

# Relaciones entre la formación Cayo y la formación Piñón en el sector de Guayaquil

## Implicaciones geodinámicas

La zona al Suroeste de Guayaquil está constituida por la cuenca Progreso, la Península de Santa Elena, la Cordillera de Chongón-Colonche, la cuenca Manabí y la cuenca Valdivia hundida en el mar. (Fig. 1a).

Durante el Cretácico Superior hasta el Eoceno superior se desarrollan facies marinas profundas. A parte del Oligoceno hasta el Actual, tenemos una plataforma continental casi emergida con cuencas de hundimiento.

Vamos a estudiar la Cordillera de Chongón-Colonche constituida sobre todo por la Formación Piñón y la Formación Cayo.

La Formación Piñón es una corteza oceánica con basaltos toleíticos pillow-lavas asociados con sedimentos finos, dikes, harzburgitas (GOOSSENS y al., 1977) y metagabros. En una palabra, es un complejo ofiolítico. En el sitio de Dos Cerritos el material sedimentario fino asociado a los pillow-lavas tiene dos moldes externos de amonitas que deben mostrar edades más antiguas que en la Formación Cayo.

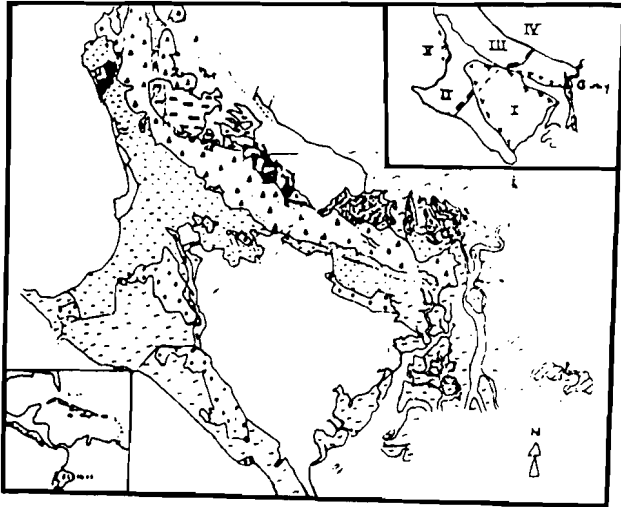
La Formación Cayo definida por OLSSON (1942) con relación al pueblo de Puerto Cayo, ha sido siempre un problema porque los diferentes autores que la han estudiado, nunca estuvieron de acuerdo sobre su contenido, su edad o su extensión.



THALMANN (1946) la dividió en 3 miembros: Calentura, Cayo s.s., Guayaquil, y le da una edad entre el Cenomaniano Sup. y el Maestrichiano por la parte superior. Sin embargo BRISTOW (1975) propone que se borre el miembro Calentura, aunque ALVARADO y SANTOS (1983) afirman que es un miembro importante de la Formación Cayo.

De la misma manera la Formación Cayo, volcano sedimentaria, descansa sobre la Formación Piñón, pero el contacto Cayo-Piñón nunca fue visto correctamente: WOLF (1874), BRISTOW (1977), piensan que las brechas volcánicas predominan en la base de la Formación Cayo, aunque las rocas volcánicas pertenecen a la Formación Piñón infrayacente.

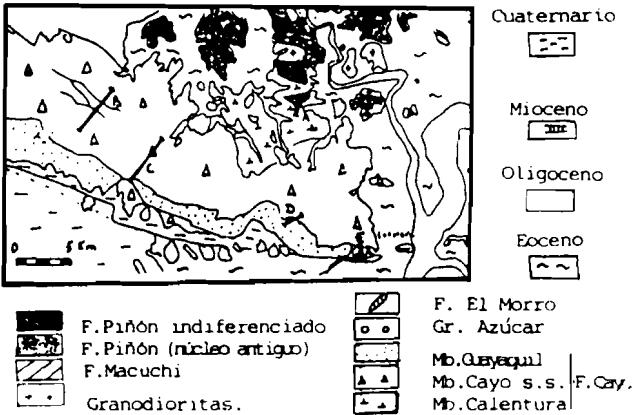
El problema de la edad también es confuso. Para THALMANN (1946) la edad del miembro Calentura es Cenomaniana Sup.- Turoniana.

