas rocas con las formaciones Pacacua, Coris y Turrúcares, en mapas geológicos generales.

Sprechmann (1984) resume los aspectos estratigráficos y comenta la diferencia de criterio sobre la posición de los miembros Mata de Limón y Punta Carballo en publicaciones de Fischer (1981) y Kuijpers (1979b). Seyfried, Sprechmann & Aguilar (1985) describen 1 300 m de la secuencia estuarina de Punta Judas. Denyer et al. (1987) nombran y cartografían el Miembro Lagarto.

Avila, G. (1985), Cervantes (1985), Herrera, D. (1985), Leandro (1985), Soto (1985) cartografían la parte basal y media de la Formación, incluyen dataciones del Mioceno Inferior y Medio. Posteriormente, Laurito (1988) sintetiza esta información y propone el Miembro Caletas (Mioceno Inferior) sobreyacido por el Miembro Roca Carballo (Mioceno Medio) y Mata de Limón (Mioceno Medio ? y Superior ?)

Arredondo (1989), Cerdas (1989), Flores (1989), Esquivel (1989), Hernández, E. (1989), Hernández, S. (1989), León (1989), Madrigal, J. (1989), Molina (1989), Salazar, M. (1989), Vega (1989) cartografían esta unidad al S, SE y SW del cerro Turrubares. Denyer (1989) sintetiza estos trabajos.

Publicaciones clave

Mac Donald (1920)
Dengo (1961, 1962 b)
Madrigal, R. (1970)
Kuijpers (1979 b)
Sprechmann (1984)

FORMACION PARRITILLA

Representa una discontinuidad litológica sumamente didáctica, con excelente exposición en la hacienda Tiquires, donde descansan discordantemente sobre las brechas de Puerto Carrillo (no diferenciadas del Complejo de Nicoya en este trabajo). Aflora también cerca de los poblados de Parritilla, San Francisco, en la base del cerro Dragón. Desde la carretera que va de Monterrey a San Francisco se puede dibujar la capa de caliza sobre varios km, desde la quebrada Concha hasta Alto Araña. Con excepción de algunas dolinas, no hay evidencias de disolución.

Después de las primeras referencias de Malavassi, E. (1960, 1961 b), Rivier & Calvo (1988) presentan la primera descripción de esta unidad geológica.

Litología

Esta Fm. está compuesta por calizas bioclásticas grises (macroforaminíferos son destacados) en estratos dm. Tiene intercalaciones m de arenisca y lutita masivas de color gris.

Localidad tipo

Al no describir Malavassi, E. (1960, 1961 b) claramente la localidad tipo, se prefiere usar la localidad indicada por Rivier & Calvo (1988) en la quebrada Concha al S del cerro Dragón y cerca del poblado de Parritilla.

Espesor, extensión y forma

Se extiende unos 15 km como una delgada faja en el cuadrante SW de la hoja Caraigres (Fig. 8). Su espesor varía entre 150 y 200 m. Su forma es tabular, acufiada en los extremos.

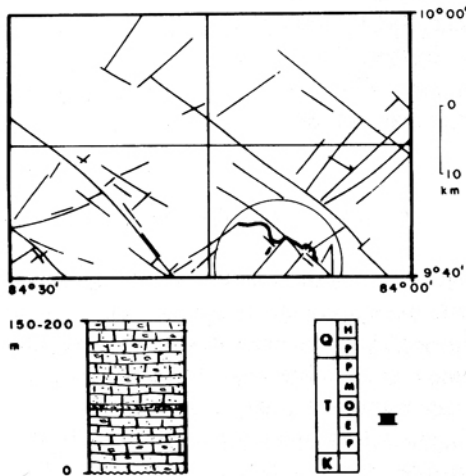


Fig. 8: Fm. Parritilla: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace discordantemente al Complejo de Nicoya (Brechas Puerto Carrillo). Es sobreyacida concordantemente por la Fm. Caraigres en contacto abrupto.

Edad

Malavassi, E. (1960, 1961 b) y Rivier & Calvo (1988) coinciden en una edad Eoceno Tardío.

Estructuras sedimentarias

Laminación gruesa
estratificación masiva
planos de estratificación ondulados

Paleontología

Los macroforaminíferos son muy destacados. Además hay *rodophyceas* (algas rojas) y *dasycladaceas*, restos de equinoideos, espículas de esponjas (Rivier & Calvo, 1988)

Ambiente de depositación

Según Rivier & Calvo (1988) corresponden a lóbulos bioclásticos ubicados en una laguna con circulación abierta

Aspectos económicos

Se han hecho algunas explotaciones para la producción de cal, cerca del poblado de San Francisco. Los autores consideran, sin embargo que si se desean explotar estas rocas el lugar más adecuado sería cerca a Cangrejal donde se encuentran deslizadas y por lo tanto sin un gran volumen pero sin problemas de recubrimiento, cuya remoción afecta enormemente los costos.

Antecedentes

Malavassi, E. (1960, 1961 b) menciona una localidad de caliza del Eoceno Superior con foraminíferos en el río Parrita. Malavassi, E. & Madrigal, R. (1965) muestran calizas representando el Eoceno Superior en la hoja Caraigres.

Dóndoli & Chaves (1968) mapean la Fm. Parritilla junto con las formaciones Verbena, Tuis y Las Animas.

Castillo, R. (1969) muestra a la Fm. Pacagua descansando sobre las calizas de Parritilla y refiere el nombre a informes inéditos de E. Malavassi. Castillo, R. (1984) se refiere también a los afloramientos cerca a Cangrejal y Escuadra.

Mora & Brenes (1984) y Mora, Valverde & Brenes (1985) las denomina Calizas Damas en la hoja Caraigres. Sprechmann (1984) menciona la Caliza de Parritilla que aflora al S del Cerro Dragón por com. pers. de E. Malavassi. Aguirre (1988), Herrera, I. (1988) y Moore (1988) describen afloramientos cerca de Parritilla. Rivier & Calvo (1988) la cartografían llamándola unidad Parrita.

Publicaciones clave

Malavassi, E. (1960, 1961 b)
Rivier & Calvo (1988)

FORMACION CARAIGRES

A pesar del espesor y amplia distribución de esta unidad (Fig. 9) hay muy pocas referencias en la literatura que corresponda con esta secuencia sedimentaria. Las mejores exposiciones están en la base del flanco S del cerro Caraigres, donde la dificultad topográfica obstaculiza parcialmente el trabajo geológico. Los afloramientos de Bajo Mora, Santa Rosa y San Rafael Arriba (S-SE de la hoja Caraigres) están muy meteorizadas y a veces es difícil su correlación. Al N de San Isidro (S de la hoja Caraigres) existe una extensa área con deslizamientos de bloques de esta Formación.

Sobre el Complejo de Nicoya quedan algunos remanentes de pequeñas cuencas cuya extensión sobrepasa rara vez 1 km² (hojas Caraigres y Candelaria).

Litología

Está compuesta por interestratificaciones de areniscas verdosas y/o grises de granulometría variable; fina, media y gruesa y brechas de fragmentos angulares cuyo diámetro promedio es de

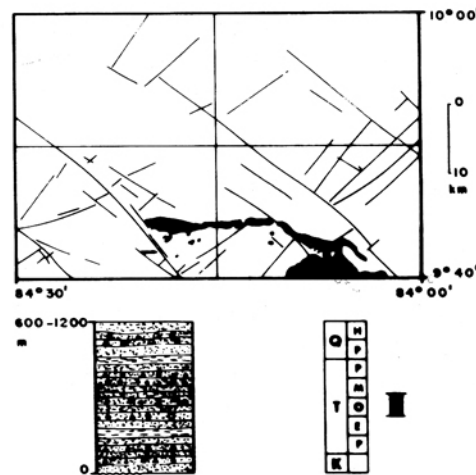


Fig. 9: Fm. Caraigres: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

3 cm, ocasionalmente dm y de composición predominante basáltica, flotando en una matriz arenosa. La estratificación varía de dm hasta m, aumentando proporcionalmente con la granulometría.

Localidad tipo

S-SW del Cerro Caraigres, específicamente la parte alta de la quebrada Concha y el río Mesa.

Espesor, extensión y forma

Se extiende E-W unos 30 km en las hojas Caraigres y Candelaria. Su forma es irregular en la base y plana en el techo, con espesores variables entre 600 y 1 200 m. Se encuentran incluso rellenos de pequeñas cuencas que no sobrepasan los 100 m de espesor y 1 km² de extensión.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace al Complejo de Nicoya (inconformidad) y yace concordante sobre la Fm. Parritilla. Ambos contactos son bruscos. Subyace concordantemente a la Fm. Pacagua.

Edad

Con base en datación de C. Rodríguez (en: Castillo, M., 1988) y la posición estratigráfica se considera que se depositó en el Oligoceno-Mioceno Inferior basal.

Estructuras sedimentarias

Laminación paralela
gradación positiva
estratificación cruzada tipo "hummocky"
estratificación maciza
estructuras biogénicas tipo *Chondrites* s.p. y *Zoophycus* s.p. (Castillo, M., 1988)

Paleontología

Bivalvos y gasterópodos, principalmente en moldes.

Ambiente de sedimentación

Se depositó en un ambiente marino con gran variación energética. Probablemente en la zona sublitoral (Castillo, M., 1988) con tendencia marcada de calmatación hacia el techo.

Antecedentes

Alfaro B, A. (1988), Castillo, M. (1988), Gómez, M. (1988), Rudín (1988), Salazar, G. (1988) describen y cartografían esta formación en la hoja Candelaria. Castillo, M. (1988) incluye una datación de C. Rodríguez del Mioceno Inferior. Denyer & Soto (1988) incluyen estas rocas como unidad "A" de la Fm. Pacagua. Aguirre (1988), Herrera, I. (1988), Moore (1988) describen areniscas gruesas y brechas verdes en la hoja Caraigres.

MIEMBRO TRANQUERILLAS

Corresponde más con una unidad bioestratigráfica que litoestratigráfica. Sin embargo, se ha mantenido su posición en el cuadro estratigráfico al considerar que es testigo de una época geológica muy poco documentada en CR y el resto del Caribe.

Desde las primeras definiciones informales hubo confusión respecto a la litología que debería de ser incluida y las condiciones estratigráficas no fueron claras, incluso se indican buzamientos invertidos (Alán, 1978). Esto se debe, a juicio de los autores a que el Miembro Tranquerillas (Fig. 10) se presenta en la localidad descrita (Tarbaca, NE de la hoja Caraigres), muy tectonizada y con fallamiento inverso indicando aloctonía parcial sobre la Fm. La Cruz. Probablemente en algunas partes es confundido tectónicamente con la Fm. Peña Negra.

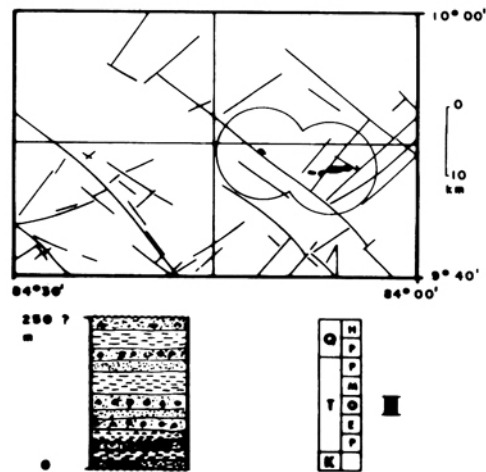


Fig. 10: Miembro Tranquerillas: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

El origen de esta tectónica se considera en asocio directo al emplazamiento del Intrusivo de Escazú que lavantó estas fms. y produjo inestabilidad a la vez que actuaba la compresión de S a N. A esta conclusión se llegó con base en un cartografiado geológico de afloramientos que se hizo en el curso de Geología de Campo II (1988), donde además de los autores, participaron: S. Arredondo, A. Cerdas, L. Esquivel, H. Flores, E. Hernández, S. Hernández, L. León, J. Madrigal, F. Molina, G. Muñoz, M. Salazar, E. Vega.

Se asocia a esta Fm. un pequeño afloramiento en la carretera de Acosta a Tabarcia, cerca al poblado de Sevilla, por su similitud litológica y fosilífera (T. Aguilar, com. pers. 1988). Valga

aclarar que la situación estratigráfica no es completamente clara y lo meteorizado y poco expuesto no permitió mayor verificación. Si es correcta la correlación de esta unidad geológica en la localidad indicada se evidencia un hiato, o por lo menos escasa depositación durante el Mioceno Inferior en esta área.

Litología

Este miembro está compuesto por estratificaciones de lutitas y areniscas de color pardo o verde con intercalaciones de conglomerado y/o brecha fina y fosilíferos.

Localidad tipo

Según Alán (1978) se encuentra en la Quebrada Tarbaca, cerca del poblado de Tranquerillas (NE de la hoja Carraigres).

Espesor, extensión y forma

Su extensión es reducida en el NE de la hoja Carraigres. También un pequeño afloramiento cerca del poblado de Sevilla al N de la hoja Carraigres. Los autores consideran que su forma es muy irregular y por lo tanto difícil determinar el espesor. Ibid. estima 250 m de espesor.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace tectónicamente a la Fm. La Cruz. Se estima un contacto superior concordante con la Fm. Peña Negra cerca del poblado de Sevilla.

Correlación estratigráfica

Aguilar, T. (en: Sprechmann, 1984) incluye este miembro en la Fm. Térraba. Sprechmann (1984) lo adscribe a la Fm. Pacacua. Los autores consideran que la cronología y litología indican mayor relación con la Fm. Carraigres.

Edad

Oligoceno, según Fischer (en: Alán, 1978)

Estructuras sedimentarias

En general no son frecuentes, se encuentran las siguientes:

laminación paralela
relleno de canal
estratificación maciza

Paleontología

Con base en Alán (1978), Aguilar, T. (1978, 1979), Alán & Fischer (1982) se da la siguiente lista .

Foraminíferos
esponjas
corales solitarios
briozoos
braquiópodos
escapópodos
gasterópodos
bivalvos (pinas, ostras, etc.)
artrópodos (*balanus-Folidiscus tablazoi*)
equinodermos
dientes de tiburón

Ambiente de depositación

Aguilar, T. (en: Sprechmann, 1984) indica que predominó un ambiente de poca profundidad con alta energía y presenta una secuencia regresiva desde facies profundas hasta litoral. Alán & Fischer (1982) indican que el braquiópodo *liothyrella* " vivió bajo la zona de alta turbulencia, con exposición al mar abierto y no muy lejos de volcanes activos y hacen referencia a batimetrías entre 50-600 m para especies recientes.

Antecedentes

Alán (1978) describe una secuencia de 250 m compuesta de conglomerados, brechas, lavas, vulcanitas y tobas al N de la hoja Carraigres. Aguilar, T. (1978) describe la fauna e ídem (1979) un nuevo artrópodo. Alán & Fischer (1982) aluden la presencia de braquiópodos. Aguilar, T. (en Sprechmann, 1984) describe el Miembro Tranquerillas dentro de la Fm. Térraba y Sprechmann (1984) propone incluirla dentro de la Fm. Pacacua.

Publicaciones clave

Alán (1978)
Aguilar, T. (1978)

FORMACION PACACUA

El nombre "toba fosilífera" usado por Romanes (1912 a) es bastante descriptivo de una secuencia rocosa en que el proceso sedimentario fue influenciado por un vulcanismo contemporáneo intenso.

Con este trabajo se retorna a la definición original dada por Castillo, R. (1969) atribuyendo a esta Fm. la secuencia vulcanoclástica y excluyendo las lutitas y areniscas finas negras que la sobreyacen que se agrupan en la Fm. Peña Negra, la cual fue correlacionada por *ibid.* con la Fm. Térraba. La confusión de correlación y cronología se debió a que fue estudiada en los lugares más difíciles, donde la influencia estructural del Intrusivo de Escazú no permite una visión estratigráfica clara. Por ésto, algunos autores recientes (ver antecedentes) prefieren una agrupación de las secuencias litológicas del Valle Central. Los autores, trabajando al SW del Valle Central (hoja Candelaria) en Campañas Geológicas encontraron las secuencias sedimentarias completas en las que se pudo comprobar la estratigrafía. Estos modelos estratigráficos fueron trasladados al N y E, donde existe mayor perturbación tectónica y volcánica (Fig. 11).

Litología

Esta Formación está constituida por vulcanoclastitas de granulometría diversa. Destacan colores vivos muy llamativos con predominio del rojo y morado, aunque el verde es frecuente en algunos sectores.

Caracterizan, a esta unidad geológica, las estratificaciones dm hasta m de areniscas vulcanoclásticas (finas, gruesas y guijarrosas) tobas, tobitas y brechas finas y gruesas (excepcionalmente 1 m de diámetro) con contacto de fragmentos por matriz. Hacia la parte superior (cerca del río Candelaria) se encuentran troncos fósiles de hasta 1 m de diámetro. Diques y sills de diabasa con espesores de aprox. 1 m son frecuentes.

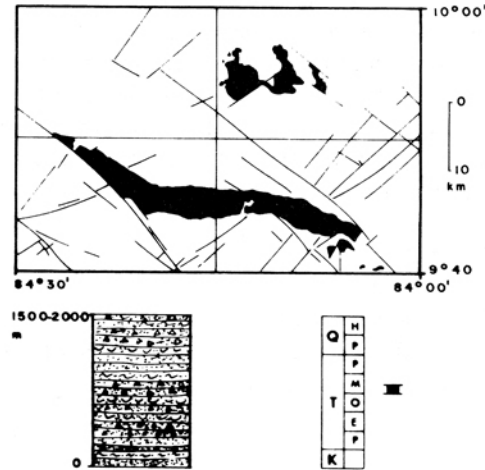


Fig. 11: Fm. Pacacua: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

Localidad tipo

Castillo, R. (1969) indica el flanco N del cerro Pacacua (hoja Abra). Además se pueden mencionar excelentes exposiciones en la quebrada Surasal (hoja Candelaria). En la hoja Carraigres cabe citar el camino que une el puente sobre el río Candelaria, cerca de Cangrejal, con las poblaciones de Ceiba Baja y Perpetuo Soćorro.

Espesor, extensión y forma

Se extiende en las hojas Abra, Río Grande y tiene su mejor desarrollo y exposición en el homoclinal buzando al N cubriendo parte de las hojas Candelaria y Carraigres. Su espesor alcanza entre 1 200 m y 2 000 m y su forma es tabular.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace en contacto gradual a la Fm. Carraigres evidenciando que el vulcanismo se inició en forma pulsante. El contacto superior se presenta en dos formas:

- una zona de transición de unos 300 m con las Brechas Verdes Coyolar, en las hojas Carraigres y Candelaria.
- un contacto brusco con la Fm. Peña Negra.

Edad

Utilizando criterios estratigráficos se considera que se depositó durante el Mioceno Inferior.

Estructuras sedimentarias

Laminación paralela y ondulada
gradación positiva e inversa
estratificación maciza
estratificación cruzada (escasa)

Paleontología

Troncos fósiles
bivalvos y gasterópodos (principalmente moldes)

Ambiente de depositación

El ambiente fue marino somero (sublitoral) con influencia de un vulcanismo continental activo, contemporáneo a la depositación y pulsante, permitiendo la supervivencia de organismos endobentónicos. La subsidencia y el aporte sedimentario fueron constantes y rápidos.

Antecedentes

Alfaro G., A. (1911) cita la presencia de "caracoles lacustres" en El Brasil. En la misma localidad Romanes (1912a) se refiere a "tobas fosilíferas" sobreyacidas por lavas. Los afloramientos de Brasil (río Virilla) también son descritos por Crosby (1945) y Dengo & Chaverri (1951). Dóndoli (1954) incluye estas rocas en la Fm. Conglomerado-arenisca. Esta formación al igual que las capas de El Brasil del Oligoceno Superior-Mioceno son parte del léxico estratigráfico de Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960). Dóndoli & Chaves (1968) cartografían la Fm. La Verbena.

Castillo, R. (1969) define la Fm. Pacacua (Eoceno?-Oligoceno?) formada por una secuencia de 1 148 m en el flanco N del cerro Pacacua compuesta por conglomerado brechoso y arenisca conglomerádica, areniscas, tobas; en cuanto a la estratigrafía la considera sobreyacida discordantemente por la Fm. Térraba. Castillo & Krushesky (1977) presentan un cartografiado en la

hoja Abra. Brerangé (1977) la describe brevemente.

Rivier (1979) describe estas rocas como unidad inferior de la Fm. Pacacua incluyendo una datación de la base del Mioceno Medio e indica que la Fm. Térraba es inferior a Pacacua. Fischer (1981) ubica esta Fm. dentro del cuadro paleogeográfico del Mioceno. Alvarado, M. (1982) atribuye un ambiente de depositación deltaico.

Cartografiados y descripciones locales de esta unidad geológica son hechos por: Domínguez (1975); López (1975); Chávez (1976); Rojas (1976); Tejera (1983); Alvarez (1982); Avila, M. (1984); Aguirre (1988); Arredondo, Hernández, S. & Madrigal, J. (1988); Cerdas, Esquivel & Muñoz (1988); Flores, Hernández, E. & Vega (1988); Herrera, I. (1988); Molina, Salazar, M. & León (1988); Moore (1988).

Diversos autores agrupan formaciones incluyendo Pacacua, dentro de mapas regionales: Bergoing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); MIEM (1982); Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976a-b); Denyer & Montero (1988).

Sprechmann (1984) propone incluir dentro de la Fm. Pacacua lo anteriormente incluido como Fm. Térraba, incluso el Miembro Tranquerillas. Rivier & Calvo (1988) consideran una secuencia continua de la Fm. Pacacua sobreyaciendo a la Unidad Parritilla, asignándole una edad Oligoceno-Mioceno.

En la Campaña Geológica de febrero de 1988 se cartografía esta Fm. como subunidad "B" de Pacacua, constituida por brechas violáceas y verdes y areniscas volcánicas: Alfaro B., A. (1988), Castillo M. (1988), Gómez, M. (1988), Rudín (1988), Salazar, G. (1988), Zárate (1988). Se encuentra una síntesis de estos trabajos en Denyer & Soto (1988).

Referencias clave

Castillo, R. (1969)
Rivier (1979)

BRECHAS VERDES COYOLAR

Sobreyaciendo a la secuencia volcánica de Pacacua en el S del área (hojas Candelaria y

Caraigres, Fig. 12) se encuentran las Brechas Verdes Coyolar que se consideran con rango de miembro dentro de la Fm. Pacacua. Se interpretan como la representación litológica de la reactivación de la falla Candelaria, siendo muy significativo la disminución del espesor y granulometría conforme se aleja de la falla Candelaria al W y desaparición completa al N.

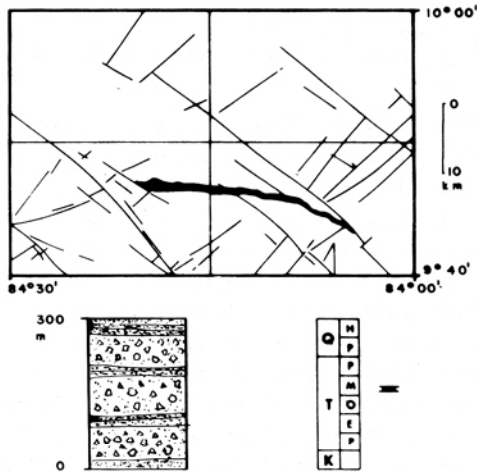


Fig. 12: Brechas verdes Coyolar: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbolología en Figs.1 y 4.

Litología

Consiste de varios paquetes m de brechas verdes con clastos de 2 a 40 cm flotando en una matriz arenosa. Tanto los clastos como la matriz son de tonalidades verdes y composición volcánica (basaltos y andesitas) y sedimentaria silíceea. La estratificación es maciza, lo cual se observa básicamente cuando están interestratificadas con areniscas. La frecuencia y espesor de las areniscas aumenta paulatinamente hacia el techo.

Localidad tipo

Se encuentran particularmente bien expuestas en la fila Coyolar (hoja Candelaria). La resistencia a la meteorización de este miembro, causó la formación de este rasgo topográfico destacante.

Espesor, extensión y forma

Se extiende como una delgada franja en la parte central de las hojas Caraigres y Candelaria. Su forma es acuñaada con un espesor máximo de 750 m al W terminado abruptamente contra la falla Quivel. Al E tiene un espesor de 300 m y termina abruptamente en la falla Jaris.

Relaciones estratigráficas

Su contacto inferior es gradual con la Fm. Pacacua (aprox. 100 m de transición). Su contacto superior con la Fm. Peña Negra es muy gradual, aumentando paulatinamente las intercalaciones arenosas. Se asume el límite superior de esta unidad con el último paquete macizo de 50 m de brechas. En el N esta unidad es ausente, existiendo contacto entre las formaciones Pacacua y Peña Negra.

Edad

Con base en la posición estratigráfica se considera que se formó entre el final del Mioceno Inferior e inicios del Mioceno Medio.

Estructuras sedimentarias y paleontología

Sólo se observó gradación positiva en estratos macizos, en la zona de transición con Peña Negra se observó laminación paralela, ondulada y convoluta y escasos moldes de bivalvos mal preservados.

Ambiente de depositación

La presencia de algunos moldes de bivalvos evidencian un ambiente marino, probablemente muy somero. Se interpreta que los flujos de detritos correspondientes a los paquetes de brecha, son de origen tectónico, efecto de la reactivación de la falla Candelaria.

Antecedentes

Fue incluida como parte de la subunidad "B" de Pacacua por Alfaro B., A. (1988), Arias (1988), Castillo, M. (1988), Denyer & Soto (1988), Gálvez

(1988), Gómez, M. (1988), Peraldo (1988), Rudín (1988), Salazar, G. (1988), Saravia (1988), Zárata (1988).

FORMACION PEÑA NEGRA

Anteriormente llamada Fm. Térraba o unidad superior de la Fm. Pacacua, pero de características litológicas distintas. Representa un período de relativa calma tectónica y volcánica donde la subsidencia fue constante producto de la pérdida de calor, posterior a los períodos de movimiento intenso, representado en las Brechas Verdes Coyoilar. Desde un punto de vista litológico es fácilmente diferenciable de Pacacua, representando además un ambiente sedimentario distintivo. Por lo anterior se considera, que debe separarse esta secuencia rocosa de la Fm. Pacuacua, quedando Pacacua en la forma en que fue definida por Castillo, R. (1969), es decir restringida a las vulcanoclastitas.

Ampliamente distribuida en la zona de estudio (Fig. 13), desde el N del homoclinal hasta los cerros de Escazú y el alto Tablazo donde se encuentra con metamorfismo de contacto. Lateralmente, hacia el W desaparece, presentándose sólo afloramientos esporádicos y discontinuos,

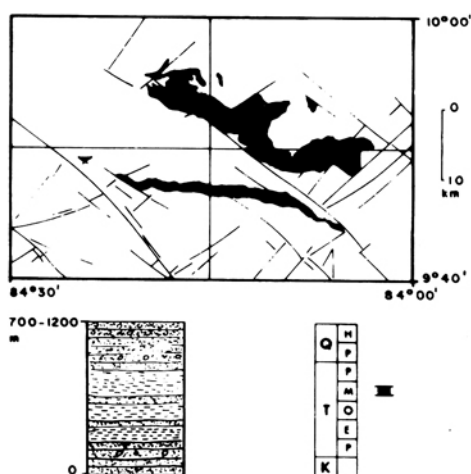


Fig. 13: Fm. Peña Negra: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

dejando la Fm. La Cruz directamente sobre la Fm. Pacacua. Esto se interpreta por escasa sedimentación en los bordes de la cuenca.

Estratigráficamente es lateral a la Fm. San Miguel. La sección superior de Peña Negra con características más volcánicas es un equivalente de las formaciones Coris y Turrúcares (p.e. al S de Bajo Arias y carretera Guaitil-La Cruz, hoja Caraigres; río San Francisco y río Jorco, hoja Candelaria) que no se han diferenciado por no ser lo suficiente típico y para no complicar más la nomenclatura estratigráfica de la región. Estratos (aprox. 1m) de caliza bioclástica intercalados con areniscas en la parte superior de esta Formación se encuentran al S de Bajo Chacones y en el río Jorco (hoja Candelaria), evidenciando la tendencia a la colmatación de la cuenca.

Un aspecto destacante en el NW de la Hoja Caraigres, es que esta Formación parece yacer sobre unas lutitas que se correlacionaron con el Miembro Tranquerillas, como se indicó al describir Tranquerillas la correlación de estas rocas no es absolutamente confirmada, por la meteorización intensa. Sin embargo de ser así evidenciaría un hiato desde el Oligoceno hasta el Mioceno Medio en este sector de la cuenca, el cual probablemente no estuvo tan influenciado por tectonismo.

Litología

La unidad inferior (200 m) es una secuencia de areniscas medias y finas pardas, con estratos dm. La sección media (500-700 m) son lutitas y areniscas finas negras (con pirita) en estratos cm y dm, con niveles concrecionales. Esporádicamente se intercalan estratos delgados (10 a 20 cm) de tobas.

En la unidad superior (200-300 m) se presentan intercalaciones gujarrosas y estratos calizos aislados, las areniscas se vuelven pardas de grano medio a grueso, mal estratificadas (dm o m) y con mucha influencia volcánica, incluso plagioclasas idiomórficas entre sus granos.

Localidad tipo

Se define como la sección tipo los afloramientos de la localidad conocida como Peña Negra, margen

derecha del río Jorco (hoja Candelaria, coordenadas 196,4N/506,2E) que aunque no aparece en el mapa 1:50 000, es sumamente conocida por los habitantes de la zona, e incluso existen leyendas respecto al sitio (Denyer, 1988).

Otras localidades con buenos afloramientos se pueden encontrar en el río San Francisco y la quebrada Doña Isabel (hoja Candelaria), en el camino Resbalón-Cangrejal y la población y el río La Mesa (hoja Carraigres), hacienda El Rodeo y el camino de Tinamaste a Piedras Negras (hoja Río Grande).

Espesor, extensión y forma

Se extiende en toda la región. Su espesor es de 1 200 m y su forma es tabular. Desaparece hacia el W, acunándose en asocio al fallamiento existente.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace concordantemente y en contacto gradual a las Brechas verdes Coyolar, o bien en forma concordante pero brusca a la Fm. Pacagua. En un afloramiento ubicado al NW de la hoja Carraigres esta Formación yace sobre el Miembro Tranquerillas (hiato?).

Es lateral a la Fm. San Miguel. Sobreyacida y equivalente lateral no diferenciado de la Fm. Corís y la Fm. Turrúcaes. Se considera que esta Fm. tiene carácter diacrónico. Está sobreyacida en discordancia y discontinuidad litológica por las formaciones Grifo Alto, Lavas Intracán, Depósitos de Avalancha Ardiente.

Edad

Mioceno Medio, con base en Todd (en: Krushensky, 1972); Fischer (en: Rivier, 1979), Sprechmann (en: Tejera, 1983; Alvarado, M., 1982; Obando, 1983); Carvajal & Aguilar, T. (en: Gálvez, Salazar, G. & Rudín, 1987); Steinberg (en: Aguirre, Moore & Herrera, I., 1988); M. Castillo (dataciones inéditas en coordenadas 206.25N/532.75E y 205.2N/532.1E). Una referencia de edad Eoceno de C. Rodríguez (en: Peraldo, 1988) se interpreta como el retrabajo clastos de las calizas de Parritilla.

Estructuras sedimentarias

Laminación paralela
estructuras de carga (unidad media)
concreciones con material bituminoso en fracturas
laminación inclinada de bajo ángulo (parte superior)
rizaduras de oleaje en la base

Paleontología

Con base en Rivier (1979) y Denyer & Soto (1988) se da la siguiente lista:

foraminíferos y radiolarios
bivalvos
gasterópodos
erizos (fragmentos)
pez fósil
diente de tiburón

Nota: El pez fósil fue localizado por un grupo de estudiantes del curso de Geología de Campo II en 1988: H. Flores, E. Hernández y E. Vega, en las coordenadas 211.1 N/ 510.3E. El fósil se extrajo y se encuentra en el Museo de Paleontología de la UCR. Corresponde con un *Osteichthyes Teleostei*, *sensu* T. Aguilar (com. esc., 1988) y A. Cione (com. esc., 1989).

Ambiente de depositación

La sedimentación principalmente de la parte media estuvo dominada por periodos anóxicos, en una cuenca marina protegida (plataforma interna) y escasa influencia de mareas. Localmente pudo haber influencia del continente cerca de la desembocadura de ríos. Sin embargo, la homogeneidad litológica hace pensar en redepositación de sedimentos procedentes de cuencas más alejadas. La subsidencia fue a velocidad constante y fue un período sin actividad volcánica significativa. Lo anterior se hizo tomando en cuenta las conclusiones de Rivier (1979), Alvarado, M. (1982), Obando (1983) y Denyer & Soto (1988).

Aspectos económicos

Las rocas de esta Formación se usan con buenos resultados como agregado en la construc-

ción de caminos vecinales, con la ventaja que su fisibilidad causa que no sea necesario el uso de quebrador y que no se requiere de maquinaria excesivamente pesada para su extracción.

Antecedentes

Algunas rocas mencionadas por Romanes (1912 a) pueden correlacionarse con esta Fm. Schaufelberger (1935) cita las areniscas del Tablazo. Haas (1942) indica una edad Mioceno para rocas que parecen pertenecer a esta Formación Crosby (1945) y Dengo & Chaverri (1951) se refieren a rocas y localidades donde afloran estas secuencias. Dóndoli (1954) las incluye en la Fm. Calcáreo-arenisca del Cenozoico Inferior-Mioceno. Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960) sintetizan las formaciones Calcáreo-arenácea y Desamparados.

Malavassi, E. (1965) se refiere a 1 300 m de lutitas o margas negras de Turrúcares pertenecientes a la Fm. Térraba, ídem (1967) cita las lutitas negras de la hoja Candelaria. Dóndoli & Chaves (1968) usan la nomenclatura de Fm. Piedras Negras en que incluyen parte de Pacacua y otras formaciones, no se encontraron descripciones de ésta, sin embargo.

Castillo, R. (1969, 1970) correlaciona y cartografía la Fm. Térraba (Oligoceno) en el Valle Central, con 1 200 m de espesor, subyaciendo a las Fms. Turrúcares y San Miguel y sobreyaciendo discordantemente a la Fm. Pacacua. Krushensky (1972) en rocas atribuidas a la Fm. Pacacua en la hoja Istarú da dataciones del Mioceno Medio/Inferior. Berrangé (1977) describe la Fm. Térraba en la hoja Tapantí, donde describe microfauna Mioceno Inferior-Mioceno Medio. Castillo, R. & Krushensky (1977) cartografían 1:50 000 la Fm. Térraba en la hoja Abra.

Rivier (1979) usa la terminología de unidad superior de la Fm. Pacacua con un espesor de unos 350 m. Tejera (1983) indica una edad Mioceno Medio basal. Fischer (1981) menciona que la descripción original de la Fm. Térraba no corresponde con las rocas expuestas en el Valle Central. Diversos autores describen y cartografían esta Fm., ya sea como parte de Pacacua o de la Fm. Térraba, Por ejemplo: Madrigal, O. (1975), Chávez, J. (1976), Rojas (1976), Herrera, J. (1977),

Alán (1978), Avila, M. (1984), Alfaro B., A., Gómez, M. & Zárate (1987); Arias, Peraldo & Saravia (1987); Gálvez, Salazar, G. & Rudín (1987); Arredondo, Hernández, S. & Madrigal, J. (1988); Cerdas, Esquivel & Muñoz (1988); Flores, Hernández, E. & Vega (1988); Molina, Salazar, M. & León (1988).

Krushensky, Malavassi, E. & Castillo (1976 a-b); Bergoeing, Malavassi, E. & Jiménez (1980) MIEM (1982); Mora & Brenes (1984); Denyer & Montero (1988) agrupan esta Fm. en mapas regionales.

Alvarado, M. (1982) hace varias columnas sedimentológicas de esta Fm. y la Fm. Pacacua, concluyendo una génesis en una plataforma continental (deltaico), indica dataciones Mioceno Medio-Mioceno Superior. Obando (1983) bajo el nombre de Fm. Pacacua describe una secuencia de 1 500 m e incluye una datación del Mioceno Medio.

Sprechmann (1984) propone eliminar la Fm. Térraba del Valle Central e incluir estas secuencias dentro de la Fm. Pacacua. En la Campaña Geológica de febrero de 1988 Arias (1988), Gálvez (1988), Peraldo (1988) y Saravia (1988) la cartografían bajo el nombre de sub-unidad "C" de la Fm. Pacacua. Denyer & Soto (1988) presentan una síntesis de la información anterior.

Referencias clave

- Malavassi, E. (1965, 1967)
- Castillo, R. (1969, 1970)
- Rivier (1979)
- Sprechmann (1984)

FORMACION TURRUCARES

Esta Formación aflora en el cuadrante NE, hoja Río Grande (Fig. 14). Corresponde más con una unidad bioestratigráfica que litoestratigráfica. La relevancia que ha mantenido como localidad fosilífera desde principios de siglo ha sido la razón para mantener su vigencia dentro del cuadro estratigráfico del Valle Central.

Desde un punto de vista estratigráfico es un equivalente lateral de Coris. Además, podría correlacionarse con litologías encontradas en la parte

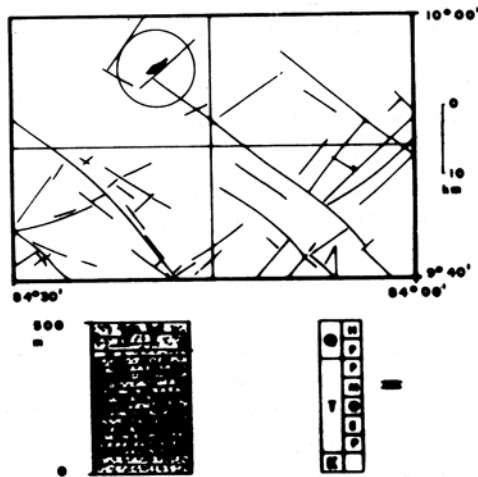


Fig. 14: Fm. Turrúcares: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

superior de la Fm. Peña Negra, que los autores no diferenciaron por considerar que no eran lo suficientemente característicos, además representan las facies de colmatación de la cuenca. Por ejemplo, conglomerados y areniscas calcáreas fosilíferas y calizas muy similares a lo definido como Fm. Turrúcares, pero muy locales, pueden observarse en la hoja Candelaria cerca del Bajo Chacones y río Jorco, en la hoja Carraigres sobre el camino La Cruz-Guatil y al S de Bajo Arias y en la hoja Río Grande cerca de Quebradas, El Pito y Agüero. Herrera, J. (1977) describe también rocas similares en la hoja Río Grande. Todos estos afloramientos fueron incluidos como la unidad superior de la Fm. Peña Negra.

Tomando en cuenta las relaciones estratigráficas del afloramiento aislado de la Fm. Coris cerca del poblado Pito y la transición de la sección superior de la Fm. Peña Negra a areniscas vulcanoclásticas (p.e. la zona de quebrada Guatil al Resbalón, hoja Carraigres) se concluye que la Fm. Turrúcares es un equivalente lateral de la Fm. Coris. Esto corresponde con el esquema estratigráfico presentado por Rivier (1979), las consideraciones de Fischer & Franco (1979) y las dataciones de Fischer (1985).

Litología

Consiste de estratificaciones dm a m de areniscas bioclásticas y vulcanoclásticas con capas de conglomerado ocasionales y tobas intercaladas, culminando con areniscas que contienen corales arrecifales.

Localidad tipo

Flanco E de los cerros Turrúcares, NE hoja Río Grande (Castillo, R., 1969), cabe destacar que estos cerros no corresponden al nombre utilizado, según los mapas recientes del Instituto Geográfico Nacional. Las secciones medidas más detalladas son las de Fischer (1985) por lo que se considera deben usarse como perfil tipo (coordenadas 213.2N/502.1E, hoja Río Grande).

Espesor, extensión y forma

Existe controversia respecto al espesor de esta Fm. (ver antecedentes). Con base en la definición de Castillo, R. (1969), las descripciones de Fischer (1981, 1985) y los mapas geológicos de Montero (1974) y Piedra (1979) se considera que la Fm. Turrúcares tiene un espesor máximo de 500 m, el cual disminuye considerablemente hacia el NE. Tiene forma lenticular y su extensión cartografiada no sobrepasa los 5 km de extensión lateral.

Relaciones estratigráficas

El contacto inferior es concordante y gradual con la Fm. Peña Negra. Es sobreyacida concordantemente por la Fm. La Cruz. Es un equivalente de la parte superior de la Fm. Peña Negra y lateral a Coris.

Edad

Diversos autores han hecho referencia a la edad de esta Fm. (ver antecedentes). Se considera que los datos más completos y actualizados corresponden a Fischer (1985), el cual le asigna una edad Mioceno Inferior cuspidal al Mioceno Superior alto. Tomando en cuenta la estratigrafía regional y que en la zonación de foraminíferos

encontrados por *ibid.* pueden haber incluido muestras de la Fm. Peña Negra, los autores consideran que el ámbito cronoestratigráfico de la Fm. Turrúcares debe considerarse del Mioceno Medio al Mioceno Superior.

Estructuras sedimentarias

Son escasas, pues probablemente la bioturbación borró gran parte de ellas. Incluso la estratificación es difusa. A veces se distinguen gradación positiva y laminación.

Paleontología

Este aspecto es detallado por los siguientes autores: Alfaro G., A. (1911), Williams (1952), Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960), Woodring & Malavassi, E. (1961), Malavassi, E. (1961 a), Durham (1961), Kruckow & Gómez, L. (1974), Fischer (1985). Con base en los cuales se hace la siguiente lista:

- foraminíferos
- gasterópodos
- bivalvos
- equinodermos
- cirrípedos
- cangrejos
- corales coloniales ramificados
- algas

Ambiente de depositación

Fischer (1981, 1985) concluye que el ambiente fue de salinidad normal, temperatura tropical, una costa rocosa no demasiado distante, con alternancia de la tasa de sedimentación, con sustrato arenáceo estable con alta porosidad y ventilación, una alta oferta de nutrientes, poca turbidez, escasa iluminación y una profundidad aproximada de 80-90 m.

Antecedentes

Alfaro G., A. (1911) y posteriormente Crosby (1945) citan la localidad fosilífera al S de Turrúcares. Williams (1952) menciona entre otras litologías que afloran en el flanco S de los cerros Turrúcares lutitas calcáreas y silíceas con calizas

subordinadas. Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960) se refieren al banco de Pécten (Oligoceno Superior-Mioceno) en el área de Turrúcares y hacen referencia a una publicación de Lohman de 1934.

Durham (1961) describe equinoideos del Mioceno recolectados por E. Malavassi; al SSE de Turrúcares. Según Woodring & Malavassi, E. (1961) la sección Miocena en la localidad de Turrúcares consiste de areniscas, tobitas y areniscas fosilíferas incluyendo capas conglomerádicas y conteniendo moluscos, cirrípedos y equinoideos. Malavassi, E. (1961 a) da una lista de fósiles encontrados 2,9 Km SSE de Turrúcares y describe una sección de 142 m del Mioceno Inferior. Brenes (1967) cartografía a escala 1:25 000 esta Formación y la denomina serie sedimentaria marina Oligoceno Inferior-Mioceno Medio.

Castillo, R. (1969, 1970) nombra formalmente la Fm. Turrúcares con un espesor de 200 m y una edad Mioceno Inferior, constituida por areniscas conglomerádicas y capas conglomerádicas, con areniscas en la base, el contacto inferior discordante con la Fm. Térraba y el superior no muy claro, probablemente cubierta por la Fm. Coris y cobertura de la Fm. Aguacate. Montero (1974) incluye litologías volcánicas diversas, no encuentra relación clara con el Grupo Aguacate, el espesor es de 610 m y es concordante con la Fm. Térraba, la edad varía del Mioceno Inferior al Mioceno Medio. Piedra (1979) cartografía y le asigna una edad Mioceno Medio.

Kruckow & Gómez, L. (1974) se basan en la presencia de algas para probar la conexión Pacífico-Caribe durante el Mioceno. Díaz (en: Sprechmann, 1984) y Sprechmann (1984) resumen las principales características de esta Fm. Bergoing, Malavassi, E. & Jiménez (1980) incluyen esta Fm. en mapas 1:100 000. MIEM (1982) y Sáenz & Gamboa (1984) agrupan esta unidad con Pacacua y Coris.

Fischer (1985) detalla la macrofauna y con base en dataciones con foraminíferos considera que la depositación se inició en el Mioceno Inferior cuspidal y terminó en el Mioceno Superior alto, constituida por 100 m de material bio y vulcanoclástico culminando con areniscas carbonáticas que contienen corales arrecifales (*ídem*, 1981).

Publicaciones clave

Castillo, R. (1969, 1970)
Fischer (1985)

FORMACION SAN MIGUEL

Se utiliza esta nomenclatura por ser la más aceptada (p.e. Carballo & Fischer, 1978 y Sprechmann, 1984). Aunque se ha denominado con muchos nombres y variaciones de éstos desde 1898.

Aflora en el cuadrante SE de la hoja Abra (Fig. 15). Se visitaron varios tajos, al S de San Miguel, Loma Salitral, N de Quebrada Honda, SW de Guatuso y varias canteras en el anticlinal de Patarrá, así como algunos afloramientos en la hoja Istarú. En cada uno de estos la caliza, objeto de explotación, se encuentra muy bien expuesta al igual que las rocas sobreyacentes (Coris). No pasa lo mismo con las rocas infrayacentes, en que su posición espacial implica que los detritos de la explotación las recubren.

La base de esta Formación se pudo apreciar al S de Loma Salitral (hoja Abra) y las canteras

cerca a Bermejo y Alto Coris (hoja Istarú), donde se comprobó la similitud litológica con la Fm. Coris sobreyacente. Si bien es cierto, en la base de San Miguel no existen bancos gruesos de areniscas cuarzosas, no es posible distinguir litológicamente ambas secuencias (superior e inferior a San Miguel). Por lo tanto, se considera que la Fm. San Miguel representa un evento de cambio brusco de las condiciones de sedimentación y vulcanismo presentes durante la depositación de la Fm. Coris. La similitud entre las rocas supra e infrayacentes ya fue destacada por Alfaro G., A. (1913) y Romanes (1912 a). Valga destacar que el estado actual de la explotación de la cantera La Chilena (hoja Tapantí) impidieron observar los conglomerados descritos por Umaña & Escalante (1962) subyaciendo las calizas. Por lo anterior se coloca a la Fm. San Miguel como un lente intercalado en la secuencia de la Fm. Coris.