**Figura 1a**  
**ESQUEMA ESTRUCTURAL**



I Cuenca Progreso, II Península de Santa Elena,  
 III Cordillera de Chongón-Colonche,  
 IV Cuenca Manabí, V Cuenca Valdivia.  
 Falla normal con su compartimiento hundido  
 Falla inversa.

**Figura 1b**  
**UBICACION DE LOS CORTES EN EL SECTOR DE GUAYAQUIL**



HEINZ (1928), basándose sobre una fauna de *Inoceramus*, le da una edad Turoniana Sup.

Para BRISTOW (1975) la edad de Calentura no puede ser más antiguas que Senoniana, basándose sobre las edades radiométricas de la Formación Piñón en la Provincia de Manabí (104, 85, 75 M.a. GOOSSENS y ROSE, 1973). Sin embargo, SIGAL (Comun. pers. SANTOS, 1983) determina *Globotruncana praehelvetica* Trujillo que confirma la edad Cenomaniana-Turoniana de THALMANN.

Los resultados no son mejores para el techo de la Formación Cayo. El miembro Guayaquil es Maestrichiano para FAUCHER y SAVOYAT (1973), pero el miembro Cayo s.s. sube hasta el Daniano para DOEBL y KEHRER (1971).

En verdad, dos explicaciones permiten resolver este problema.

- 1) El estudio sedimentológico de la Formación Cayo permite entender las disparidades de edades por un diacronismo.
- 2) Además la Formación Cayo está hundida hacia el Norte por un sistema de grabens en escalera como lo muestra el mapa geológico del Suroeste del Ecuador a 1: 250.000 LABROUSSE (1986), lo que explica que en Puerto Cayo sólo aparece el techo de la Formación Cayo de edad Daniana. Después, la Formación Cayo desaparece en la zona de Bahía de Caráquez, para salir del otro lado del graben, cerca de Pedernales.

Por eso, describiré la Formación Cayo en la región de Guayaquil donde los cortes son los más significativos (Fig. 1b).

a) El miembro Calentura (Fig. 2c), en la base de la formación, está muy localizado y se apoya sobre los flancos del Cerro de Germania que tiene una morfología de caldeira. Empieza por una zona de mezcla con bloques de basaltos toleíticos, filones de andesitas o de dioritas, que son intrusiones posteriores, pillow-lavas, tobas más o menos cementadas, tufitas y rocas sedimentarias.