Las lutitas y/o areniscas finas negras que se pueden observar en la fábrica de cemento Del Valle (SW de Guatuso hoja Abra) o bien en el río Salitrillo corresponden más bien con facies laterales de las calizas en su transición a la Fm. Peña Negra que se desarrolló al W y SW de las calizas de la Fm. San Miguel.

Valga recalcar, que los mejores afloramientos actuales se encuentran en los flancos del anticlinal de Patarrá. Los afloramientos rocosos al N del pueblo de Quebrada Honda y Alto Coris están muy mal expuestos y muy cercanos a fallas NE y NW.

Litología

Formada principalmente por calizas bioclásticas. Localmente se pueden observar calizas cristalinas y calizas nodulares, muy escasamente. Existen intercalaciones que no sobrepasan 1 m de areniscas gujarrosas, esporádicas vulcarenitas, y lutitas tobáceas son observables. Carballo & Fischer (1978) mencionan además, arenisca conglomerádica y conglomerado brechoide.

Localidad tipo

No es clara su ubicación en la descripción de Hill (1898). Se presume que corresponde con los tajos ubicados aprox. 1 km al SSW de San Miguel

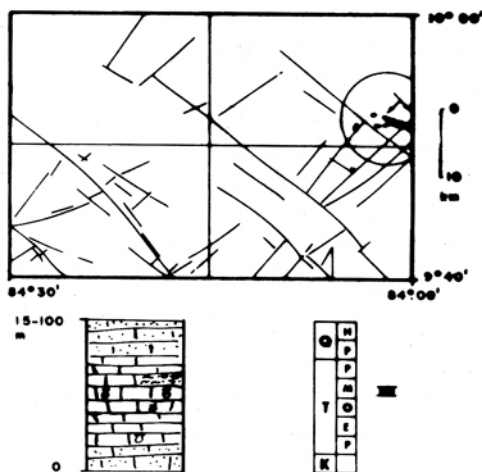


Fig. 15: Fm. San Miguel: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

Sin embargo, los mejores afloramientos actuales se pueden observar en las canteras existentes en ambos flancos del anticlinal de Patarrá entre el río Damas y la quebrada Honda, por lo que esta localidad debe ser considerada hipoestratotipo.

Espesor, extensión y forma

Se han asignado diversos espesores a esta Fm. (ver antecedentes). Se considera que varía entre 15 m en los afloramientos más occidentales hasta unos 100 m en afloramientos en La Chilena (Fábrica Nacional de Cemento, hoja Tapantí). Espesores reportados de 190 m por otros autores, deben ser causados por el fallamiento identificado por Umaña & Escalante (1962). La forma es acuñada, engrosándose al E. Considerando los afloramientos en las hojas Abra, Istarú y Tapantí, esta Formación se depositó sobre una extensión de unos 20 km².

Relaciones estratigráficas

Está subyacida concordantemente, con una transición de 10 a 15 m por la Fm. Coris. Está sobreyacida concordantemente por la Fm. Coris en contacto que puede ser transicional (aprox. 15 m) o bastante brusco.

Edad

Considerando los datos más actualizados al respecto (Carballo & Fischer, 1978) y su correspondencia con las relaciones estratigráficas regionales se concluye una edad Mioceno Inferior-Mioceno Medio.

Estructuras sedimentarias

La estratificación normalmente es difícil de observar por la confusión con el fracturamiento. Por lo que se mide de acuerdo a la posición de los péctenes. Cuando es posible distinguir los estratos son paquetes gruesos m, salvo intercalaciones dm de areniscas o lutitas.

Según Carballo & Fischer (1978) se distinguen las siguientes estructuras:
estratificación masiva
estratificación "flaser"

grietas de desecación
orientación de fósiles
lentes de lutitas o areniscas
gradación positiva
superficies de corrosión

Paleontología

Según diversos autores que estudiaron este aspecto (ver antecedentes) se encuentran los siguientes fósiles:

foraminíferos
bivalvos (péctenes y otros)
gasterópodos
cirrípedos (*Megabalanus*)
tenazas de cangrejos
equinodermos
algas
perforaciones de poliquetos
esponjas
colonias de briozoos

Ambiente de depositación

Carballo & Fischer (1978) concluyen que el ambiente fue de salinidad normal, temperatura tropical, lejos de tierra firme, turbulento, con una tasa de sedimentación rápida que se interrumpía ocasionalmente, somero hasta emergido y limpio. Sprechmann (1983) considera necesario la existencia de un flujo de corrientes, lo cual es corroborado por la presencia de una extensa red de canales submarinos con migración lateral.

Aspectos económicos

Su importancia estratigráfica es superada por el papel relevante en la industria nacional, por lo menos desde el siglo pasado. Tanto como materia prima de cal y cemento, como ornamental, incluso su explotación dió inicio a cierta especialización artesanal de la comunidad de Patarrá, donde actualmente incluso se traen lavas de Paraíso y otras localidades para su manufactura y posterior utilización ornamental.

Antecedentes

Las primeras menciones en la literatura datan de 1855 (Wagner & Scherzer, 1974), quienes

describen una "piedra calcárea" con petrificaciones de conchas. Hill (1898) describe las "calizas azul-negras" y se refiere a ellas como "The San Miguel Beds" en una localidad cerca a San Miguel y Desamparados. Escribe que los péctenes son similares a los del Terciario, aunque los rudistas e inoceramus indican una edad Cretácica.

Romanes (1912 a) visitó varias canteras y menciona que los "balani" indican una edad Terciario. La relación estratigráfica de las "rocas de cal de Patarrá" incierta respecto a las rocas de "molejón", fue expuesto por Alfaro, A. (1913). Redfield (1923) sintetiza trabajos anteriores incluyendo comentarios de Karl Sapper de 1900, 1904 y 1905. Utilizando el nombre de Fm. San Miguel, Branson (1928) describe estas rocas probablemente del Eoceno, con un espesor de 100 a 200 pies.

Schaufelberger (1934) cita el "banco de pécten" sobreyacido por areniscas y margas con carbón y subyacido por areniscas y margas. Idem (1935) ubica las "cales de Patarrá" en el Oligoceno-Mioceno Inferior. Algunos péctenes que describe Olsson (1942) del Mioceno (Medio?) parecen corresponder a esta Fm. Dóndoli (1954) agrupa estas rocas junto con Fm. Coris en la Fm. Calcáreo-arenácea. Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960) resumen la nomenclatura estratigráfica usada.

Fernández, M. & Madrigal, R. (1960) usan indistintamente caliza de San Miguel o de Patarrá. Aceptan la datación de Lohman de 1934 como Mioceno Inferior, ubican los tajos en el anticlinal de Patarrá. Fernández, M. (1965) mide un espesor de 4 a 11 m de caliza más 100 m de areniscas en Patarrá. Umaña & Escalante (1962) cubican las calizas de la finca La Chilena, mostrando varios perfiles y columnas. Malavassi, E. (1965) reporta el Mioceno Medio al S de Cartago. Escalante (1966) agrupa las calizas con la Fm. Coris en la "Fm. no denominada de calizas y areniscas del Mioceno Medio". Castillo, R. (1967) expone las características económicas, ídem (1969) presenta mapas geológicos e indica el contacto inferior concordante con la Fm. Térraba. Gómez, L. (1973) cita la presencia de algas. Kruckow & Gómez, L. (1974) usan estas algas para sugerir la conexión Pacífico-Caribe durante el Mioceno, através del Valle Central.

Cartografiados geológicos que muestran estas rocas son p.e. Krushensky (1972), Morales (1975), Carballo (1977), Franco (1977), Granados (1977), Malavassi, L. (1977). Berrangé (1977) describe espesores de 100 m sobreyaciendo a la Fm. Pacacua y yaciendo concordantemente sobre la Fm. Térraba, con una edad de las calizas del Mioceno Medio. Castillo, R. & Krushensky (1977) incluyen esta Fm. en la hoja Abra. Bergoing, Malavassi, E. & Jiménez (1980) la incluyen en mapas 1:100 000. MIEM (1982) y Sáenz & Gamboa (1984) agrupan varias unidades en los mapas geológicos 1:200 000 y su explicación.

Carballo (1978) describe esta Fm. con espesores entre 20 y 190 m por depositación en una superficie tectónicamente ondulada. Carballo & Fischer (1978) utilizan 29 secciones medidas, describen la paleontología y litología considerando una edad Mioceno Inferior tardío-Mioceno Medio. Alán (1979) hace un mapa del antidual de Patarrá. Fischer (1981) la ubica dentro del cuadro paleogeográfico del Mioceno de CR. Sprechmann (1983) comenta aspectos de las comunidades faunísticas. A. Gómez (en: Sprechmann, 1984) resume las principales características estratigráficas.

Publicaciones clave

Hill (1898)
Castillo, R. (1969)
Carballo & Fischer (1978)
Alán (1979)

FORMACION CORIS

La secuencia rocosa que constituye la Fm. Coris aflora en el cuadrante S de la hoja Abra, el cuadrante NE de la hoja Carraigres y un afloramiento de ortocuarcitas, a primera vista aislado en la hoja Río Grande (Fig.16). Además, cabe mencionar exposiciones de esta fm. en el SW hoja Istarú y NW de hoja Tapantí.

En general, los afloramientos no son muy buenos. La meteorización sumada al tipo litológico, dificultan el trabajo geológico. Pueden observarse exposiciones de esta unidad geológica en el flanco S de Loma Salitral. Altos Tablazo 2

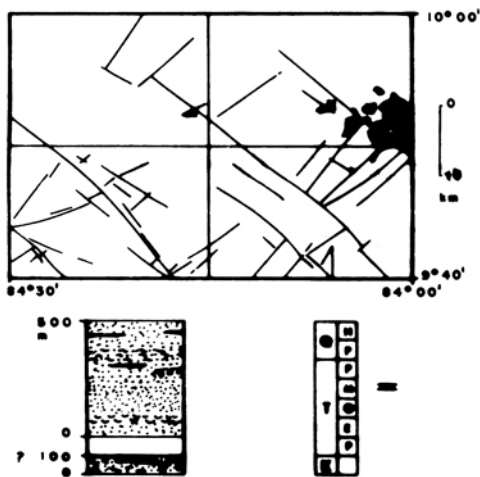


Fig. 16: Fm. Coris: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

km al SW de San Miguel, Quebradillas, Quebradas y en las cercanías de Guatuso y Quebrada Honda (hoja Abra), Bermejo y Alto Coris (hoja Istarú), la Fábrica Nacional de Cemento (hoja Tapantí).

Cerca del Alto Tablazo, estas rocas se confunden por el metamorfismo de contacto por lo que se les incluye como Cornubianitas de Escazú, esto es descrito por Obando (1983). Hacia el W, cerca de San Rafael Arriba y San Juan de Dios (hoja Abra) los afloramientos son poco típicos, teniendo las últimas representaciones al S de Alajuelita, entre Poás y San Antonio.

Se considera que en el NW de hoja Candelaria la sección superior de la Fm. Peña Negra es un equivalente lateral. Sin embargo, sólo se diferenció cuando su expresión litológica es típica para que la litoestratigrafía responda a unidades con sentido práctico y fácil reconocimiento. No se encontraron estos tipos litológicos en los cerros de Escazú, lo cual corresponde con Rivier (1979) y Fischer (1981).

Las ortocuarcitas, rocas más típicas de esta Formación sólo se encuentran en paquetes densos y métricos sobreyacentes a la Fm. San Miguel. Aparte de ésto, la litología sobreyacente y subyacente a las calizas de San Miguel es muy similar

y difícil de diferenciar, excepto utilizando San Miguel como capa guía, lo cual no es recomendable considerando el acuífamiento lateral de San Miguel. Por esto, los autores usan la nominación de Coris tanto para las rocas sobreyacentes como subyacentes a la Fm. San Miguel. Valga decir además, que existe desconocimiento de la base de la Fm. Coris bajo San Miguel. Ninguna sección profundiza lo suficiente, probablemente esto se pueda estudiar al E, en las hojas Tapantí e Istarú.

Litología

Ortocuarcitas o areniscas cuarzosas que afloran en bancos masivos de varios m de espesor. Son las rocas más típicas. Sin embargo, con mayor distribución y abundancia se encuentran intercalaciones de vulcarenitas, conglomerados, tobas, lutitas carbonosas y lignito.

Localidad tipo

Castillo, R. (1969) se refiere en forma general al Alto Coris, por lo que Fischer & Franco (1979) proponen un perfil a lo largo del camino entre Río Azul y San Diego de Tres Ríos, subiendo el Alto Coris (Franco, 1978), el cual se ubica en las coordenadas 207.4N/535.8E en la hoja Abra.

Por las condiciones de exposición Fischer & Franco (1979) proponen el uso de 3 perfiles de referencia:

- Cantera de Fábrica Nacional de Cemento en Agua Caliente de Cartago (hoja Tapantí)
- Tajo de CARBOCAL, al W de Valverde (hoja Abra)
- Carretera de Higuito al Alto Tablazo (hoja Abra)

Espesor, extensión y forma

Considerando los afloramientos de las hojas Carraigres, Istarú y Tapantí esta Fm. se extiende irregularmente sobre un área de unos 30 km². Además, hay un afloramiento de la hoja Río Grande con una extensión de menos de 1 km².

La forma general es tabular con cierto acuífamiento hacia el W cerca de Alajuelita y Poás. Se considera que alcanza un espesor cercano a

500 m entre Quebrada Honda y Quebradillas. Sin embargo, a este respecto hay divergencia entre los diferentes autores (ver antecedentes).

Relaciones estratigráficas

El contacto superior es concordante con la Fm. La Cruz (Grupo Aguacate), lo cual corresponde con Franco (1978) y Fischer & Franco (1979). Los contactos superior e inferior con la Fm. San Miguel son transicionales, el espesor de la transición no sobrepasa los 15 m. El contacto inferior no es claro por falta de erosión suficiente que lo muestre en algunas partes y por estar afectado con metamorfismo de contacto en otros lugares. Se considera transicional con la Fm. Peña Negra. No se descarta completamente un contacto con el Miembro Tranquerillas que estaría separado por una laguna o un hiato. Lateralmente es un equivalente cronoestratigráfico de la parte superior de la Fm. Peña Negra y de la Fm. Turrúcares.

Edad

El esquema cronoestratigráfico regional es coherente con la proposición de Fischer & Franco (1979) al asignarle Mioceno Medio-Mioceno Superior.

Estructuras sedimentarias

La estratificación no es muy clara en los bancos gruesos m de ortocuarcita. Es mucho más evidente cuando hay lutitas carbonosas o tobas que normalmente exhiben estratificación dm. Entre los autores que citan estructuras, están Castillo, R. (1969), Franco (1978), Fischer & Franco (1979), con base en los cuales se confecciona la siguiente lista:

laminación paralela, bidireccional e inclinada de bajo ángulo
rizaduras de oleaje
bioturbación
concreciones

Paleontología

Foraminíferos
bivalvos

gasterópodos
icnofósiles

Ambiente de depositación

Según Fischer & Franco (1979) el ambiente varía de litoral a terrestre con facies volcánicas bien establecidas.

Aspectos económicos

Se comenta siempre respecto a su utilidad en la fabricación de vidrio. Sin embargo el uso tradicional ha sido como abrasivo, denominado "molejón" o "piedra de amolar" y es frecuente observar los bloques preparados para su venta en el mercado y uno que otro rótulo improvisado que los ofrece al viajero, en las poblaciones cercanas a los mejores afloramientos. Otro uso frecuente es el de piedra ornamental y como refractario en hornos usados en la zona para la producción de cal.

Antecedentes

Romanes (1912 a) señala que las margas y areniscas forman una faja entre la Caliza de San Miguel en la localidad de Patarrá indicando que lo más probable es que sobreyacen las calizas. Ubica los mejores afloramientos cerca de Higuito, constituidos por una arenisca de fragmentos angulares de cuarzo con algo de feldespatos y vidrio volcánico devitrificado, cementados con óxido de hierro e intercalaciones de lutita carbonosa con un espesor total de 2 300 pies.

Alfaro G., A. (1913) cita rocas de "molejón" al SW de la Carpintera, Patarrá e Higuito. Argumenta la posición estratigráfica respecto a las calizas. Redfield (1923) utiliza el nombre de Fm. Desamparados para areniscas y margas con edad Cretácico o Eoceno. Branson (1928) describe la Fm. Cartago sobreyaciendo a la Fm. San Miguel con un espesor mayor a 1000 pies. Schaufelberger (1934) ubica areniscas y margas con carbón sobre el "banco de pécten" y areniscas y margas subyaciéndolo. Idem (1935) cita las areniscas del Tablazo del Oligoceno-Mioceno Inferior.

Suárez & Malavassi, E. (1953) cartografían el "molejón" y areniscas (SE hoja Abra). Dóndoli (1954) agrupa estas rocas con otras unidades en la

Fm. Calcáreo-arenácea. Fernández, M. & Madrigal, R. (1960) indican 830 m de areniscas silíceas sobre las calizas. Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960) presentan un sumario de las diferentes terminologías usadas. Umaña (1966) nombra la "serie calcáreo arenácea" del Mioceno Medio al NE de Orosi. Fernández, M. (1965) evalúa algunos tajos de arenisca de cuarzo. Escalante (1966) se refiere a la "Fm. no denominada de calizas y areniscas (Mioceno Medio)". Castillo, R. (1967) indica la importancia económica de la Fm. Coris. Dóndoli & Chaves (1968) nombran la Fm. Alto Coris constituida por depósitos marinos parálidos con facies de caliza.

Castillo, R. (1969) usa el nombre de Fm. Coris al describir 380 m de arenisca cuarzosa, lutita y lignito sobreyaciendo a la Fm. San Miguel.

Diversos autores presentan mapas geológicos que incluyen esta Fm., p.e.: Krushensky (1972), Morales (1975), Madrigal, O. (1975), Berrangé (1977), Carballo (1977), Castillo, R. & Krushensky (1977), Castro (1977), Franco (1977), Granados (1977), Malavassi, L. (1977), Obando (1983), Alvarado, F. (1984), Aguilar, A. (1984). Algunos autores la agrupan con otras unidades en mapas regionales como Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976 a-b); Bergoeing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); MIEM (1982) y Sáenz & Gamboa (1984); Denyer & Montero (1988).

Granados (1977) con base en datación de R. Fischer le asigna una edad Mioceno Medio. Franco (1978) hace 21 secciones medidas y considera su contacto superior concordante con Aguacate. Fischer & Franco (1979) describen detalladamente la litología y paleontología y consideran que la Fm. es tabular con un espesor de 390 m y una edad Mioceno Medio-Mioceno Superior. Fischer (1981) indica que está interdigitada con Pacacua. D. Pizarro (en: Sprechmann, 1984) resume las características estratigráficas.

Publicaciones clave

Castillo, R. (1969)
Fischer & Franco (1979)

GRUPO AGUACATE

Ha existido confusión tanto en cuanto a la litología como respecto a la distribución, edad y rango estratigráfico de esta unidad. Cada litología volcánica Terciaria que se encuentra se adiciona a esta unidad geológica, no existiendo claridad en cuanto a la utilidad taxonómica de esta unidad dentro del cuadro estratigráfico del país. Vale la pena destacar los atinados comentarios de Alvarado, G. (1984) y Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984) tratando de dar criterios de reconocimiento el primero, y ordenando la ubicación espacial y temporal dentro de un esquema estratigráfico regional, los segundos.

En el transcurso del trabajo de campo que realizaron los autores, fue resaltando el concepto de que una parte de toda esta "masa de rocas volcánicas" es concordante con las secuencias sedimentarias. Otros autores que habían mencionado este hecho son: Malavassi, E. (1967), Franco (1977) y Fischer & Franco (1979).

Montero (1974) reconoce cierta concordancia. Esto mismo fue sugerido por M. Alán (com. pers., 1988). En el mapa de afloramientos presentado por Aguirre, Herrera, I. & Moore (1988) se observa correspondencia neta en la inclinación de las tobas y fluidez de lavas, con el buzamiento de las secuencias sedimentarias.

Sin embargo, a juicio de los autores, el concepto más tradicional de considerar la cobertura volcánica del final del Terciario discordante y subhorizontal también es correcto, p.e. Berrangé (1977) distingue lavas horizontales más jóvenes. Existe entonces un vulcanismo post-basculamiento, el cual, en términos generales cubre horizontalmente las secuencias anteriores.

Considerando la hipótesis de trabajo anteriormente expuesta se mapearon ambas unidades. Al principio con mucha dificultad por la falta de criterios litológicos. Una vez superado esto, resultó más fácil utilizar el concepto en áreas extensas. Con la ventaja de no sólo cartografiar una unidad litológica, sino también se delimita el plano de discordancia correspondiente al límite Mioceno-Plioceno.

La unidad litoestratigráfica inferior se ha denominado Fm. La Cruz, la cual yace concordantemente sobre la secuencia sedimentaria. La Fm.

Grifo Alto sobreyace discordantemente a la Fm. La Cruz y otras rocas pertenecientes a las formaciones Pacacua y Coris. Ambas formaciones conforman el Grupo Aguacate en el Valle Central. Es decir, en este grupo se incluye el volcanismo, principalmente Neógeno, anterior al emplazamiento de los estrato volcanes de la Cordillera Volcánica Central.

Antecedentes

Attwood (1882) describió algunas minas de oro y plata en los Montes del Aguacate e indica que los diques y las mineralizaciones tienen direcciones preferentes N-S y NE-SW. Romanes (1912 a) se refiere al "complejo volcánico de los Montes del Aguacate" o "Serie del Aguacate", describiendo rocas de carácter andesítico con vesículas rellenas con estructuras "esferolíticas", que probablemente correspondan con amígdalas. Menciona la localidad de los Montes del Aguacate y la confluencia de los ríos Virilla y Río Grande. Redfield (1923) menciona flujos de andesita piroxénica en los cerros de Candelaria (cerro Turrubares, Santiago, Guayabo). Schaufelberger (1934) ubicó las andesitas en el Eoceno. Idem (1935) ubica las "andesitas-Aguacate" en localidades como el cerro Espíritu Santo (SW de Naranjo), núcleo de los cerros Tacares y ríos Poás, Cacao y Colorado (hoja Naranjo), valle del río Navarro (hoja Tapantí). Dóndoli (1940) hace la petrografía de rocas cerca de Navarro.

Dengo & Chaverri (1951) atribuyen a Schaufelberger la nominación de "Complejo volcánico Aguacate", la que comparten. Suárez & Malavassi, E. (1953) incluyen porfiritas, basaltos, brechas volcánicas y andesitas en un mapa geológico de La Carpintera. Weyl (1959) incluye análisis químicos. Hoffstetter, Dengo & Weyl (1960), reproducen parte de la descripción de Romanes y mencionan las ideas de Weyl (1959), ubicando estas rocas en la Serie volcánica Talamanca. Dengo (1961) incluye en un mapa la Serie volcánica Aguacate. Idem (1962 b) se refiere a la Fm. Aguacate (Mioceno Superior ?-Plioceno?) en la región de Guanacaste constituida por basalto, andesita, aglomerado y toba.

Dengo (1962 a) describe las Series volcánicas del Aguacate con un espesor mínimo de 800

m, presenta un mapa desde Miramar hasta Cartago, incluyendo San Ramón y los cerros de Escazú y hace la sección de la quebrada Concepción (hoja Río Grande) compuesta por andesitas con augita, basaltos, aglomerados y tobas. Dóndoli (1965) menciona la minería en esta Formación y cita las masas caolínicas en el valle del río Conejo (hoja Caraigres). Malavassi, E. (1965) la menciona brevemente. Malavassi, E. & Madrigal, R. (1965) mapean en hoja Caraigres el volcánico Miocénico. Dóndoli (1966) describe la zona minera de Desmonte (hoja Río Grande). Escalante (1966) describe rocas volcánicas (Mioceno ?) en la cuenca superior del río Reventazón (hojas Tapantí e Istarú). Umaña (1966) cita las formaciones Peña Blanca y Guatuso y el volcánico de Cachí (Mio-Plioceno), en la hoja Tapantí.

Malavassi, E. (1967) utiliza el nombre de Fm. volcánica del Aguacate, la cual "... tiene un espesor de 1 200 m, y está compuesta de dos partes bien delimitadas: una inferior piroclástica que yace en concordancia sobre los sedimentos marinos de la cuenca que buza al Norte y otra en forma de lavas, brechas volcánicas e ignimbritas". Además ubica un foco eruptivo cerca de Floralia (hoja Candelaria). Castillo, R. (1969, 1970) cartografía y describe la Fm. Aguacate (Mio-Plioceno) en hoja Abra y hoja Río Grande, considerando que yace discordantemente sobre las formaciones Térraba, Turrúcares y Coris, aunque reconoce la existencia de plegamiento en la misma dirección que las rocas sedimentarias. Madrigal, R. (1970) introduce el rango de Grupo Aguacate (Mio-Plioceno) adelantando la futura definición de varias formaciones.

Desde finales de los años 60, varios autores cartografiaban en diferentes escalas, desde regionales a locales, y describen las rocas volcánicas de esta unidad geológica. Entre ellos se citan los siguientes: Brenes (1967); Dóndoli & Chaves (1968); Krushensky (1972); Montero (1974); Madrigal, O. (1975); Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976 a-b); Berrangé (1977); Carballo (1977); Castillo, R. & Krushensky (1977); Franco (1977); Granados (1977); Herrera, J. (1977), Alán (1978); Bergoeing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); Echandi (1981); Tejera (1983); Alvarez (1982); MIEM (1982); Aguilar, A. (1984); Arias (1988); Mora & Brenes (1984). Chaves

(1987); Aguirre (1988); Aguirre, Moore & Herrera (1988); Arredondo, Hernández & Madrigal, J. (1988); Cerdas, Esquivel & Muñoz (1988); Denyer & Montero (1988); Denyer & Soto (1988); Flores, Hernández, E. & Vega (1988); Gálvez (1988); Herrera, I. (1988); Molina, Salazar, M. & León (1988); Moore (1988); Peraldo (1988); Saravia (1988); Vega (1989); Denyer (1989). Otros autores describen los aspectos estratigráficos, como Chaves & Sáenz (1974); Obando (1983), Alvarado, G. (1984); Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984); Paniagua (1985).

Sáenz & Coto (1971) resumen y actualizan los análisis químicos de la Serie Volcánica Aguateca. Weyl & Pichler (1976) estudia la evolución magmática desde el Cretácico. Bellon & Tournon (1978) presentan dataciones de 2.8 m.a. (magmatismo alcalino) y 3.2-2.1 m.a. (andesita y diorita respectivamente). Kussmaul, Paniagua & Gainza (1982) recopilan análisis químicos de estas rocas. Amos & Rogers (1983) presentan diversas dataciones en la zona de Guanacaste, incluso muestras de 55.1 y 71.8 m.a. Alvarado, G. et al. (1990) recopilan dataciones radiométricas de fuentes diversas.

FORMACION LA CRUZ

Con este nombre se denomina a un conjunto de lavas predominantemente basálticas y tobas que sobreyacen concordantemente la secuencia sedimentaria y ocasionalmente cortan y se derraman sobre el Complejo de Nicoya. Culmina con depósitos sedimentarios continentales-marinos cartografiados y citados como depósitos parálisos de esta Formación. Al trabajar en esta secuencia es fácil cometer el error de considerar las tobas como parte de Pacagua y las lavas discordantes por encima.

Aflora en las hojas Carairges, Candelaria, Abra y Río Grande (Fig. 17). Su gran extensión y la constancia del espesor indican gran fluidez de los derrames lávicos, que se estima se extruyeron a partir de fracturas. Con base en datos conservadores se estima que esta unidad constituye un volumen de unos 300 km³. Considerando la distribución de afloramientos, estas fracturas tuvieron orientación E-W. La actividad volcánica

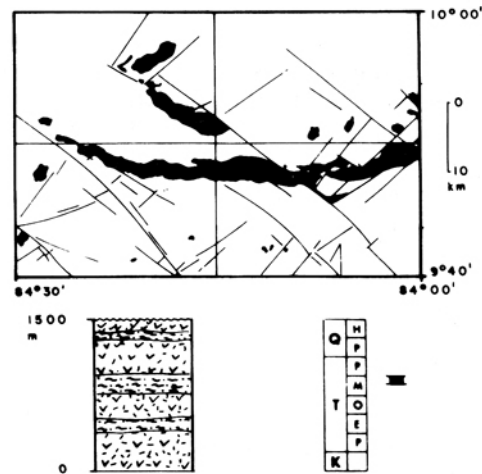


Fig. 17: Fm. La Cruz: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

cesó, al menos durante el basculamiento de la secuencia, que se estima ocurrió cercano al límite Mioceno-Plioceno.

Litología

Está compuesta principalmente por coladas de basalto y leucobasalto, con espesores promedio de 20-30 m. Es frecuente encontrar gran cantidad de amígdalas de ceolita y menos frecuente calcita. Al meteorizarse se pueden separar fácilmente las pequeñas amígdalas de 2 mm a 1 cm de diámetro. Vetillas mm de estos minerales son también frecuentes. Estas rocas meteorizan con una incipiente estructura esferoidal, dando un aspecto muy engañoso de "pseudoclastos" en una matriz arenosa parda. Normalmente se encuentran geodas cuarcíferas irregulares de hasta 0.3 m de diámetro. Con frecuencia se observa textura fluidal, formando delgadas capas cm, las cuales sirvieron para demostrar la concordancia con la secuencia sedimentaria infrayacente.

Lavas más félsicas corresponden a leucobasaltos o andesitas (Barrantes, en este número). Las tobas intercaladas son de colores rojos y violáceos con estratificación cm. El tamaño de grano es de arena media a fina hasta limo y se presenta en paquetes que rara vez sobrepasan los 10 m.

Localidad tipo

Se designa con este nombre por la excelente exposición, ubicada 200 m al W del poblado de La Cruz, sobre el camino que conduce a Guatíl (coordenadas 197.4N/513.2E hoja Carraigres). Este sitio es de fácil acceso.

Localidades de referencia

Camino de Guatíl a Bajo Calvo (NW, hoja Carraigres)
Quebrada Amador (NW, hoja Carraigres)
Camino de Pozos a Badilla (NE, hoja Candelaria)
Río Jorco entre paralelos 199 y 197,7 (NE, hoja Candelaria)
Camino Pedernal-Candelarita-Bajo Chacones (NNE, hoja Candelaria)
Quebrada Grande, de Dantas a Tinamaste (E, hoja Río Grande)

Espesor, extensión y forma

Tiene forma bastante tabular, a veces algo acuñaada, con espesores que alcanzan hasta 1 500 m. En la hoja Abra aflora al SW, S y E en forma discontinua. Al E y SW en hoja Río Grande. En la hoja Candelaria al N y NE se expone la secuencia completa y hay afloramientos aislados en toda la hoja. En la hoja Carraigres se extiende al N.

Los autores han observado también, afloramientos en la hoja Tapantí sobre la Carretera Interamericana, y entre San Ramón y Esparza.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace en concordancia angular a la Fm. Peña Negra (N, hojas Candelaria y Carraigres), a la Fm. Coris (SE, hoja Abra), y a la Fm. Turrúcares, Peña Negra y Pacacua (hoja Río Grande). Representa una discontinuidad litológica con estas formaciones. Además, los flujos lávicos yacen sobre el Complejo de Nicoya (hojas Carraigres y Candelaria).

Está sobreyacida con discordancia angular por la Fm. Grifo Alto, Depósitos lacustres, las Tobitas Ocoa, la Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente y aluviones.

Edad

Es difícil correlacionar algunas dataciones radiométricas (ver antecedentes del Grupo Agua-cate) con la estratigrafía que se propone en este trabajo, dataciones de Bellon & Tourmon (1978) y Berrangé (1977) indican que el límite superior es Mioceno Superior. Edades más antiguas no pueden ser usadas en el Valle Central, pues estas rocas descansan sobre Coris y Turrúcares. Posterior a la Fm. La Cruz hay basculamiento y formación de las rocas de Grifo Alto. Este evento tectónico se ubica cercano al límite cronológico Mioceno-Plioceno. Por lo anterior, se ubica esta Formación en el Mioceno Superior terminal.

**DEPOSITOS PARALICOS
(FM. LA CRUZ)**

Se utiliza este nombre al referirse a un cuerpo lenticular, con espesor máximo de 700 m y que se extiende en dirección E-W, 12 km de longitud (hoja Candelaria, Fig. 18). Se utiliza terminología estratigráfica informal, adscribiéndolos a la Fm. La Cruz, por considerarse que culminan un episodio predominantemente volcánico. Sin embargo, estudios ulteriores pueden llevar a formalizarlos dentro de la nomenclatura estratigráfica de la Región Central del país.

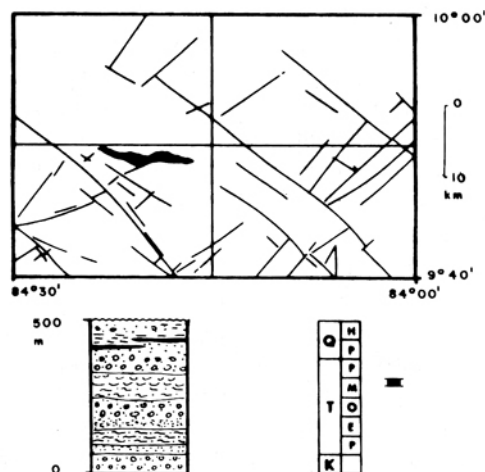


Fig. 18: Depósitos Parálícos La Cruz: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

Litológicamente está compuesto por paquetes m de conglomerados de matriz arenosa y areniscas vulcanoclásticas pardas de grano medio y grueso en paquetes que no sobrepasan los 20 m, con intercalaciones de tobas y tobitas rojas y moradas de granulometría de arena media y fina hasta limo. Además, hay estratos esporádicos de lutita carbonosa de espesor dm que están interestratificados en la parte superior de la secuencia.

Ocasionalmente se encuentran impresiones de bivalvos en las tobitas. Las areniscas tienen gradación inversa y estratificación ondulada traduciendo un ambiente de oleaje. Lo anterior, sumado a la presencia de carbón y conglomerados, aparentemente continentales, evidencian su carácter parálico.

Referencias parciales de estas rocas pueden encontrarse en Arias (1988), Denyer & Soto (1988), Gálvez (1988), Peraldo (1988), Saravia (1988).

TOBITAS OCOCA

Se utiliza esta terminología a manera informal para designar los afloramientos de tobitas de tamaño arena fina-arcilla, poco retrabajadas, con colores que varían de café a verde, encontrados en las cercanías del poblado de Ococa (NW, hoja Caraiques, Fig. 19) en el camino entre San Ignacio

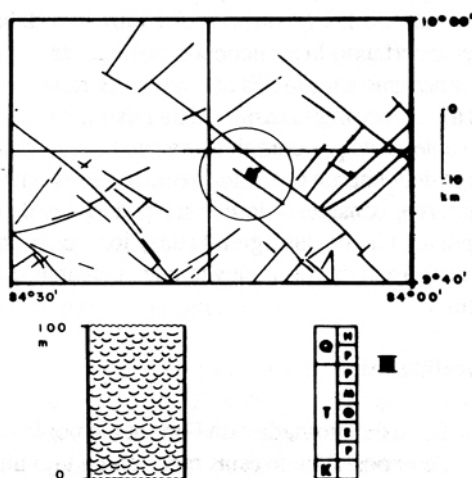


Fig. 19: Tobitas Ococa: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

y La Cruz y varias trochas cercanas en desuso. Se estima un espesor de unos 100 m y yacen en discordancia angular ligera sobre la Fm. La Cruz. Por correlación estratigráfica se considera una edad Mioceno Superior muy terminal-Plioceno Inferior, pues fueron afectadas al menos parcialmente por el basculamiento Mio-Plioceno.

Su origen está relacionado a cenizas finas que cayeron en lagunas incipientes formadas durante el basculamiento ocurrido en el límite Mioceno-Plioceno y representan el inicio del vulcanismo que generó la Fm. Grifo Alto.

FORMACION GRIFO ALTO

Se designa con este nombre a una serie de rocas volcánicas andesíticas y piroclásticas que cubrieron las secuencias sedimentarias y volcánicas post-basculamiento (Fig. 20).

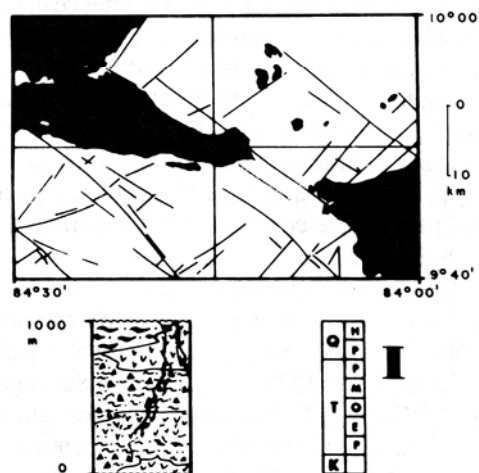


Fig. 20: Fm. Grifo Alto: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Valga decir que se incluyen sin diferenciar los Basaltos La Garita, Fm. definida por Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984) y datados por el método K-Ar en 2.8-3.2 m.a. (Bellon & Tournon, 1978). Además se incluyen depósitos ignimbríticos que afloran al E de la hoja Caraiques que Alán (1978) y Alvarez (1982)

llaman Ignimbritas San Gabriel, las cuales, incluso pueden ser contemporáneas a la Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente del WNW de San José. Se incluyen también los depósitos del cerro Mina (hoja Abra) que estudios ulteriores podrían demostrar que este sitio fue foco de emisión de los Depósitos de Avalancha Ardiente.

En resumen, corresponde con un vulcanismo más explosivo que La Cruz y se depositó después del basculamiento y antes de la instauración del arco magmático en la posición que ocupa actualmente. Esta Fm. debe estudiarse más enfocando los trabajos en petrología volcánica y con ayuda de dataciones en afloramientos claves.

Litología

Está compuesta por lavas andesíticas, a veces con augita y/o hipersteno (ver descripciones petrográficas). Normalmente son rocas de colores grises (p.e. Tajo Grifo Alto), aunque también se encuentran colores rojizos (p.e. tajo 500 m antes de llegar a San Gabriel, hoja Carraigres). Aunque escasos, pueden encontrarse algunos basaltos (basaltos con augita), y dacitas, a veces en afloramientos pequeños que cortan a la Fm. La Cruz, y se consideran asociadas con esta Fm., p.e. cerca del BM 1317 (NW de la hoja Carraigres). Franco (1977) las refiere como dacitas del cerro Asilo (E. , hoja Abra).

Los flujos piroclásticos a veces son gruesos, conteniendo bloques lávicos y escoriáceos dm, angulares normalmente y raras veces redondeados (p.e. cerca a BM 1070 en la entrada a Santiago, hoja Río Grande). Lo frecuente es que sean angulares con sostén por matriz, la cual es lodosa y se encuentra "cocinada", dando evidencia de una depositación en caliente (>100°C). Estas rocas se pueden observar al S de Piedades en un sitio denominado Cruz de Guatuso (hoja Río Grande). Valga decir las facies terminales de estos flujos pueden parecerse mucho a corrientes de lodo, como sucede cerca de San Pedro (hoja Río Grande).

Las ignimbritas al E de la hoja Carraigres son de color gris, hacia el techo gradan a tobas blancuecinas. Generalmente los afloramientos no son buenos (p.e. al SW de San Gabriel, Río Conejo y Santa Elena en hoja Carraigres) Cabe mencionar

que los autores observaron un montículo de unos 10 m² en la hoja Candelaria (196.8N/506.4E) de ignimbritas, que por su carácter aislado y puntual impide mayores comentarios.

Zonas silicificadas se incluyen en esta Formación, como es el caso al E de Pozos hasta el cauce del río Jorco (hoja Candelaria). Sobre el camino que sube del río Grande de Tárcoles hasta Quebradas (NW, hoja Río Grande) y la zona mineralizada cerca de Desmonte (NW, hoja Río Grande). Colores blancos en flancos de cerros y cortes de carreteras, producto de caolinitización son muy típicas (p. e. W, hoja Río Grande y hoja Carraigres entre Frailes y río Conejo).

Malavassi, E. (1967) señala la presencia de sedimentos lacustres frente a la escuela de Floralia (hoja Candelaria). Los autores también han visto lutitas carbonosas en el flanco N del cerro Abejónal (hoja Carraigres).

Un punto destacante con respecto a esta Formación, lo constituye el afloramiento de ignimbritas ubicado en el Cerro Cedral, espacialmente sobre el Intrusivo de Escazú. A una altura que sobrepasa en mucho a todos los posibles puntos de emisión en un radio mayor a 20 km. por lo anterior, los autores consideran, que estas rocas representan los últimos productos del mismo episodio magmático que originó, tanto el Intrusivo como estas ignimbritas. Valga destacar, que esta hipótesis implicaría que posteriormente a la extrusión de las ignimbritas, el Intrusivo debió seguir cortando la secuencia rocosa, hasta llegar muy cercano a las facies extrusivas, pertenecientes al mismo magmatismo. Otra posibilidad, que no se descarta por completo, es que las ignimbritas se depositaron posteriormente a la erosión del Intrusivo, considerando que hasta después de la depositación de las ignimbritas, los cerros de Escazú ascendieron a elevaciones cercanas a la actual.

Localidad tipo

Se ha denominado esta Formación por la excelente exposición de estas rocas en un tajo ubicado 500 m SE de la población de Grifo Alto (coordenadas 206.5N/494.5E, hoja Río Grande). Una sección bien representativa puede hacerse desde la Cruz de Guatuso (203.6N/494.8E) pa-

sando por Grifo Alto y siguiendo la carretera hasta San Pablo y de ahí a Atenas.

Espesor, extensión y forma

Se extiende en todas las hojas estudiadas, E y NW de Carraigres, N de Candelaria. Hay afloramientos dispersos en la hoja Abra y presenta su máxima extensión en hoja Río Grande. Además, Madrigal, R. (1970) la cartografía en la hoja Barranca. Aguilar, A. (1984) menciona litologías similares y los autores han visto afloramientos entre Cartago y San Isidro del General y entre San Ramón y Esparza.

Su forma es irregular, pues rellena una topografía existente post-basculamiento. Dengo (1962 a) estima 800 m de espesor en la zona de Atenas y la parte alta de la carretera Atenas-Desmonte (hoja Río Grande). Los autores consideran que debe sobrepasar los 1 000 m, lo cual corresponde con G. Leandro (com. pers., 1988) quien considera que la cubierta volcánica cerca de Santiago es superior a los 1 000 m.

Edad

Considerando que las dataciones de Bergoeing (1982) y Bellon & Tourmon (1978) no son más antiguas que 4 m.a. para rocas que componen esta Fm. y que sobreyacen a rocas del Mioceno, se considera que su límite inferior es el Plioceno. El límite cronológico superior es muy problemático. Incluso Krushensky (1972) indica una datación K/Ar de $196\,000 \pm 109\,000$ años para las ignimbritas de Río Conejo. Por lo que se prefiere extender el límite superior hasta el Pleistoceno. Por lo que se considera que esta Fm. tiene edad Plioceno-Pleistoceno?

Relaciones estratigráficas

Sobreyace discordantemente a la Fm. La Cruz y Fm. Coris. Es sobreyacida por las Lavas Intracañon y los Depósitos de Avalancha Ardiente. La parte superior de este vulcanismo se interdigita con las primeras manifestaciones de los estrato volcanes (Fm. Lavas Intracañon) que conforman la actual Cordillera Volcánica Central.

Centros de emisión volcánica

La edad relativamente joven de esta Formación da la posibilidad de encontrar los centros por los que extruyeron los materiales volcánicos que constituyen esta unidad. La incapacidad de recorrer grandes distancias de los flujos de lava andesíticos, sumado a la gran extensión que tiene esta unidad, permite concluir que existieron gran cantidad de centros de emisión (Fig. 21). Con base en criterios litológicos y geomórficos se identificaron los siguientes:

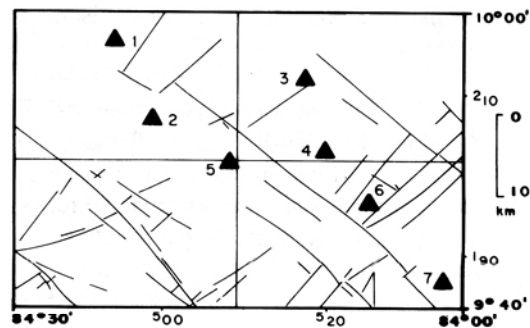


Fig. 21: Ubicación de los centros de emisión volcánicos identificados en la Fm. Grifo Alto, 1. Atenas, 2. Cerro Tablazo, 3. Cerro Mina, 4. Cedral, 5. Floralía, 6. San Gabriel, 7. Cerro La Roca y Trinidad. Localización en Fig. 1.

1. Atenas: Ubicado por criterios geomórficos, además del engrosamiento de los flujos lávicos, conforme se aproxima al NW de la hoja Río Grande. El grado de alteración también aumenta notablemente (p.e. entre San Pablo y Escobal, hoja Río Grande).
2. Cerro Tablazo-Piedades-Grifo Alto: Se identifica por criterios morfológicos y litológicos. Resalta en fotografías aéreas y desde el camino entre Barbacoas y Piedades. Además, son los puntos más altos, alrededor de los que se encuentran los flujos piroclásticos mejor cementados, p.e. Cruz de Guatuzo.
3. Cerro Mina: Los depósitos piroclásticos ignimbríticos que afloran en esta localidad

(ver Descripción petrográfica, M. Barrantes, este número) evidencian gran cecanía al centro de emisión (p.e. depósitos de oleadas piroclásticas: "surges") que por la ubicación de los depósitos aledaños debe haber estado ubicado donde hoy se ubica la población de Santa Ana. Rivier (1979), también nombra la cercanía de un volcán ubicando un poco al S, cerca de Matinilla y río Navajas.