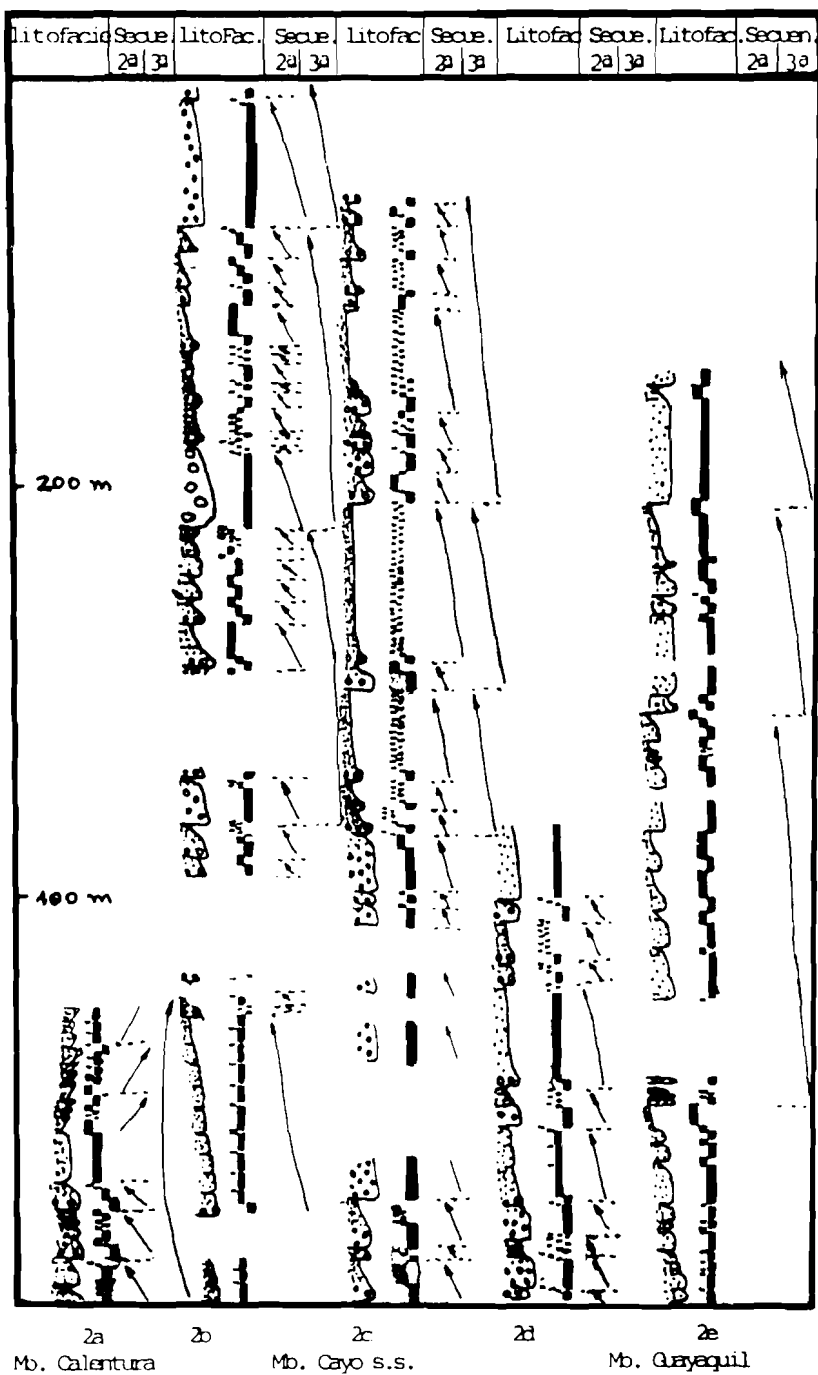
Una escama de material Pinón rica en baritina con un curso neoformado, separa esta zona de mezcla del basamento real del Calentura que empieza por una sedimentación de tipo flysch arenoso-pelítico con algunas llegadas conglomeráticas y la presencia constante de tobas. Son las tobas que tienen lentes calcáreas. Sobre ellas se encuentra un conjunto de siltitas y areniscas muy ricas en restos vegetales pasando a los "debris flows" retrabajando las tobas calcáreas que se desarrollan hasta el contacto con el miembro Cayo s.s.

Al tope de Calentura se encuentran unos bancos de grauwas de tipo Cayo s.s., es decir de areniscas gruesas verdes anunciando un contacto concordante entre Calentura y Cayo s.s.

Las secuencias son grano y estrato crecientes al orden 2. El miembro Calentura, con material fino, aparece como distal y las figuras de la corriente o los slumpes estudiados indican la existencia de una pendiente hacia el Sur.

El Calentura está localmente deformado por pliegues muy suaves de ejes medios 161N, 20 SE, traduciendo una compresión hacia el

Figura 2  
CORTES SEDIMENTOLOGICOS DE LA F. CAYO



N70E. Estos pliegues están posteriormente cortados por fallas de cizallas con desplazamiento senestral N150° vertical.

b) El miembro Cayo s.s. (Fig. 2b, 2c, 2d) empieza por lutitas chocolate en bancos pequeños, alternando con bancos de areniscas gruesas verdes de 0.5 - 5 m de potencia, anunciando las potentes descargas conglomeráticas que van a caracterizar el Cayo s.s. Los primeros "debris flows" están constituidos únicamente por bloques de andesitas. Sin embargo existen, como en la Prosperina diferentes sills de andesitas interestratificados en el Cayo s.s. Todo el Cayo está constituido por turbiditas de tipo Ta-e.

La secuencia de base de Cayo s.s. está caracterizada por la superposición de 4 términos (Fig. 3).