4. Cedral: Las ignimbritas que coronan los cerros de Escazú están en el cerro más alto en más en 15 km a la redonda por lo que se presume, proceden de la misma localidad, o al menos de una localidad muy cercana (ver discusión anterior).
5. Floralia: Es mencionado por Malavassi, E. (1967) y R. Madrigal lo confirma (com. pers., 1989). Los autores visitaron varios tajos en las cercanías, en los cuales brechas volcánicas de gran tamaño y aumento considerable de alteración hidrotermal reafirman la existencia de este foco volcánico Plioceno.
6. San Gabriel: La morfología, litología y alteración evidencian que en las cercanías de esta localidad se expulsaron parte de los flujos lávicos y piroclásticos que afloran en las cercanías.
7. Cerro La Roca y Trinidad: Aparentemente, fue uno de los volcanes más recientes. La litología y morfología concuerdan con la presencia de este centro de emisión. Inclusive unos pocos km al E, hoja Tapantí, se muestra una laguna en la parte superior del cerro Chonta, lo cual es indicado por Berrangé (1977).

INTRUSIVO Y CORNUBIANITAS DE ESCAZU

El Intrusivo de Escazú representa el límite NW de los cuerpos plutónicos de la Cordillera de Talamanca (Fig.22). Las cornubianitas se describen conjuntamente debido a su relación genética directa.

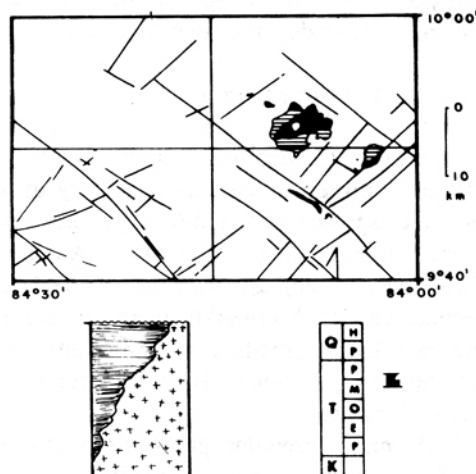


Fig. 22: Intrusivo y Cornubianitas de Escazú: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Los principales afloramientos y menciones en la literatura se refieren a los cerros de Escazú, S de la hoja Abra. Es un "stock" aflorando en un área que cubre unos 15 km², con un eje máximo NE de 6 km, y un eje mínimo NW de 3 km. Está bordeado por una aureola de alteración metamórfica representada por corneanas. En el cerro Pacagua se observa un pequeño cuerpo intrusivo. Las cornubianitas del Alto Tablazo (hojas Abra y Carraigres) y numerosos diques en la zona atestiguan la presencia cercana del "Intrusivo Tablazo" (Obando, 1983).

Cerca de Monterrey (hoja Carraigres) aflora un dique con dirección NW, de una longitud de 6 km y un ancho máximo aflorante de 500 m. La concordancia aparente con las secuencias sedimentarias asemejan un "sill", sin embargo tomando en cuenta la tectónica regional y la morfología de los extremos se prefiere considerarlo dique. Existe metamorfismo de contacto, aunque no tan fuerte (Barrantes, este número) como en los cerros de Escazú.

Al meteorizarse, los intrusivos presentan una arenización blancuzca muy característica y muy inestable en los cortes de carretera, produciendo innumerables deslizamientos. Las corneanas asociadas son las que representan las rocas más

resistentes al intemperismo, evidenciado por roca fresca con pendientes casi verticales (p.e. Pico Blanco, hoja Abra).

Litología

Corresponde con monzonitas, granodioritas, manzogabros, monzodioritas, gabros y sienitas (Obando, 1983). Las corneanas son metamorfismo de la Fm. Peña Negra. Ibid. describe el metamorfismo de la Fm. Coris, lo cual indica que generalmente se puede determinar la roca original. Su color varía de negro a gris claro, a menudo con bandeamiento cm irregular. Se encuentran los siguientes minerales de alteración: cuarzo, epidota, carbonatos, clorita, hematita, muscovita, biotita, sericita, piritita (mayores detalles en: Barrantes, este número)

Localidad tipo

En la literatura se mencionan únicamente los cerros Escazú. Los mejores afloramientos que vieron los autores, tanto de rocas intrusivas como metamórficas, están ubicados en el lugar denominado Salvaje, el curso alto del río Tabarcia (hoja Abra) y en la hoja Carraigres la parte baja de la quebrada División.

Forma y extensión

El Intrusivo de Escazú (hoja Abra) es un "stock", cuyo afloramiento no sobrepasa 6 km de diámetro con apófisis irregularmente distribuidos. Las cornubianitas forman una aureola de alteración alrededor del cuerpo intrusivo, cuyo espesor no parece sobrepasar los 200 m. También se distinguen cornubianitas en el Alto Tablazo (hojas Abra y Carraigres). En el área de Monterrey (hoja Carraigres) es un dique pseudoconcordante, de forma tabular, con un espesor máximo aflorante de 500 m y 6 km de longitud.

Relaciones estratigráficas

Estas rocas intruyen principalmente a las formaciones Peña Negra y Coris y levemente a la Fm. La Cruz. Produce la mayor alteración en la Fm. Peña Negra. La cornubianitas se encuentran

tanto en posición lateral como superior. En el cerro Cedral, esta unidad es sobreyacida por ignimbritas y lavas que los autores correlacionaron con la Fm. Grifo Alto.

Emplazamiento

EL mecanismo fue de ascenso lento utilizando fallas pre-existentes. La perturbación tectónica es mínima, existiendo incluso estratificación horizontal lo que evidencia velocidad constante y uniformemente distribuida. Las relaciones petrológicas, la forma de ascenso y el tipo de metamorfismo atestiguan un emplazamiento a temperatura relativamente baja, con mínima asimilación. La horizontalidad de las corneanas en los cerros Escazú indica que el intrusivo ya se estaba emplazando cuando ocurrió el basculamiento (límite Mioceno-Plioceno), sirviendo entonces como barrera estructural y evitando la deformación al N del intrusivo, por lo que la energía se liberó por las fallas ubicadas al S SW.

Antecedentes

En escritos de W. Gabb del siglo pasado incluidos en Gabb (1978) se hace referencia a las rocas intrusivas de Talamanca. J.E. Wolff (en: Hill, 1898) describe varias rocas ígneas incluyendo granitos cerca de Cartago y Siquirres. Hill (1898) incluyen una tabla de correlación estratigráfica de granitoides y sienitas en el Mioceno. Romanes (1912 a) reporta sienitas cerca de Escazú y micromonzonitas al S de Patarrá. Redfield (1923) indica que el núcleo del cerro Candelaria (actual cerro de Escazú) está constituido por monzonitas.

Schaufelberger (1934) considera la "Intrusión de Escazú" empezando en el Oligoceno hasta el final del Mioceno. Schuchert (1935) ubica una orogenia e intrusión al final del Mioceno. Weyl (1957 a-b) menciona rocas intrusivas en la Cordillera de Talamanca. Idem (1959) incluye análisis químicos de muestras en la Carretera Interamericana Sur. Dengo (1962 a) comenta algunos aspectos de la Serie Comagmática de Talamanca. Dóndoli (1965, 1968) describe y ubica rocas intrusivas. Malavassi, E. (1965) resume diferentes menciones en la literatura sobre rocas plutónicas.

cas. Malavassi, E. & Madrigal, R. (1965) muestran el intrusivo y cornubianitas en la hoja Carraigres.

Mapas a diferentes escalas y descripciones con diferente grado de detalle son hechos por Dóndoli & Chaves (1968); Dóndoli, Dengo & Malavassi, E. (1968); Castillo, R. (1969); Domínguez (1975); López (1975); Chávez, J. (1976); Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976 a-b); Berrangé (1977); Rivier (1979); Bergoeing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); MIEM (1982); Obando (1983); Alvarado, F. (1984); Avila, M. (1984); Mora & Brenes (1984); Aguirre (1988); Denyer & Montero (1988); Herrera, I. (1988); Moore (1988); Rivier & Calvo (1988). Obando (1983-1985) describe la petrografía de estas rocas.

Weyl (1973) considera un levantamiento desde del Mioceno con una velocidad de 0.116 mm/año para el área de Escazú. Lo que corresponde con Miyamura (1975) quien calcula 0.1-0.2 mm/año desde el Mioceno Superior. Los análisis químicos son tratados por Sáenz & Coto (1971); Kussmaul, Paniagua & Gainza (1982). Comentarios estratigráficos son hechos por J. Moshein (en: Sprechmann, 1984) y Paniagua (1985).

Kussmaul (1987) hace una síntesis sobre la petrología de las rocas intrusivas Neógenas de CR e incluye estas rocas dentro de la Fm. Monzonita-Gabro de Escazú.

Diferentes autores presentan dataciones radiométricas de estas rocas p.e. Berrangé (1977) entre 9.3 y 11.5 m.a. en la hoja Tapantí, Bellon & Tournon (1978) desde 16.9 a 8.3 m.a., Bergoeing (1982) indica 5.24 m.a. en los cerros de Escazú y 9.13 m.a. en Santa María de Dota. Alvarado et al. (1990) recopilan las diversas dataciones radiométricas.

Publicaciones clave

Schaufelberger (1934)
Castillo, R. (1969)
Rivier (1979)
Bergoeing (1982)
Obando (1983, 1985)
Kussmaul (1987)

DEPOSITOS LACUSTRES (SAN MIGUEL DE TURRUCARES)

Se usa esta terminología para referirse a los sedimentos fluvio-lacustres con intercalaciones tabáceas, con un espesor no mayor a 70 m (Madrigal, R., 1960; Sandoval, 1966). Aflorea en el cuadrante NE de la hoja Río Grande (Fig. 23) cerca de la localidad de San Miguel de Turrúcares. No se usan los nombres de San Miguel o Turrúcares para evitar confusión con Fms. establecidas formalmente.

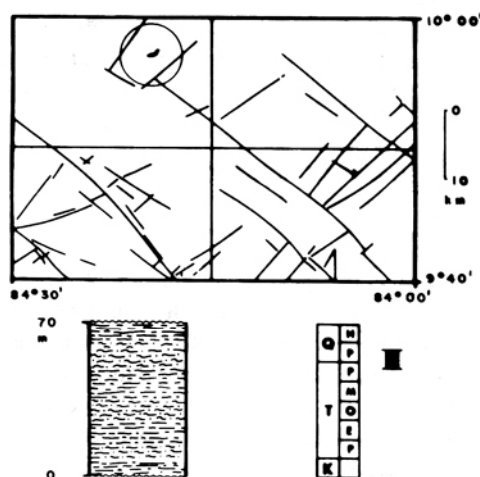


Fig. 23: Depósitos lacustres: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Sobreyace discordantemente a la Fm. La Cruz y subyace por lo menos parcialmente a la Fm. Barva. Se considera una edad Pleistoceno basal (Madrigal, R., 1960) aunque los comentarios de Alvarado, G. (1986) parecen indicar correspondencia con el Plioceno.

Antecedentes

Dóndoli (1951) menciona la localidad, identificándola como un depósito lacustre. Madrigal, R. (1960) se refiere a la presencia de diatomitas en el área de Turrúcares. De acuerdo a muestras enviadas a Lohman concluye que el material se depositó en un lago de agua dulce y fresca de poca

profundidad, aunque una especie encontrada es de un habitat salino o de aguas salobres, la cual fue desechada por su poca abundancia. Sugiere edad Pleistoceno y el espesor de unos 70 m con intercalaciones de toba.

Malavassi, E. (1965) asocia los depósitos lacustres de Turrúcares, Palmares, ciertas áreas de San José, Cartago, Orosi y Turrialba con lagunas y lagos producto de la depresión entre la Cordillera de Talamanca y la Cordillera Volcánica Central. Sandoval (1966) se refiere al yacimiento de diatomita con 180 pies de espesor con alteraciones de piroclastos. Castillo (1967) los menciona brevemente.

Brenes (1967) incluye un mapa geológico de esta unidad. Otros autores como Bohnemberger & Madrigal, R. (en: Bohnemberger, 1968) cartografiaron la unidad. Montero (1974) presenta un mapa y calcula un espesor de 50 m e indica que sobreyace al Aguacate e infrayace a las rocas piroclásticas y de avalancha ardiente. Piedra (1979) asigna una edad Pleistoceno y presenta un cartografiado 1: 25 000.

Alvarado, G. (1986) menciona la incongruencia de la edad Pleistoceno con restos de megamamíferos de distribución bioestratigráfica Mio-Plioceno. Mathers (1989) menciona aspectos de potencial minero e indica el contenido fosilífero de plantas y peces.

FORMACION LAVAS INTRACAÑON

Se usa el nombre utilizado por Williams (1952) según lo recomiendan Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984) para designar flujos andesíticos que representan las primeras emisiones del volcanismo asociado a la Cordillera Volcánica Central y que su extensión y características petrológicas evidencian que extruyó a lo largo de fisuras (Kussmaul, 1988), lo cual es confirmado por F. Montalto & R. Valverde (com.pers., 1986). Protti (1986) indica que las fracturas son de dirección NW. Kussmaul (1988) considera que las fracturas fueron NE-SW hasta E-W. Sin embargo, tomando en cuenta la tectónica dominante desde el Mioceno al Presente, los autores atribuyen estas efusiones a fracturas N-S ó NE-SW.

Aflora únicamente en los valles más profundos de los ríos del Valle Central (Fig. 24). Dada su importancia hidrogeológica, ha sido seguida en el subsuelo en numerosas perforaciones estratigráficas y de explotación de agua subterránea, incluso es subdividida en miembros por el SENARA.

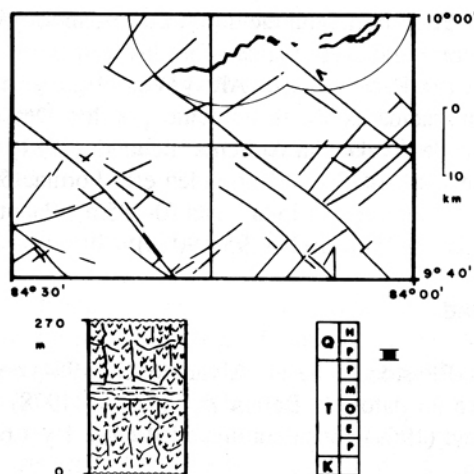


Fig. 24: Fm. Lavas Intracañón: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

Litología

Son lavas andesíticas, a veces vesiculares en coladas de 10 a 30 m de espesor intercaladas con tobas y escasas brechas (Echandi, 1981). Las andesitas son porfíricas con 2 tipos de piroxenos correspondiendo con los flujos inferiores y andesitas africanas (Alvarado, G., 1984). Crosby (1945) encuentra 30 m de sedimentos fluviales entre la roca sedimentaria inferior y el inicio de las lavas.

Localidad de referencia

Los afloramientos en los cañones de los ríos Virilla y Tibás. Específicamente el Tajo Colima entre San Juan de Tibás y Santo Domingo de Heredia. Un lugar muy conocido y de fácil acceso es la planta eléctrica de Brasil (hoja Abra).

Espesor, extensión y forma

El espesor es variable con un máximo de 270 m (Echandi, 1981). Su forma es irregular en la base y plana en la parte superior. Se extiende unos 30 km E-W.

Relaciones estratigráficas

Yace horizontalmente en discordancia y/o discontinuidad litológica sobre las formaciones La Cruz, Pacacua, Grifo Alto y Peña Negra y está sobreyacida concordantemente por los Depósitos de Avalancha Ardiente. Echandi (1981) y SENARA-BGS (1985) dividen esta Formación en 3 miembros: Linda Vista (0-185m), Puente Mulas (0-35m), Belén (95-190 m).

Edad

Pleistoceno basal. Alvarado, G. (1984) con base en datos de Bellon & Tournon (1978) y Weyl (1969) considera una edad entre 1 y 1.67 m.a.

Estructuras

A veces se observa textura fluidal y disyunción columnar. Destacan formas por enfriamiento en enormes rosas de figuras caprichosas. Destacan al E de La Reforma (hoja Abra) fisuras reinyectadas, o sea diques de las mismas lavas, que atestiguan el origen fisural de estos flujos lávicos.

Aspectos genéticos

La extensión, su carácter petroquímico y las estructuras evidencian un origen fisural (Kussmaul, 1988), por fracturas probablemente N-S ó NE-SW. Rellenan una topografía irregular encontrando al S el abastáculo topográfico de los cerros de Escazú. Podrían corresponder con las primeras manifestaciones del arco magmático actual, el inicio de formación de los estratovolcanes de la Cordillera Volcánica Central, aunque *ibid.* considera que representan una asociación petrológica independiente.

Aspectos industriales

Desde el punto de vista de su capacidad como acuífero, esta Formación ha sido muy estudiada y de gran importancia en el abastecimiento de agua en la ciudad de San José.

Antecedentes

Romanes (1912 a) menciona las lavas andesíticas que sobreyacen las rocas sedimentarias en Brasil de Santa Ana e indica similitud con las lavas al N del río Virilla y destaca las figuras concéntricas de diaclasamiento. Crosby (1945) indica lavas columnares con 100 m de espesor y sobreyacidas portobas. Dengo & Chaverri (1951) se refieren a la "andesita de las Ventanas o del Virilla".

Williams (1952) nomina "Lavas Intracañón" a las andesitas piroxénicas que deben haber sido extremadamente fluidas para viajar más de 45 km, con un espesor promedio de 30-100 pies y 300 pies máximo. Dengo (1962 a), Brenes (1967), Malavassi, E. & Madrigal, R. (1967), Montero (1974), Piedra (1979) cartografían y describen esta unidad geológica. Mapas regionales que incluyen las áreas de afloramiento de esta Fm. son p.e. Dóndoli & Chaves 1968; Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1967 a-b); Bergoeing, Malavassi & Jiménez (1980). Castillo & Krushensky (1977) usan nuevas subdivisiones en su mapa geológico Abra.

Bellon & Tournon (1978) presentan una datación de 1 m.a. Echandi (1981) usa la terminología propuesta por Fernández, M. (1969) con un espesor de 270 m e indica la presencia de lentes de ceniza e ignimbrita. Alvarado (1984) describe la petrografía y con base en los datos de Bellon & Tournon (1978) la considera de edad Pleistoceno. Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984) destaca que se debe usar el nombre de Fm. Lavas Intracañón para designar esta unidad. Paniagua (1985) presenta un cuadro estratigráfico ubicando la Fm. Colima. SENARA-BGS (1985) publica un mapa hidrogeológico del N del Valle Central, donde usa la terminología de Fm. Colima. Kussmaul (1988) afirma que la geoquímica y la paleotopografía son indicativos de que estas lavas

no provienen de los estratovolcanes e indica que su origen estuvo relacionado con fracturas NE-SW y E-W.

Publicaciones clave

Williams (1952)
Fernández, M. (1969)
Echandi (1981)
SENARA-BGS (1985)
Kussmaul (1988)

FORMACION DEPOSITOS DE AVALANCHA ARDIENTE

Con una topografía plana característica, aflora al N y NW del Valle Central (Fig. 25). Destaca su presencia en angostos valles p.e. el río Jaris (hoja Río Grande) donde literalmente "entró" dejando una delgada capa de ignimbritas a ambos lados del cauce.

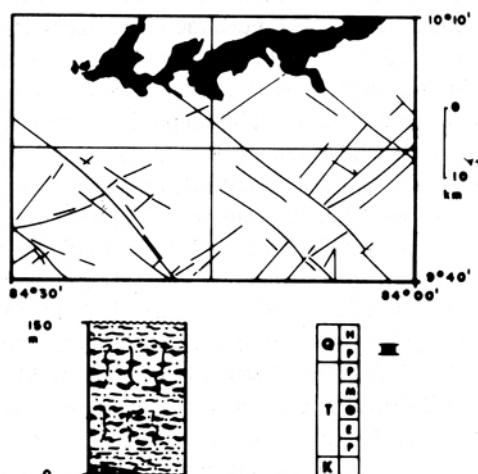


Fig. 25: Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Desde el punto de vista industrial se la usa como tajo para materiales de construcción y como fuente de piedra pómez. Reviste importancia hidrogeológica, por lo que se le ha estudiado por el

SENARA con numerosas perforaciones y sondeos geofísicos.

Litología

Está constituida por depósitos de pómez de caída en la base de hasta 3 m de espesor (Kussmaul, 1988). Seguido por flujos de ceniza, lapilli y bloques. Ignimbritas grises con "fiames" de obsidiana y pómez (mm-cm). Depósitos de caída coronan la secuencia (Echandi, 1981, Alvarado, G. en: Sprechmann, 1984). En la base se observó la presencia de delgados episodios aluviales (p.e. puente quebrada Honda entre Villa Colón y El Rodeo).

Localidad tipo

Fernández, M. (1969) indica la sección tipo entre el embalse y la casa de máquinas de la Planta eléctrica Electronia. Echandi (1981) cita 3 localidades que son: 150 m E de la estación ferroviaria Ciruelas, sobre el río Ciruelas bajo el puente del ferrocarril. Confluencia de los ríos Virilla y Torres. Tajo sobre el camino que conduce a la planta eléctrica de Electronia. Se estima que la primera debe ser considerada la localidad tipo.

Espesor, extensión y forma

Su extensión longitudinal sobrepasa los 40 km al N y NW del Valle Central. Al S de Ciudad Colón tiene su límite meridional, al occidente del meridiano 84°25'. Su límite oriental es en las cercanías de San Miguel de Desamparados (hoja Abra). Su forma es bastante tabular acufiándose al E, más al oriente de Santo Domingo de Heredia sólo la topografía plana parece indicar una delgada cubierta ignimbrítica o tobácea. Su espesor máximo alcanza los 150 m (SENARA-BGS, 1985).

Relaciones estratigráficas

Su depositación se inició después de un breve período (aprox. 0.3 m.a.) que permitió la formación de suelo en las Lavas Intracañón, además de la depositación de delgados sedimentos fluviales. Yace en discordancia y/o discontinuidad litológica sobre las formaciones Lavas Intracañón, Pacagua.

Peña Negra, Grifo Alto, La Cruz. Es sobreyacida por aluviones, lahares, cenizas y la Fm. Barva.

Edad

Pleistoceno, más joven que las Lavas Intra-cañón y más antigua que la Fm. Barva. Bellon & Tournon (1978) presentan una datación de 0.7 m.a.

Aspectos genéticos

Williams (1952) considera su origen fisural en la base de los actuales volcanes, lo cual esquematiza Protti (1986). Sin embargo tomando en consideración la distribución espacial, la variación de espesor y el modelo de evolución magmática asociado a la relación temporal-litológica con las ignimbritas de la hoja Carraigres (Fm. Grifo Alto) se propone que fueron varios centros de emisión (calderas) ubicadas en una franja NW-SE desde Sn Gabriel, Cerro Minas, hasta Atenas. De esta forma representarían emisiones tardías como último relicto de un arco magmático ubicado en la posición antes mencionada.

Aspectos económicos

Las rocas de esta Formación han sido muy utilizadas como agregado, debido a sus características físicas, sumado a la cercanía de los afloramientos a la ciudad. Además, por sus características físicas, sirve como capa filtrante de los acuíferos inferiores.

Antecedentes

Schaufelberger (1935) describe tobas volcánicas en el valle del río Virilla. Crosby (1945) cita tobas con núcleos lenticulares de obsidiana y fragmentos de andesita y fragmentos de andesita y piedra pómez, sobreyaciendo lavas y subyaciendo por otra corriente de lava. Dengo & Chaverri (1951) notan la fisuración prismática.

Williams (1952) denomina los "depósitos de avalancha ardiente" con un espesor máximo de 300 pies y la catografía desde Santo Domingo al E hasta Cebadilla al W. Hoffsteter, Dengo &

Weyl (1960) se refieren a tobas fundidas. Weyl (1960) menciona las ignimbritas del Valle Central. Dengo (1962 a) señala en un mapa esta unidad. Malavassi, E. (1965) se refiere a "depósitos de ignimbritas". Malavassi, E. & Madrigal, R. (1967) la incluyen en el mapa del área metropolitana. Madrigal, R. (1967) estudia los yacimientos de piedra pómez. Bohnemberger & Madrigal, R. (en: Bohnemberger, 1968); Dóndoli & Chaves (1968); Castillo, R. (1969); Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976 a-b); Borgoeing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); Denyer & Montero (1988) presentan mapas incluyendo estos depósitos en forma indiferenciada con otras unidades volcánicas.

Brenes (1967), Montero (1974), Herrera, J. (1977), Piedra (1979) incluyen esta Fm. en mapas geológicos. Castillo, R. & Krushensky (1977) usan una diferente estratigrafía. Bellon & Tournon (1978) presentan una datación de 0.7 m.a.

Fernández, M. (1969) define la Fm. Tiribí. Echandi (1981) la refiere a la Fm. Tiribí y la divide en miembros e indica que en la base hay un estrato guía de 1 a 2 m de piedra pómez, presenta perfiles basados en perforaciones. Kussmaul, Paniagua & Gainza (1982) resumen e interpretan análisis químicos. A. Gómez (en: Sprechmann, 1984) indica que fue definida por M. Fernández. Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984) recomiendan usar el nombre de Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente. Paniagua (1985) presenta un cuadro estratigráfico. SENARA-BGS (1985) presentan mapa y perfiles hidrogeológicos. Arredondo, Hernández, S. & Madrigal, J. (1988); Cerdas, Esquivel & Muñoz (1988); Flores, Hernández, E. & Vega (1988); Molina, Salazar, M. & León (1988) cartografían esta unidad en partes de la hoja R. Grande y Abra. Alvarado, G. et al. (1990) recopilan las dataciones radiométricas. Kussmaul (1988) discute la petrología de estas rocas e indica que la geoquímica, la variación de espesor y la litología indican que no provienen de los estratovolcanes.

Publicaciones clave

Williams (1952)
Fernández, M. (1969)
Echandi (1981)

SENARA-BGS (1985)
Kussmaul (1988)

FORMACION OROTINA

Esta Formación se cartografió al W de la hoja Río Grande (Fig. 26), forma planicies en ambas márgenes del río Grande de Tárcoles. No es clara la relación con los Depósitos de Avalancha Ardiente. Se dejó esta nomenclatura usada por Madrigal, R. (1970), puesto que estos afloramientos representan la continuidad oriental de la hoja Barranca presentada por *ibid.*

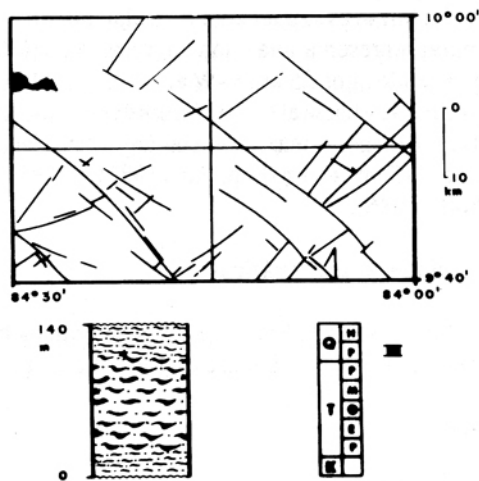


Fig. 26: Fm. Orotina: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs. 1 y 4.

Litología

Las ignimbritas de color gris claro, con fragmentos de pómez (0.5 cm) y esporádicos fragmentos lávicos (1 cm). Con estructura columnar y tobas subyaciendo y coronando la secuencia.

Localidad tipo

Dengo (1961) menciona una localidad al S de Hacienda Vieja, en el cañón del río Tárcoles. Madrigal, R. (1970) indica una localidad de refe-

rencia en "una quebrada al W del camino que baja hacia Tárcoles (pasando frente al colegio de Orotina)", en la hoja Barranca.

Espesor, extensión y forma

Tiene forma tabular y un espesor de por lo menos 140 m. Se extiende unos 25 km a lo largo del río Grande de Tárcoles con un ancho de unos 5 km.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace a la Fm. Grifo Alto en la hoja Río Grande. Según Madrigal, R. (1970), el conglomerado Esparta es la única unidad que sobreyace a estas ignimbritas.

Edad

Bergoeing (1982) reporta una toba y una ignimbrita de 1.28 y 1.38 m.a. respectivamente. Con base en estos datos y la posición estratigráfica, se considera una edad Pleistoceno.

Relaciones genéticas

Dengo (1961) considera su foco origen ubicado en una fractura que se extiende de San Mateo al WNW. Madrigal, R. (1970) expone la hipótesis que bajaron por el cañón del río Grande de Tárcoles. En opinión de los autores y considerado su patrón de distribución pueden ser genéticamente relacionados a los Depósitos de Avalancha Ardiente, en el sentido que corresponden a un mismo evento magmático. El centro de emisión debe haber en las cercanías de Atenas y luego siguieron el valle del río Grande de Tárcoles en su recorrido hacia el W.

Antecedentes

Dengo (1961) describe la "Ignimbritas de Orotina", *ídem* (1962 a) menciona estos depósitos. Madrigal, R. (1970) se refiere a la Fm. Orotina y la cartografía en la hoja Barranca. Castillo, R. (1970) menciona esta unidad geológica. Baxter (1975) la ubica cerca de Mata de Limón. MIEM (1982) y Sáenz & Gamboa (1984) la incluyen.

Bergoeing (1982) reporta dataciones radiométricas. Alvarado, G. (en: Sprechmann, 1984) la menciona.

Publicaciones clave

Dengo (1961)
Madrigal, R. (1970)
Bergoeing (1982)

FORMACION BARVA

Con este nombre se denomina a varias coladas y depósitos piroclásticos que se originaron en la Cordillera Volcánica Central y forman parte del Grupo Volcánico Central (Echandi, 1981) ubicados al N de la hoja Abra y NE de Río Grande sobreyaciendo a los Depósitos de Avalancha Ardiente (Fig. 27). Se incluyen rocas que han sido incluidas dentro de la Fm. Lavas Post-Avalancha (Brenes, 1967 y Kussmaul, 1988) y otros nombres usados para las coladas más meridionales, como la conocida colada de Cebadilla, la cual se presenta en forma de promontorios de bloques que sobresalen de la planicie ignimbrítica.

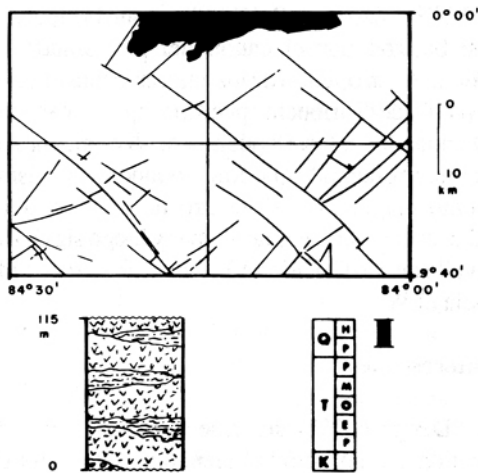


Fig. 27: Fm. Barva: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Litología

Está compuesta por coladas de lavas andesíticas y andesíticas-basálticas con espesores que van desde 10 m hasta 80 m con intercalaciones de aprox. 10 m de ceniza y ocasionalmente lapilli (Echandi, 1981; Protti, 1986).

Localidad tipo

Según Fernández, M. (1969) la localidad tipo se encuentra al SE de Barva de Heredia, margen izquierda de la quebrada Barva.

Espesor, extensión y forma

Su forma es sumamente irregular, aunque en general representa una cuña engrosándose al N. Se extiende unos 25 km E-W en las hojas Abra y Río Grande y hacia el N (hoja Barva) por lo menos 30 km. El espesor máximo en las áreas estudiadas es de 115 m según Echandi (1981) y 185 m (Protti, 1986).

Relaciones estratigráficas

Sobreyace a la Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente, Depósitos Lacustres y Fm. La Cruz.

Edad

Final del Pleistoceno al Holoceno

Antecedentes

Schaufelberger (1935) menciona las "lavas andesíticas de Barva". Crosby (1945) describe lavas que sobreyacen a las tobas entre los ríos Segundo y Ciruelas. Dengo & Chaverri (1951) se refieren a una corriente discontinua de lava en forma de bloques sueltos y frecuentemente formando montículos desde el W de San Antonio de Belén hasta más allá de Cebadilla, San Rafael de Ojo de Agua, Nuestro Amo y Ciruelas. Williams (1952) las denomina "lavas post-avalancha". Sandoval (1968) se refiere a la "Colada de Cebadilla" que Montero (1974) y Piedra (1979) cartografían. Brenes (1967) mapea las lavas post-avalancha.

Dóndoli & Chaves (1968); Bohnenberger & Madrigal, R. (en: Bohnenberger, 1968); Castillo, R. (1969); Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976 a-b); Castillo, R. & Krushensky (1977); Borgoeing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); Denyer & Montero (1988); agrupan ésta y otras unidades en mapas geológicos.

Fernández, M. (1969) utiliza este nombre y la define. Echandi (1981) denomina a la Fm. Barva e indica varias coladas pertenecientes a esta fm. Kussmaul, Paniagua & Gainza (1982) resumen datos químicos. A. Gómez (en: Sprechmann, 1984) resume las características estratigráficas y señala que fue definida por M. Fernández en el año 1968. Kussmaul & Sprechmann (en: Sprechmann, 1984) incluye esta unidad en la Fm. Andesitas Poás. Alvarado, G. (1985) se refiere a la petrología de los estratovolcanes del país. Montalto & Valverde (1985) cartografían las Andesitas Poás. SENARA-BGS (1985) presentan mapa hidrogeológico. Protti (1986) cartografía la Fm. Barva y define varios miembros.

Publicaciones clave

Dengo & Chaverri (1951)
Fernández, M. (1969)
Echandi (1981)
Protti (1986)

CALIZAS DESLIZADAS

En Cangrejal, Llano Bonito y la cuenca alta del río Mesa se observan espesos deslizamientos de las calizas de la Fm. Parritilla que aflora al S (Fig. 28). Particularmente conocidos por los vecinos del lugar es la gruta cerca de Cangrejal, donde incluso se le ha dado connotación religiosa. El karsismo es escaso, la gruta parece formada primeramente entre grandes bloques calizos deslizados y posteriormente afectada por disolución incipiente.

Cerca de Naranjal, en la parte más alta del deslizamiento todavía se observan los estratos calizos con reptación sobre el suelo arcilloso de la Fm. Pacacua. Hacia el E de Llano Bonito se puede comprobar el carácter coluvial de los bloques y estratos de caliza, que tapizan los pasti-

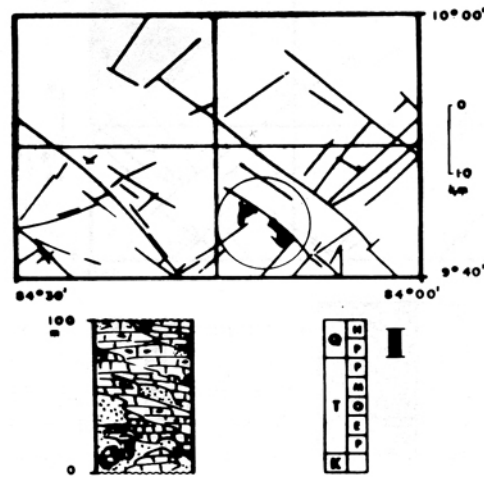


Fig. 28: Calizas deslizadas: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

zales, en un corte de camino se observan bloques de las formaciones Caraigres y Pacacua junto con los de Parritilla, aunque en superficie sólo resaltan las calizas por su resistencia a la meteorización.

Esta masa deslizada sobreyace a las formaciones Caraigres y Pacacua. Se pudo haber originado en el Pleistoceno, por desestabilización tectónica del ángulo de reposo natural de las calizas, produciéndose reptación y caída de bloques. Incluso el deslizamiento parece tener cierta actividad actualmente asociado con la intensa deforestación.

LAHARES Y CENIZAS

La elevación de los edificios volcánicos de la Cordillera Volcánica Central durante el Pleistoceno-Holoceno ocasionó la formación de depresiones (Fig. 29) donde se acumularon los materiales procedentes de los volcanes como avalanchas de lodo y cenizas durante el final del Pleistoceno y el Holoceno, produciéndose también un estancamiento pasajero de agua en lagunas no bien desarrolladas, siendo los últimos vestigios de éste el lago natural de La Sabana y otros pequeños en

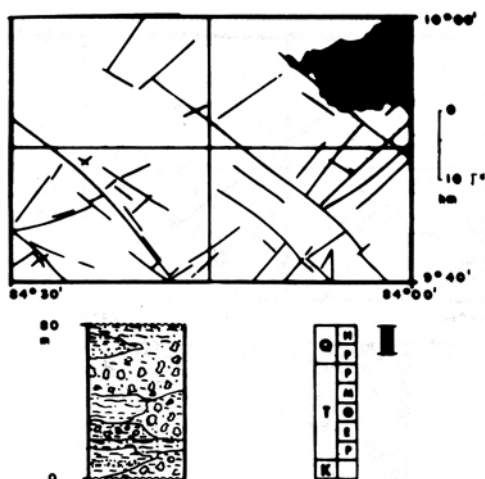


Fig. 29: Lahares y cenizas: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

la parte N del área metropolitana. De ahí el asentamiento de la ciudad de San José en una área de relleno y gran fertilidad natural.

Los lahares tienen unos 60 m de espesor. Son sumamente heterogéneos, con fragmentos volcánicos subangulares, andesíticos principalmente, el tamaño de los fragmentos alcanza más de 1 m, englobados en una matriz arcillosa arenosa y mal cementada. Afloran en el río María Aguilar desde el cruce en la carretera Curridabat-San Pedro hasta su confluencia con el Tiribí, el río Jorco cerca del balneario los Juncales, y algunas porciones del río Damas (Madrigal, R., 1966). Interestratificados, probablemente se encuentran aluviones y avalanchas volcánicas.

Sobre estos depósitos existe una capa de ceniza que es testigo de fenómenos similares a las erupciones del Irazú en 1963. Las cenizas tienen un espesor de 15 m en el tramo de carretera entre La Paulina y Guadalupe y 20 m entre San José y San Juan de Tibás. En estas secuencias se encuentran restos de megamamíferos, los cuales son detallados por Alvarado G. (1986).

Antecedentes

Williams (1952) las denomina "Boulders and Clay Formation" con un espesor máximo de

150 pies. Malavassi, E. (1965) hace varios perfiles. Madrigal, R. (1966) describe "la lavina" que cubre el área metropolitana e indica espesores de ceniza de 18 m y 53 m de lavina. Malavassi, E. & Madrigal, R. (1967) diferencian lahares, ceniza y aluvión en el mapa del área metropolitana. Bohnemberger (1968) los describe como "depósitos de corriente de lodo". Castillo, R. (1969); Krushensky, Malavassi, E. & Castillo, R. (1976 a-b); Bergoing, Malavassi, E. & Jiménez (1980); MIEM (1982); Denyer & Montero (1988) las agrupan con otras rocas de origen volcánico, sin diferenciar. Echandi (1981) describe con base en perforaciones, entre 20 y 60 m de lahares.

DEPOSITOS RECIENTES (ALUVIONES Y COLUVIOS)

Los ríos principales (Fig. 30) del área estudiada: Virilla, Grande de Tárcoles, Candelaria, Tulín, Tarrazú no muestran depósitos aluviales espesos, y cuando los hay, son muy localizados, lo que evidencia un claro dominio de la erosión sobre la depositación, típico de un estado joven del drenaje o en estado de rejuvenecimiento, como es el caso del Virilla, que muestra formas meándricas en cañones profundos.

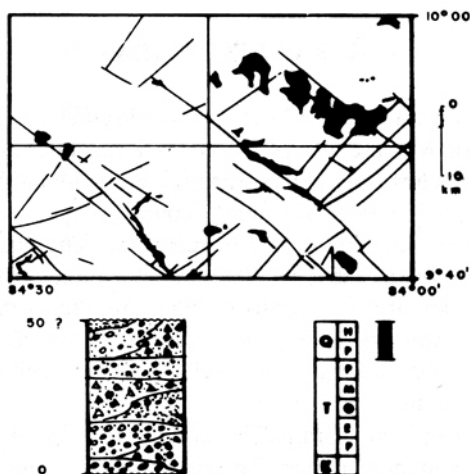


Fig. 30: Depósitos aluviales y coluviales: Ubicación geográfica, columna esquemática y edad. Localización y simbología en Figs.1 y 4.

Sobresalen los abanicos coluvio-aluviales bordeando groseramente los cerros de Escazú. Dentro de los cuales destaca el formado por el río Uruca y sobre el cual se asienta la población de Santa Ana, cuya formación estuvo asociada a fenómenos de deslizamiento-represamiento causando avalanchas, fenómeno actualmente activo (Mora, 1985).

El río Grande de Candelaria estuvo represado cerca de la cota 500 m (hoja Caraigres) como lo evidencian los depósitos aluviales aguas arriba y la ausencia de éstos aguas abajo. Lo confirma la presencia de terrazas unos 40 m sobre el nivel del río en La Mesa. Este represamiento fue causado por la dificultad de erosión que representó la Brecha Verde Coyolar.

Aproximadamente 1 km al SW de la hacienda Tiquires (SW, hoja Caraigres) se observaron colinas alineadas (unos 300 m) con diferencias de elevación de 5 a 15 m, constituidas por fragmentos de litología bastante homogénea, de la Fm. Caraigres una y de la Fm. La Cruz la otra. En ambos casos el tamaño de los fragmentos varía entre 1 m y unos pocos cm, con contacto por bloque e intersticios vacíos y a veces arena como matriz. Se interpreta causado por fenómenos de congeliflucción, lo cual indicaría que al final del Cuaternario hubo una época con congelación de suelo a alturas de 1 300 m. Considerando esto, no es tan difícil que parte de los rellenos cuaternarios del Valle Central tengan relación con descongelamiento de pequeñas masas de hielo, no formando glaciares como en la Cordillera de Talamanca como los descritos por Weyl (1955, 1957 a-b) y Horn (1990), pero sí causando un aporte extra de agua por descongelamiento en el verano o por erupciones volcánicas en la Cordillera Volcánica Central. Alusiones históricas de heladas son comentadas por Weber (1988).

SUMARIO ESTRATIGRAFICO

- Se describe por primera vez la Fm. Caraigres, correspondiendo con sedimentos clásticos marinos depositados cerca del margen litoral.
- La litología del Miembro Tranquerillas se re-define, es decir, se considera que corresponde

solamente con los sedimentos clásticos. Las litologías volcánicas se excluyen de esta unidad. Se adscribe a la Fm. Caraigres.

- Se redefine la Fm. Pacacua, volviendo a la descripción original dada por Castillo, R. (1969). Es decir únicamente se incluyen las vulcanoclastitas, correspondiendo con depositaciones en ambientes altamente oxigenados.

- Las Brechas Verdes Coyolar se definen por primera vez, con rango de miembro adscrito a la Fm. Pacacua. Corresponde con varios niveles de brechas gruesas verdes, que culminan la Fm. Pacacua en el área S de la Cuenca Candelaria. Se correlaciona este evento sedimentario, con la reactivación de la falla Candelaria.

- La Fm. Peña Negra de edad Mioceno Medio, se nomina por primera vez.

Anteriormente esta secuencia fue descrita como Fm. Terraba del Valle Central (Castillo, R., 1969) y como parte de la Fm. Pacacua, después de Rivier (1979). Se incluyen las facies de deposición anóxica y monótona, representada por lutitas negras.

- Se reestructura la posición estratigráfica de la Fm. Coris subyaciendo y sobreyaciendo a San Miguel. Además, Coris es lateral a la Fm. Turrúcares.

- Se diferencian 2 formaciones, presumiblemente dentro del Grupo Aguacate y se describen por primera vez: Fm. La Cruz y Fm. Grifo Alto. La Fm. La Cruz está compuesta por lavas andesíticas-basálticas y algunas tobas. La Fm. Grifo Alto está compuesta por flujos piroclásticos y algunas lavas aisladas.

- Dentro de la Fm. La Cruz, se describen y se cartografían depósitos parálitos marinos que coronan esta Formación. Esta unidad se mantiene con carácter informal.

- Dos unidades informales: Tobitas Ocoa y Calizas deslizadas son descritas por primera vez. Las Tobitas Ocoa son tobitas de color claro que sobreyacen localmente a La Cruz. Las Calizas

Deslizadas corresponden con bloques y capas de la Fm. Parritilla, que se deslizaron a la vez que ocurría el basculamiento de la Cuenca Candelaria.

HISTORIA GEOLOGICA

Durante el Jurásico-Cretácico se originaron los basaltos del Complejo de Nicoya en una dorsal. La colisión N-S del Santoniano Superior (Baumgartner et al., 1984), la cual fue causada por el movimiento entre América del N y S, originó el fraccionamiento de la placa Farallón dando así lugar a la Fosa Mesoamericana, que actualmente limita las placas Cocos y Caribe. Intercalaciones de sedimentos pelágicos evidencian un período sin actividad magmática. El reinicio de ésta debe haber sido post-fraccionamiento. Las últimas manifestaciones pelágicas corresponden a calizas del Campaniano-Maestrichtiano, según dataciones de ídem (1987).

Durante el Paleoceno-Eoceno la subducción fue lenta, lo cual puede haber originado la formación de cámaras magmáticas, causando así un desequilibrio isostático en el Complejo de Nicoya, siendo acelerado por fallas como la Tulín y Candelaria. Esto proporciona el aporte clástico que da origen a depositación turbidítica en cuencas aledañas, desarrolladas al S y representada por la Fm. Lutita-arenisca Cabo Blanco y la Fm. Punta Serrucho, descritas en el área de Quepos (Baumgartner et al., 1984).

En el Eoceno Superior, como resultado del levantamiento regional (ibid.) se instaura una plataforma carbonatada (Fm. Parritilla), cuyo desarrollo fue ayudado por el poco aporte clástico y la ausencia de actividad volcánica. Esta Formación representa el inicio de la depositación de una secuencia sedimentaria de más de 4 500 m de espesor, en la Cuenca Candelaria.

Después del Eoceno hay un aumento significativo del aporte clástico (Fm. Carraigres) como resultado de la aceleración del movimiento vertical, el cual pudo ser originado por uno de los siguientes factores o combinación de ambos: reactivación de las fallas como la Candelaria y Tulín o aumento volumétrico de las cámaras magmáticas causado por una mayor velocidad de subducción.

El Mioceno Inferior se caracteriza por un comportamiento tensional, que coadyuvado con diferencias de densidad origina fallamiento gravitacional E-W. Fracturas provocadas por este comportamiento tectónico, pudieron ser utilizadas para el ascenso del magma, siendo este vulcanismo la fuente de aporte de la Fm. Pacacua.

En el Mioceno Inferior-Medio se cierra la salida de magma por compresión N-S, provocando además intensa erosión tectónica (Brechas Verdes Coyolar) y se inicia la sedimentación entre fallas transcurrentes dextrales NW y las fallas gravitacionales preexistentes E-W (por la dirección de estas no es una típica cuenca "pull-apart"). La pérdida de calor que sobreviene después del esfuerzo principal (Chistie-Blick & Biddle, 1985; Pittman III & Andrews, 1985) provoca la subsidencia necesaria para la depositación anóxica y monótona de la Fm. Peña Negra. A la vez que al borde NE se depositaban las calizas bioclásticas de la Fm. San Miguel.

La reactivación pulsante del vulcanismo en el Mioceno Medio-Mioceno Superior, se manifiesta con materiales, producto de un magma altamente diferenciado, que caracterizan el techo de la Fm. Coris.

El período distensivo del Mioceno Superior reactiva algunos volcanes al S y se forman otros en nuevas fracturas al N con efusión de extensas coladas y tobas (Fm. La Cruz). Esta secuencia culmina con depósitos aluvionales producto de la erosión de los edificios volcánicos y sedimentos parálicos que indican la extinción del vulcanismo.

En el límite Mioceno-Plioceno una compresión N-S bascula la parte central de la Cuenca Candelaria, formando un homoclinal y el plegamiento en Patarrá y en otros sectores. El homoclinal se forma entre las fallas Candelaria y Jaris, y el movimiento continuado en estas fallas produce arrastre en los extremos del homoclinal. Durante este período el Intrusivo de Escazú continúa su ascenso iniciado desde el Mioceno Superior. El Intrusivo sirvió de barrera tectónica, disipando los esfuerzos en el flanco S de los cerros de Escazú. A partir de este momento la energía es liberada por las fallas NW y en menor cuantía por las NE. Además, producto de la acumulación de esfuerzos N-S, se formaron fallas

inversas E-W entre las fallas transcurrentes y el Intrusivo.

La gran compresión con dirección de S a N fue producto de la colisión de la serranía de Cocos, o bien alguna otra irregularidad de la placa Cocos. Esta colisión originó la disminución de la velocidad de subducción de la placa de Cocos, su ruptura y consecuente rejuvenecimiento. Esto provocó la migración de las cámaras magmáticas a la vez que se daba la diferenciación de las antiguas cámaras. Asimismo, el arribo de la serranía de Cocos originó la deformación de Panamá y lateralmente las regiones de Sixaola en el Atlántico y la Cuenca Candelaria en la región central. Una nueva fase tensional (Plioceno) originada, por intermedio de fracturas N-S y/o NE-SW (con alineación NW) tanto la eyección de lavas y flujos piroclásticos de alta temperatura (Fm. Grifo Alto) como la salida de coladas andesíticas (Lavas Intracañón) muy cerca a la posición de la actual Cordillera Volcánica Central. Las manifestaciones tardías de Grifo Alto corresponden con la Fm. Depósitos de Avalancha Ardiente, las ignimbritas de Fm. Orotina y las de San Gabriel (Fm. Grifo Alto).

Como resultado de las efusiones volcánicas de la Fm. Grifo Alto y el basculamiento anterior se originaron estancamientos de agua correspondiendo con los Depósitos Lacustres de San Miguel de Turrúcares y las Tobitas Ococa.

Con la formación de los edificios volcánicos de la Cordillera Volcánica Central se dieron los depósitos de lahares y cenizas que rellenan la depresión originada entre ambos sistemas volcánicos, conocida actualmente como Valle Central.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia se agradece profundamente al Profesor Rodolfo Madrigal, cuyos consejos y motivación fueron bastión fundamental de esta investigación. El complemento petrográfico brindado por Manuel Barrantes, fue básico para el desarrollo de este trabajo.

El soporte económico de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica fue fundamental para la realización de este trabajo, apoyado en el proyecto # 113-086-051.

El Instituto Geográfico Nacional colaboró en forma desinteresada en la publicación de los mapas geológicos. En especial se agradece el apoyo de su director, Ing. Fernando Mauro Rudín, además la ayuda invaluable del Sr. Hernán Cantillano.

La revisión del manuscrito estuvo a cargo de Gerardo Soto, Teresita Aguilar y Siegfried Kussmaul. A los cuales hay que reconocer su paciencia infinita con un escrito tan largo y tan necesitado de correcciones y aclaraciones.

El director y subdirector de la Escuela Centroamericana de Geología, MSc. Sergio Paniagua y MSc. Walter Montero apoyaron a los autores de este trabajo.

REFERENCIAS

- AGUILAR A., T., 1978: Fauna de un perfil de la Fm. Térraba (Oligoceno, CR). - Tesis Lic. ECG-UCR., 84 p + 15 fig.
- _____, 1979: *Folidiscus Tablazoi*, nov. gen. sp., arthropoda de posición sistemática desconocida. - *Brenesia* (15): 87-94, SJ.
- AGUILAR D., A., 1984: Sismicidad del 3 al 9 de setiembre de 1980 y su relación con la geología de la cabecera del río Navarro, Cartago. - Tesis Lic. ECG-UCR., 168 p.
- AGUIRRE A., E., 1988: Informe geológico del S del Valle Central, Monterrey y alrededores, SJ-CR. - *Inf. Geol. Campo II*. ECG-UCR., 16 p.
- _____, MOORE C., F. & HERRERA I., I., 1988: Geología de una parte al SW del Valle Central Guatila a alrededores, cant. de Acosta, prov. de SJ-CR. - *Inf. Camp. Geol.* ECG-UCR., 65 p.
- ALAN M., M.A., 1978: Geología del área NW de San Gabriel de Aserrí. - *Inf. Camp. Geol.* ECG-UCR., 40 p.
- _____, 1979: Mapa geológico de la nariz del anticlinal de Patarrá (caliza de San Miguel). - CODESA-Dir. de Desarrollo Geol. y Rec. Min. (1:2 000). SJ.
- _____ & FISCHER, R., 1982: Primer hallazgo de braquiópodos en CR. - *Brenesia* (19-20): 333-351, SJ.

- ALFARO B., A., 1988: Geología del área de Teruel de Acosta, comprendida entre la fila San Jerónimo y la fila Coyolar, cant. de Acosta, CR. - *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR.*, 36 p.
- _____, GOMEZ V., M. & ZARATE R., K., 1987: Gira a los cerros de Candelaria. - *Inf. Geol. Campo II ECG-UCR.*, 19 p.
- ALFAROG., A., 1911: Comprobaciones geológicas. - *Bol. Fomento CR.* 1 (2): 123-131.
- _____, 1913: Rocas sedimentarias de CR. - *Bol. Fomento CR* 3 (12): 853-861.
- ALVARADOC., M.E., 1982: Estudios sedimentológicos en la Fm. Pacacua (Mioceno, CR). - Tesis Lic. ECG-UCR, 185 p.
- ALVARADO I., G.E., 1984: Aspectos petrológicos-geológicos de los volcanes y unidades lávicas del Cenoico Superior de CR. - Tesis Lic. ECG-UCR., 183 p.
- _____, 1985: Consideraciones petrológicas de los estratovolcanes de CR. - *Rev. Geol. Amér. Central* (3): 103-128.
- _____, 1986: Hallazgos de megamamíferos fósiles en CR. - *Rev. Geol. de Amér. Central* (4): 1-46.
- _____, Kussmaul, S., Chiesa, S., Gillot, P.- Y.: 1990: Cuadro cronoestratigráfico de dataciones radiométricas K-Ar y U-Th en CR (en preparación, aprox. 18 p.).
- ALVARADO V., F., 1984: Geología estructural y Tectónica al S del Valle Central CR (Tarbaca). - Tesis Lic. ECG-UCR, 108 p.
- ALVAREZ E., F., 1982: Geología de Bustamante y alrededores, prov. de SJ, CR. - Tesis Lic. ECG-UCR, 53 p.
- AMOS, B.J. & ROGERS, P.J., 1983: Appendix I: Rock analyses and K/Ar ages from Aguacate and Monteverde Formations. - En: *The geology and exploration geochemistry of The Cordillera Tilarán-Montes del Aguacate gold field, CR.* - Institute of Geological Science.
- ARIAS M., O., 1988: Geología de Pozos de Puriscal y alrededores, SJ-CR. - *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR.*, 15 p.
- _____, Peraldo H., G., Saravia M., M., 1987: Geología de la zona de Jilgueral, Puriscal. - *Inf. Campo II ECG-UCR.*, 9 p. + 7 fig.
- _____, & DENYER CH., P., 1990 a: Geología de la hoja Carraigres (mapa). - IGN (1:50 000), SJ-CR.
- _____, 1990 b: Geología de la hoja Río Grande (mapa). - IGN (1:50 000), SJ.
- ARREDONDO L., S., 1989: Geología de Guarumal y alrededores, prov. de SJ, CR. - *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR.*, 38 p.
- _____, HERNANDEZ V., S., MADRIGAL M., J., 1988: Informe geológico de una zona al W del Valle Central. - *Inf. Campo II ECG-UCR.*, 22 p.
- ATTWOOD, G., 1882: On the geology of part of CR. - *Quart. Jour. Geol. Soc. London* 38: 328-340.
- AVILA B., M., 1984: Geología y microsismicidad de San Ignacio de Acosta y alrededores (SW del Valle Central de CR). - Tesis Lic. ECG-UCR, 33 p.
- AVILA., G.A., 1985: Geología de Punta Leona, cerros Chiquero y alrededores. - *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR.*, 25 p.
- BAUMGARTNER, P.O., 1987: Tectónica y sedimentación del Cretácico Superior en la zona pacífica de CR (América Central). - En: BARBARIN, J.M., GURSKY, H. - J. & MEIBURG, P. (Eds): *El Cretácico de México y América Central.* - *Actas Fac. Ciencias Tierra U.A.N.L.* 2: 251-260, Linares-México.
- _____, MORA R., C., BUTTERLIN, J., SIGAL, J., GLACON, E., AZEMA, J. & BURGOIS, J., 1984: Sedimentación y paleogeografía del Cretácico y Cenoico del litoral pacífico de CR. - *Rev. Geol. Amér. Central* (1): 57-136, SJ.
- BAXTER G., S., 1975: Geología de una parte de las hojas Esparta y Tivives. - *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR.*, 22 p.
- _____, 1976: Estudio geológico de las fms. Mata de Limón y Punta Carballo, CR. - Tesis Lic. ECG-UCR, 66 p.
- BELLON, H. & TOURNON, J., 1978: Contribution de la géochronométrie K-Ar á l'étude du magma-

- tisme de CR., Amérique Central.- Bull Soc. Géol. France 7, XX(6): 955-959.
- BERGOEING, J.P., 1982: Dataciones radiométricas en algunas muestras de CR.- Inf. Sem. IGN en-jun. 1982: 71-86, SJ-CR.
- _____, MALAVASSI V., E. & JIMENEZ R, R., 1980: Síntesis geológica del Valle Central de CR (2 mapas).- IGN-UCR (1:100 000).
- BERRANGE, J.P., 1977: Reconnaissance geology of the Tapantí Quadrangle, Talamanca Cordillera, CR.- Report 37 Inst. of Geol. Sciences, Overseas Division, 72 p., Londres.
- _____, J.P. & THORPE, R.S., 1988: The Geology of The Cretaceous-Tertiary Ophiolitic Nicoya Complex of The Osa Península, Southern CR.- Tectonophysics 147: 193-220.
- BOHNENBERGER, O.H., 1968: A photogeological study of the Western Central Valley, CR.- Report Groundwater Project, United Nations Development Programme, 20 p., SJ.
- BRANSON, E.B., 1928: Some observations on the geography and geology of middle-eastern CR., - Univ. of Missouri Studies 3(1): 29-73.
- BRENES M., M.A., 1967: Contribución a la geología del Valle Central occidental (h. Turrúcares).- Tesis Fac. Agr.-UCR, 135 p + anexo.
- BURGOIS, J., AZEMA, J., BAUMGARTNER, P.O., TOURNON, J. DESMET, A. & AUBOIN, J., 1984: The geologic history of the Caribbean-Cocos plate boundary with special reference to the Nicoya Ophiolite Complex (CR) and DSDP results (legs 67 and 84 off Guatemala: a synthesis.- Initial Reports DSSP LXXXIV: 831-849, Washington.
- CARBALLOH., M.A., 1977: Geología de la zona S de Quebrada Honda, Patarrá, SJ-CR.-Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 39 p.
- _____, 1978: La Fm. San Miguel, Mioceno Inferior, CR.- Tesis Lic. ECG-UCR, 157 p.
- _____ & FISCHER, R., 1978: La Fm. San Miguel (Mioceno, CR).- Inf. Sem. IGN en.-jun. 1978:45-144, SJ.
- CASTILLO M., M., 1988: Estudio geológico del área comprendida entre quebrada Grande y quebrada Achioté, cant. de Acosta, prov. SJ.- Inf. Comp. Geol. ECG-UCR., 27 p.
- CASTILLO M., R., 1967: Aspectos de geología económica de las hojas Abra y Río Grande.- Inf. Tec. Notas Geol. MEIC 6(8), 14 p.
- _____, 1969: Geología de los mapas básicos Abra y partes de Río Grande, CR.- Inf. MEIC, 40 p. + mapa 1:50 000.
- _____, 1970: Geología del mapa básico Río Grande CR.- Inf. Téc. notas geol. MEIC 9(39), 27 p.
- _____, 1984: Geología de CR: una sinopsis.- Editorial UCR, 188 p., SJ.
- _____, & KRUSHENSKY, R.D., 1977: Mapa geológico y corte transversal de la h. Abra, CR.- U.S. Geol. Survey-MEIC (1:50 0000).
- CASTRO., J.F., 1977: Geología de la zona comprendida entre San Miguel-Alto Burío, cant. de Aserrí y Desamparados.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 16 p + 4 Tablas.
- CERDAS S., A., 1989: Geología del área N de Bajo Rey, margenes del río Grande de Candelaria, prov. SJ, CR.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 51 p.
- _____, ESQUIVEL V, L. & MUÑOZH., G., 1988: Geología de una región de las h. Topográficas Abra y Río Grande, CR.- Inf. Geol. Campo II ECG-UCR, 16 p.
- CERVANTES L., J.F., 1985: Estudio geológico de la zona de Tárcoles y alrededores, prov. Puntarenas, CR.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 57 p.
- CHAVES C., R., 1987: The Aguacate mines of CR: Geology and appraisal.- Bollettino della Associazione Mincriaria Subalpina XXIV (1-2): 217-226.
- _____ & SAENZ, R., R., 1974 Geología de la Cordillera de Tilarán (Proyecto Aguacate, 2da. fase).- Inf. Téc, y Notas Geol. MEIC (53), 49 p.
- CHAVEZ C., J.A., 1976: Geología de una parte de la h. Abra.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 12 p.

- CHRISTIE-BLICK, N. & BIDDLE, K.T., 1985: Deformation and basin formation along strike-slip faults. - En: BIDDLE, K.T. & CHRISTIE-BLICK, N. (Eds): Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation. - Soc. Econ. Paleont. Spec. Publ. 37 : 1-34.
- COMISION AMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRAFICA, 1970: Código de Nomenclatura Estratigráfica (Trad. Manuel Alvarez Jr.) - México D.F.: Inst. Geol.U.N.A.M., Sociedad Geol. Mexicana & Asociación Mexicana de geólogos petroleros, 28p.
- CORRALES Z., I., ROSELL S., J., SANCHEZ de la T., J.A. & VILAS M., L., 1977: Estratigrafía. - Madrid: Rueda, 718 p.
- CROSBY, I. B., 1945: Geología del cañón del río Virilla, en la meseta central occidental de CR (Trad. F. GUTIERREZ) .- Bol. Téc. Depto. Nac. Agr. (49): 1-19, SJ-CR.
- DEBOER, J., 1979: The outer arc of The Costa Rican orogen (oceanic basement complexes of The Nicoya and Santa Elena Peninsulas) .- Tectonophysics 56 (3-4) : 221-259.
- DENGO, G., 1961: Notas sobre la geología de la parte central del litoral pacífico de CR .- Inf. Sem. IGN jul.-dic. 1960: 43-63 SJ.
- _____, 1962 a: Tectonic-igneous sequence in CR .- Petrologic studies, volume in honor of A.F. Buddington, Geol. Soc. Am.: 133-161.
- _____, 1962 b: Estudio geológico de la región de Guanacaste. - SJ-CR : IGN , 112 p.
- _____ & CHAVERRI R., G., 1951: Reseña geológica de la región Sudoeste de la Meseta Central de CR .- Rev. UCR (5): 313-326.
- DENYER CH., P., 1988: Encantamientos y geología - Periódico Universidad (846) : 5, SJ.
- _____ (Ed.), 1989: Campaña 89 (Síntesis Camp. Geol.) .- Inf. ECG-UCR, 21 p.
- _____, MONTEROP., W., SOTO, G., QUESADA, A., PEREZ, C. & RODRIGUEZ, D., 1987: Geología y Tectónica de la margen oriental del Golfo de Nicoya, CR .- Ciencia y Tecnología IX (2): 17-31.
- _____ & MONTEROP. W., 1988: Mapa geo-estructural del Valle Central de CR .- IGN (1:150000), SJ.
- _____ & SOTO, G. (Eds.), 1988: Síntesis Camp. Geol. 1988 (Geología del SW del Valle Central, CR) .- Inf. ECG-UCR, 34 p.
- _____ & ARIAS M., O., 1990 a: Geología de la hoja Abra (mapa) .- IGN (1:50 000) , SJ.
- _____, 1990 a: Geología de la hoja Candelaria (mapa) .- IGN (1:50 000), SJ.
- DOMINGUEZ A., R.A., 1975: Mapa geológico de 23 km2 en Piedades de Santa Ana, CR .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 17 p.
- DONDOLIB., C., 1940: Rocas de CR, determinación y estudio petrográfico .- Bol. Téc. Dep. Nac. Agr. (32): 1-9, SJ.
- _____, 1943: A. Visión rápida geoagronómica de la Meseta Central., B. Relación entre el terreno y la roca .- Bol. Téc. Dpto. Nac. Agr., 7 p., SJ.
- _____, 1951: Estudio geoagronómico, zona de Palmares .- Bol. Téc. Ministerio de Agr. Ind. (5), 16 p., SJ.
- _____, 1954: Estudio geológico de la región oriental de la Meseta Central .- En: DONDOLI B., C. & TORRES A, C. : Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central .- SJ-CR: Ministerio de Agr. Ind.: 11-47.
- _____, 1965: General geological-petrographic and mineral information of CR .- Inf. Téc. NOTas Geol. MEIC 4 (13 b), 11 p., SJ.
- _____, 1966: Informe geológico-mineario sobre el área del Bajo del Naranjo en la zona de Desmonte del Aguacate .- Inf. Téc. Notas Geol. MEIC (22), 3 p.
- _____, 1968: Información general geológico-petrográfica y mineralógica sobre CR .- Inf. sem. IGN jul.-dic. 1968: 18-30, SJ.
- _____ & CHAVES C., R., 1968: Mapa adjunto al estudio geológico del Valle Central .- IGN (1: 150 000), SJ.

- _____, DENGO, G & MALAVASSI V., E., 1968: Mapa geológico de CR.- IGN (1: 700 000) SJ.
- DURHAM, W.J., 1961: Miocene echinoids from The Valle Central, CR.-*Jour. Paleont.* 35 (3): 480-488.
- ECHANDI E., E., 1981: Unidades volcánicas de la vertiente N de la cuenca del río Virilla.- Tesis Lic. ECG-UCR, 123 p.
- ESCALANTE M., G., 1966: Geología de la cuenca superior del río Reventazón, CR.- *Publ. Geol. ICAITI* (1): 59-70, Guatemala.
- ESQUIVEL V., L., 1989: Geología de una área comprendida entre ríos Guarumal y San Vicente. Prov. de SJ, CR.-*Inf. Camp. Geol. ECG-UCR*, 41 p.
- FERNANDEZ C., M., 1965: Estudio geológico y evaluación de un yacimiento de areniscas silíceas localizado en la región S-occidental del cerro La Carpintera.- *Inf. Téc. y Notas Geol. MEIC* 4 (20), 41 p.
- _____, 1969: Las unidades hidrogeológicas y los manantiales de la vertiente N de la cuenca del río Virilla.- *Investigación de aguas subterráneas en CR* *Inf. Téc.* 27, 56 p., CR.
- _____ & MADRIGAL G., R., 1960: Calcáreos y calizas de la zona de Patarrá.- *Inf. MEIC* I (4), 17 p., SJ.
- FISCHER, R., 1981: El desarrollo paleogeográfico del Mioceno de CR.- En: *An. II Congreso Latinoamericano de paleontología: 565-579*, Porto Alegre.
- _____, 1985: La fauna de la Fm. Turrúcares (Mioceno, Valle Central, CR).- *Geológica et Paleontológica* 19: 191-225.
- _____ & FRANCO A., J.C., 1979: La Fm. Coris (Mioceno, Valle Central, CR).- *Inf. Sem. IGN* en.-jun. 1979: 15-71, SJ.
- FLORES A., H., 1989: Geología de la fila Cangreja y su flanco S, cant. de Puriscal, prov. SJ, CR.- *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR*, 42 p.
- _____, HERNANDEZ G., E. & VEGA Z., E., 1988: Cartografiado geológico de parte de las h. Abra y Río Grande (Ciudad Colón y alrededores, CR).- *Inf. Geol. Campo ECG-UCR*, 50 p.
- FRANCO A., J.C., 1977: Geología de la zona N de Quebrada Honda, Patarrá, SJ, CR.- *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR*, 32 p.
- _____, 1978: La Fm. Coris (Mioceno, Valle Central, CR).- Tesis Lic. ECG-UCR, 87 p.
- GABB, W. M., 1978: Talamanca, el espacio y los hombres (Recopilación, Presentación de L. Ferrero).- SJ: Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, 168 p + 28 fig.
- GALLI-OLIVIER, C., 1977: Edad de un emplazamiento y período de acumulación de la afiolita de CR.- *Ciencia y Tecnología (UCR)* 1(1): 81-86.
- _____, 1979: Ophiolite and island-arc volcanism in CR.- *Geol. Soc. Amer. Bull.* 90: 444-452.
- GALVEZ O., M.A., 1988: Geología de Candelarita y sus alrededores, prov. SJ, CR.- *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR*, 36 p.
- _____, SALAZAR M., L.G. & RUDIN A., A., 1987: Gira a Candelaria.- *Inf. Geol. Campo II ECG-UCR*, 17 p.
- GOMEZ P., L.D., 1973: Criptonemiales calcáreas fósiles en las calizas Terciarias de Patarrá, CR.- *Rev. Biol. Trop.* 21(1): 107-110.
- GOMEZ V., M.A., 1988: Estudio geológico de los alrededores de Teruel de Acosta, cant. San Ignacio de Acosta, prov. SJ.- *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR*, 32 p.
- GRANADOS V., R., 1977: Geología de la zona entre Higuito y Aserrí, cant. de Desamparados y Aserrí, prov. SJ.- *Inf. Camp. Geol. ECG-UCR*, 19 p.
- GURSKY, H. J., 1987: Los complejos basales de Centroamérica meridional, hechos y problemas.- En: BARBARIN, J. M., GURSKY, H., -J. & MEIBURG, P. (Eds.): *El Cretácico de México y Amér. Central*.- *Actas Fac. Ciencias Tierra U.A.N.L.* 2: 243-249, Linares-México.
- _____, 1989: Presencia y origen de rocas sedimentarias en el basamento ofiolítico de CR.- *Rev. Geol. Amér. Central* (10): 10-66.

- _____ & SCHMIDT-EFFING, R., 1983: Sedimentology of the radiolarites within the Nicoya Ophiolite Complex (CR, Central America) .- En: IJIMA, A., HEIN, J.R. & SIEVER, R: Siliceous in the Pacific Region .- Dev. Sedimentol. 36: 127-142.
- GURSKY, M. M., 1988: Análisis Tectónico de la Península de Nicoya (CR) y su significado para el desarrollo estructural geodinámico de América Central .- Rev. Geol. Amér. Central (8): 19-75.
- HAAS, O., 1942: Miocene moluscs from CR .- Jour Paleont. 16 (3): 307-316.
- HEIN, J.R., KUIJPERS, E.P., DENYER CH., P. & SLINEY, R. 1983: Petrology and geochemistry of Cretaceous and Paleogene cherts from CR .- En: IJIMA, A., HEIN & SIEVER, R. (Eds.): Siliceous Deposits in the Pacific Region .- Dev. Sedimentol. 36: 143-174.
- HENNINGSEN, D. & WEYL, R., 1967: Ozeanische Kruste im Nicoya-Komplex von CR (Mittelamerika) .- Geol. Rundschau 57: 3-47.
- HERNANDEZ G., E., 1989: Estudio geológico de una zona entre los poblados de Quebrada Honda y Naranjal, SJ, CR .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 64 p.
- HERNANDEZ V., S., 1989: Geología de una área entre Mastatal y Santa Rosa, SJ- CR .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 27 p.
- HERRERA C., D., 1985: Estudio geológico de la zona comprendida entre el pueblo Quebrada Ganado y cerros Chiquero, prov. de Puntarenas .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 38 p.
- HERRERA I., I.R., 1988: Informe geológico de una parte de la región S del Valle Central .- Inf. Campo II ECG-UCR, 30 p.
- HERRERA O., J., 1977: Geología de la zona S y W de Ciudad Colón .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 31 p.
- HILL, R.T., 1898: The geological history of the isthmus of Panamá and portions of CR .- Bull. of the Museum of Comparative Zoology (Harvard College) XXVIII (5): 285 p + 24 fig. + XIX láminas.
- HOFFSTETTER, R., DENGO, G. & WEYL, R., 1960: Costa Rica .- En: HOFFSTETTER, R. (Ed): Lexique Stratigraphique International, Amérique Centrale .- Centre National de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.), París, Fascículo 2, 5: 223-306.
- HORN, S. P., 1990: Timing of deglaciation in the Cordillera de Talamanca, C. R. .- Climate Research 1: 81-83.
- KRUCKOW, T. & GOMEZ P., L.D., 1974: Notes on the paleoecology of the fossil algae of C.R.I. .- Brenesia (4): 23-29, SJ.
- KRUSHENSKY, R.D., 1972: Geology of the Istarú Quadrangle, CR .- Geol. Survey Bull. 1358, 46 p., Washington.
- _____, MALAVASSIV., E. & CASTILLO M., R., 1976 a: Mapa de reconocimiento geológico y cortes transversales de CR central .- U.S. Geol. Survey- MEIC, Series map 1-899 (1:100 000), Arlington.
- _____, 1976 b: Geology of Central CR and its implications in the geologic history of the region .- Jour. Research U.S. Geol. Survey 4(2): 127-134.
- KUIJPERS, E., 1979 a: La geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, CR .- Inf. Sem. IGN jul.-dic. 1979: 15-75, SJ.
- _____, 1979 b: Análisis sedimentológico de la Fm. Punta Carballo (Mioceno), CR .- Inf. Sem. IGN jul.-dic. 1979: 77-93, SJ.
- _____, 1980: The geologic history of the Nicoya Ophiolite Complex, CR., and its geotectonic significance .- Tectonophysics 68: 233-255.
- KUSSMAUL, S., 1987: Petrología de las rocas intrusivas Neógenas de CR .- Rev. Geol. Amér. Central (7): 83-111.
- _____, 1988: Comparación petrológica entre el piso volcánico del Valle Central y la Cordillera Central de CR .- Ciencia y Tecnología 12(1-2): 109-116.
- _____, PANIAGUA P., S.A., GAINSA, J., 1982: Recopilación, clasificación e interpretación petroquímica de las rocas de CR .- Inf. Sem. IGN jul.-dic. 1982: 17-79, SJ.

- LAURITO M., C., 1988: Análisis sedimentológico de las fms. El Fraile, en la costa SW de Nicaragua, Carmen y Punta Carballo, en la costa pacífica de CR. - Tesis Lic. ECG-UCR, 117 p.
- LEANDROM., C.E., 1985: Geología del cerro Rincón Vellaco, valle de Herradura y alrededores. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 31 p. + anexos.
- LEON P., L.F., 1989: Geología de Santa Rosa y alrededores, SW de la h. Candelaria, CR. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 57 p.
- LOPEZ S., A., 1975: Geología de una zona de la hoja Abra, prov. SJ, CR. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 23 p.
- LUNDBERG, N., 1982: Evolution of the slope landward of the Middle America Trench, Nicoya Peninsula, CR. - En: LEGGETT, J.K. (Ed): Trench fore arc geology, sedimentation and tectonics on modern and ancient active plate margins. - Spec. publ. Geol. Soc. London (10): 13-147.
- MAC DONALD, D.F., 1920-1921: Informe final geológico y geográfico de CR. - Rev. de CR 2: 28-32, 50-57, 106-111, 139-148.
- MADRIGAL C., O., 1975: Geología de una parte de la h. Río Grande. - Inf. Camp. ECG-UCR, 21 p.
- MADRIGAL M., J., 1989: Estudio geológico de una parte de la cuenca del río Tulín, entre el río Galán y la quebrada San Gabriel, SJ, CR. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 55 p.
- MADRIGAL G., R., 1960: Algunas localidades con diatomita de CR. - Inf. Téc. y Notas Geol. MEIC II (5), 13 p., SJ.
- _____, 1966: La lavina. - Inf. Téc. y notas geol. MEIC (21): 1-6, SJ.
- _____, 1967: Estudio geológico y evaluación de algunos yacimientos de piedra pómez en CR. - Inf. MEIC (26), 29 p., SJ.
- _____, 1970: Geología del mapa básico "Barraza", CR. - Inf. Téc. Notas Geol. MEIC IX (37), 59 p.
- MALAVASSI R., L.R., 1977: Geología del área comprendida entre San Miguel-Poás, cant. Desamparados-Aserri. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 25 p.
- MALAVASSI V., E., 1960: Algunas localidades de CR con foraminíferos grandes. - Inf. Téc. Notas geol. MEIC 1(3), 5 p. SJ.
- _____, 1961 a: Una localidad del Mioceno Inferior en el Valle central occidental de CR. - Inf. téc. Notas Geol. -MEIC 1 (6), 7 p.
- _____, 1961 b: Some Costa Rican larger foraminiferal localities. - Jour. Paleont. 35 (3): 498-501.
- _____, 1965: Reseña geológica del Valle Central de CR. - Inf. MIEM (14), 25 p. SJ.
- _____, 1967: Informe geológico de la hoja Candelaria. - Inf. MEIC (agosto), 16 p., SJ.
- _____ & MADRIGAL G., R., 1965: Mapa geológico, H. Carraigres N° 3345-II. - MIEM (1:100 000 aprox.), SJ.
- _____, 1967: Reseña geológica del área metropolitana de CR. - Inf. Téc. Notas Geol. 6(29), 14 p., SJ.
- MATHERS, S., 1989: Costa Rican diatomite: a review of existing knowledge and future potential. - Rev. Geol. Amér. Central (10): 3-17.
- MESCHEDE, M., FRISCH, W. SICK, M., 1988: Interpretación geodinámica de los complejos ofiolíticos de CR. - Rev. Geol. Amér. Central (8): 1-17.
- MIEM, 1982: Mapa geológico de CR. - IGN (9 mapas, 1: 200 000), SJ.
- MIYAMURA, S., 1975: Recent crustal movements in CR disclosed by releveling surveys. - En: PAVONI, N. & GREEN, R. (Eds.): Recent Crustal Movements. - Tectonophysics 29 (1-4): 191-198.
- MOLINA Z., F., 1989: Estudio geológico de Zapatón y alrededores, prov. SJ, cant. de Puriscal. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 47 p.
- _____, SALAZAR A., M. & LEON P., L.F., 1988: Geología de la h. Abra y Río Grande, área SW, CR. - Inf. Geol. Campo II ECG-UCR, 12p.

- MONTALTO G., F. & VALVERDE G., R., 1985: Mpa geológico regional, Proyecto hidroeléctrico Virilla.-I.C.E. - Dpto. Geol. (1:10 000) SJ.
- MONTERO P., W., 1974: Estratigrafía del Cenozoico del área Turrúcares, prov. Alajuela, CR.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 40 p.
- MOORE C., F.A., 1988: Geología del área alrededores de Monterrey (Prov. SJ) y del S del cerro Caraigres (Prov. Cartago) .- Inf. Geol. Campo ECG-UCR, 27 p.
- MORA C., S., 1985: Las laderas inestables de CR.- Rev. geol. Amér. Central (3): 129-161.
- _____, & BRENES Q., L.G. 1984: Carta geológica y geomorfológica preliminar, cuenca del río Parrita.- Escuela Historia y Geografía UCR (1: 50 000).
- _____, VALVERDE G., R. & BRENES Q., L.G., 1985: Análisis geológico-geomorfológico de la cuenca del río Pirris (Parrita), CR.- Inf. MAG-ITCR-AID, 31 p., SJ.
- MORALES M., L.D., 1975: Estudio Geológico, esquina SW h. Istarú.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 27 p.
- OBANDO A., L.G., 1983: Estratigrafía y petrografía de las rocas aflorantes al S del Valle Central (Tarbaca) .- Tesis Lic. ECG-UCR, 136 p.
- _____, 1985: Petrografía del intrusivo de Escazú (Valle Central, CR, Amér. Central) .- Brenesia (24): 1-18.
- PANIAGUA P., S., 1985: Características geológicas-petrográficas de los volcanes de la Cordillera Central y sumario de sus actividades .- Brenesia (23): 43-95, SJ.
- PERALDO H., G., 1988: Geología de los ríos San Francisc, Salitrillo y alrededores, prov. SJ, CR.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 43 p.
- PIEDRA P., J., 1979: Geología general, proyecto Ventanas-Garita (mapa) .- ICE (1: 25 000) SJ.
- PITMAN III, W.C. & ANDREWS, J.A., 1985: Subsidence and thermal history of small pull-appart basins.- En: BIDDLE, K.T. & CHISTIE-BLICK, N. (Eds), 1985: Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation.- Soc. Econ. Paleont. miner. Sp. Publ. 37: 45-49.
- PROTTI Q., R., 1986: Geología del flanco S del volcán Barva.- Bol. Vulcanología UNA (17) 23-31, Heredia-CR.
- REDFIELD, A.H., 1923: The petroleum possibilities of CR.- Econ. Geol. XVIII (4): 354-381.
- RIVIER S., F., 1979: Geología del área N de los Cerros de Escazú, Cordillera de Talamanca, CR.- Inf. Sem. IGN en.-jun. 1979: 99-132 SJ.
- _____, & CALVO V., C., 1988: Terciario del S del valle Central: sección estratigráfica del cerro Caraigres, prov. SJ, CR.- Rev. Geol. Amér. Central (9): 61-74.
- ROBERTS, R.J., 1944: Manganese deposits in CR.- U.S. Geol. Survey Bull. 935: 387-414.
- ROJAS E., J.F., 1976: Geología de una parte de la h. Abra.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 12 p.
- ROMANES, J., 1912 a: Geology of part of CR.- Quart. Jour. Geol. Soc. London 68: 103-139.
- _____, 1912 b: Geological notes on the Península of Nicoya, Costa Rica.- Geol. Magazine London 9: 258-265.
- RUDIN, A., A., 1988: Estudio geológico del área de Teruel de Acosta y alrededores, prov. SJ.- Inf. camp. Geol. ECG-UCR, 43 p.
- SAENZ R., R., 1971: Aparatos volcánicos y fuentes termales de CR.- Inf. Téc. Notas Geol. (41), 15 p.
- _____, & COTO Q., A., 1971: Análisis químicos, rocas ígneas de CR.- Inf. Téc. Notas Geol. MEIC (46), 23 p., SJ.
- _____, & GAMBOA R., E., 1984: Notas explicativas y fe de erratas Mapa geológico de CR escala 1: 200 000.- MIEM-CONICIT, 19 p., SJ.
- SALAZAR A., M., 1989: Geología de la esquina SW de la h. Candelaria.- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 27 p.
- SALAZAR M., L.G., 1988: Estudio geológico del valle del río Grande de Candelaria, prov. SJ, cant.

- de Puriscal .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 38 p.
- SANDOVAL M., L.F., 1961: Geología de una parte de la región NW del Valle Central .- Inf. MEIC 1 (9), 14 p., SJ.
- _____, 1966: Estudio geológico y evaluación de un yacimiento de diatomita localizado en la región de Turrúcares de Alajuela .- Inf. MEIC 5 (23), 42 p., SJ.
- SARAVIA M., M.A., 1988: Estudio geológico de la zona comprendida entre Cañales Abajo y Fila Coyolar, Puriscal, prov. SJ .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 27 p.
- SEARS, J.D., 1919: Deposits of manganese ore in CR and Panamá .- Bull. U.S. Geol. Survey 710 C: 61-91.
- SCHAUFELBERGER, P., 1931: Costa Rica .- SJ: Imprenta y Litografía Universal, 83 p.
- _____, 1934: La necesidad de un mapa geológico CR y su importancia para la industria cafetalera .- Reimpresión, Rev. del Inst. de Defensa del Café de CR (1), 8 p.
- _____, 1935: Un estudio geológico de la Meseta Central-Occidental, apuntes de Geología N° 10 .- Rev. del Inst. de Defensa del Café de CR (2), 15 p.
- SCHMIDT-EFFING, R., 1979: Alter und Genese des Nicoya-Komplexes, einer ozeanischen PaläoKruste (Oberjura bis Eozän) in südlichen Zentralamerika .- Geol. Rundschau 68 (2): 457-494.
- _____, 1980 a: Rasgos fundamentales de la historia del Complejo de Nicoya (Amér. Central meridional) .- Brenesia (18): 231-252, SJ.
- _____, 1980 b: El origen del istmo centroamericano como vínculo de dos continentes .- En: Investigación Geocientífica en Latinoamérica .- Deutsche Forschungsgemeinschaft-Inst. Colaboración científica: 21-29, Bonn.
- SCHUCHERT, C., 1935: Historical geology of the Antillean-Caribbean Region .- New York: Wiley & Sons, 812 p.
- SENARA & BGS, 1985: Mapa hidrogeológico del Valle Central de CR .- SENARA-BGS (1:50000), Gran Bretaña.
- SEYFRIED, H. & SPRECHMANN, P. & AGUILAR A., T., 1985: Sedimentología y paleoecología de un estuario del litoral pacífico del istmo centroamericano primordial (Mioceno Medio, CR) .- Rev. Geol. Amér. Central (3): 1-68.
- _____, ASTORGA G., A. & CALVO, C., 1987: Sequence stratigraphy of deep and shallow water deposits from an evolving island arc: the upper Cretaceous and Tertiary of Southern Central America .- Facies 17: 203-214 .
- SOTO, B., G.J., 1985: Estudio geológico entre La Pita y río Camaronal, prov. de Puntarenas y SJ .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 38 p.
- SPRECHMANN, P., 1983: Paleoecología de la Fm. San Miguel (Mioceno, CR) .- En: 10ª Conferencia Geológica del Caribe: Programa y Resúmenes de los trabajos: 66-67, Cartagena de Indias.
- _____, (Ed.), 1984: Manual de Geología de CR, vol. 1, Estratigrafía .- SJ: Editorial UCR, 320 p.
- SUAREZ M., A. & MALAVASSI V., E., 1953: Estudio geológico del macizo La Carpintera .- Tesis Lic. Fac. Agr. UCR, 57 p.
- TEJERA M., R.A., 1983: Estudio geológico y la actividad de microtemblores de Turrujal de San Ignacio de Acosta (S del Valle Central-CR) .- Inf. Proyecto Investigación ECG-UCR, 87 p.
- UMAÑA A., J.E., 1966: Geología del sitio de presa del proyecto de Cachí, CR .- Publ. Geol. ICAITI (1): 27-41 + 5 fig., Guatemala.
- _____, & ESCALANTE M., G., 1962: Reconocimiento geológico detallado sobre la cantera de caliza de la finca La Chilena .- Inf. Inv. Geol. INGEO, 32 p. + apéndices, SJ.
- VEGA Z., E., 1989: Geología de la quebrada Jucó y alrededores, prov. SJ, CR .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 39 p.
- WAGNER, M. & SCHERZER, C., 1974: La República de CR en Centro América (Trad. Lines, J. A.) .- SJ: Ministerio Cultura, Juventud y Deportes, Serie Nos Ven N° 2, 345p.

- WEBBER, B.N., 1942: Manganese deposits in CR. - Am. Inst. Mining Metallurgical Engineers, Tech. Paper 1445, 7 p.
- WEBER, K.G., 1988: Nevadas en Talamanca? - Periódico La República, jueves 8 de dic. p. 19, SJ.
- WEYL, R. 1955: Vestigios de una glaciación del Pleistoceno en la Cordillera de Talamanca, CR, Amér. Central. - Inf. trim. IGN jul.-set. 1955: 9-32, SJ.
- _____, 1956: Excursiones geológicas en CR, partes 1, 2 y 3 (trad. Dita B. de Kohkemper). - Inf. trim. IGN oct.-dic. 1956: 10-58, SJ.
- _____, 1957 a: Excursiones geológicas en CR, partes 4 y 5 (trad. Dita B. de Kohkemper). - Inf. trim. IGN en.-mar. 1957: 18-53, SJ.
- _____, 1957 b: Contribución de la geología de la Cordillera de Talamanca de CR (Centroamérica) (trad. Dita B. de Kohkemper & Ingrid von Wurmb). - SJ: IGN, 77 p.
- _____, 1959: Contribución al conocimiento de las rocas magmáticas de CR. - Inf. sem. IGN jul.-dic. 1959: 19-23, SJ.
- _____, 1960: Las ignimbritas centroamericanas. - Inf. sem. IGN en.-jun. 1960: 39-61, SJ.
- _____, 1969: El desarrollo paleogeográfico de Centroamérica. - Inf. sem. IGN jul.- dic. 1969: 15-28, SJ.
- _____, 1973: El desarrollo paleogeográfico de Amér. Central. - Bol. Asociación Mexicana de geólogos petroleros XXV (10-12): 375-424.
- _____, 1980: Geology of Central Amer. (2da. edición). - Stuttgart: Gebruder Bamtraeger, 371 p.
- _____ & PICHLER, H., 1976: Magmatism and crustal evolution in CR (Central Amer.). - Publ. Geol. ICAITI (5): 56-70 Guatemala.
- WILDBERG, H., 1987: High level and Low level plagiogranites from the Nicoya Ophiolite Complex, CR, Central Amer. - Geol. Rundschau 76(1): 285-301.
- _____ & BAUMANN, A., 1987: Composición de isótopos de Sr de las rocas magmáticas del Complejo Ofiolítico de Nicoya, CR, Amér. Central. - En: MILLER, H. (Ed.): Investigaciones alemanas recientes en latinoamérica: geología. - Deutsche Forschungsgemeinschaft- Inst. de Colaboración Científica: 18-24, Bonn.
- WILLIAMS, H., 1952: Volcanic history of the Meseta Central occidental, CR. - Univ. California Publ. in Geol. Sciences 29 (4): 145-180.
- WOODRING, W.P. & MALAVASSI V., E., 1961: Miocene foraminifera, mollusks and a barnacle from the Valle Central, CR. - Jour. Paleont. 35 (3): 489-497.
- ZARATER, K., 1988: Geología del Alto Limón y sus alrededores, Puriscal, SJ-CR. - Inf. Camp. Geol. ECG-UCR, 42 p.

APENDICE ABREVIATURAS USADAS

AID	Agencia Internacional para el desarrollo
Agr.	Agronomía
Am.	"American"
Amer.	América
Aprox.	Aproximado
Biol.	Biología
BGS	"British Geological Survey"
Bol.	Boletín
Bull.	"Bulletin"
Camp.	Campaña
cant.	cantón
cit.	citado
cm	centimétrico o centímetro (s)
CODESA	Corporación Costarricense de Desarrollo
com. pers.	comunicación personal
CR	Costa Rica
Depto.	Departamento
Dev.	"Development"
dic.	diciembre
Dir.	Dirección
dm	decimétrico o decímetro (s)
DSDP	"Deep Sea Drilling Project"
E	Este
ECG	Escuela Centroamericana de Geología
Econ.	"Economic" ó "Economical"
en.	enero
Fac.	Facultad

Fig.	Figura (s)	p.	página (s)
Fm.	Formación. Refiriéndose a unidades geológicas.	Paleont.	"Paleontology, paleontological"
Geol.	Geología, Geológicas, "Geology" ó "Geological"	p.e.	por ejemplo
ICAITI	Instituto Centroamericano de Investigación y Teconología	Prov.	provincia
IGN	Instituto Geográfico Nacional.	Publ.	publicación (es) ó "pulation (s)"
ind	industria	Quart.	Quarterly
Inf.	informe (s)	RECOPE	Refinadora Costarricense de Petróleo
Inst.	Instituto	Rec.	recursos
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica	Rev.	revista
Jour.	"Journal"	S	Sur
jun.	junio	Sem.	semestral
jul.	julio	set.	setiembre
Lic.	Licenciatura	Sedimentol.	Sedimentology
m	métrico ó metro (s)	SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento
mar.	marzo	SJ	San José
m.a.	millones de años	Spec.	"special"
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería	trim.	trimestral
MEIC	Ministerio de Economía, Industria y Comercio.	Téc.	técnico
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minas	Trad.	traducción
Min.	mineral (es)	Trop.	tropical
mm	milimétrico o milímetro (s)	U.A.N.A.L.	Universidad Autónoma de Nuevo León
N	Norte	UCR	Universidad de Costa Rica
Nac.	nacional	Univ.	Universidad ó "University"
oct.	octubre	UNA	Universidad Nacional
		U.N.A.M.	Universidad Nacional Autónoma de México
		U.S.	Estados Unidos
		W	Oeste