El término básico corresponde generalmente a un nivel espeso de debris flow con elementos angulosos de cineritas verdes o blancas, de tobas, arcillitas rojas y areniscas morenas retrabajadas.

El 2o término es un "grain flow" verdoso, separado del primer término por una superficie de erosión. Muchas veces estos términos son piroclásticos retrabajados por corrientes submarinas, a lo largo de una paleopendiente y cuando los saltos volcánicos se paran, siguen depósitos de cineritas verdes o de tobas blancas finas (3o Término), cubiertos por la sedimentación pelágica de lutitas (4o Término).

A veces, en particular en la zona del río Chaco, hay escamas que repiten la serie. Ahí se encuentran lutitas calcáreas con la misma microfauna que la del miembro Calentura, pero descansando sobre las capas de Cayo s.s., poniendo en evidencia un contacto anormal. En la base de estas escamas, en los "debris flows", se ubican bloques de "grain flow" hasta 7 m de eje grande y 3 m de eje pequeño. Estas escamas se interpretan como "blind thrusts" (ELLIOT 1977).

Después, la secuencia grano y estratodecreciente al orden 3 sigue y las descargas conglomeráticas van a ser reemplazadas por un flysch pelito-arenoso, que paulatinamente va a silicificarse para dar al miembro Guayaquil concordante con el miembro Cayo s.s. una edad senoniana, pudiendo subir en la zona de Puerto Cayo hasta el Daniano.

c) El miembro Guayaquil (Fig. 2e) está constituido por lutitas silicificadas, alternando con bancos pequeñitos de arcillas (5-10 cm). Las lutitas silicificadas van a dar los cherts que se organizan en potentes coladas slumpadas de 10 hasta 30 m de potencia, traduciendo la inestabilidad tectónica que afecta al miembro Guayaquil de edad maestrichiana.

Todas estas contradicciones que aparecen en Cayo son debidas al hecho de que sólo han sido estudiados cortes verticales sin aplicar el principio de Walter Golowkinsky que implica que a cada corte vertical corresponde un corte horizontal que permite la reconstitución de un aparato sedimentario.

En el caso presente, la organización sedimentológica, muestra que estamos en presencia de un abanico submarino progradante, ubicada en la pendiente hacia el sur de un arco volcánico (Fig. 4).

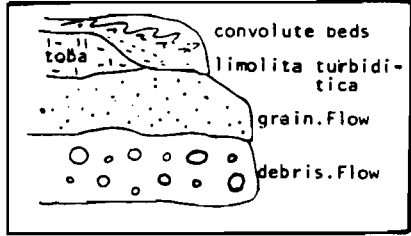


Figura 3

**SERIE NATURAL DE LA FORMACION CAYO**

METROS

2400

2000

1500

1000

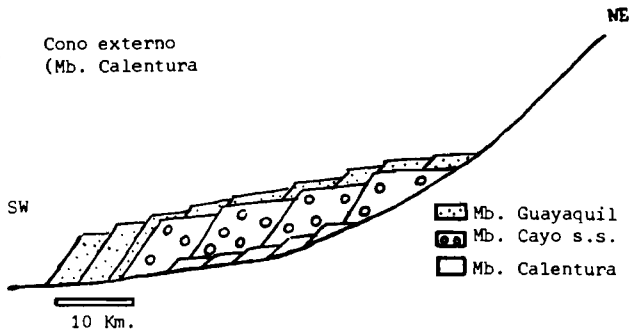
500

0

Cono externo  
(Mb. Guayaquil)

Cono interno  
(Mb. Cayo s.s.)

Cono externo  
(Mb. Calentura)






-  Mb. Guayaquil
-  Mb. Cayo s.s.
-  Mb. Calentura

Figura 4

**MODELO SECUENCIAL POR UN ABANICO SUBMARINO PROGRADANTE**

Desde el punto de vista de la tectónica, un sistema de empuje se desarrolla después del depósito del miembro Guayaquil y afecta a este miembro con la presencia de rampa y anficlina de compensación que aparece en la cantera del tránsito indicando una compresión hacia el N35E.

La deformación aunque discreta, está siempre presente. Así en la cantera de Chiveria se ven varios planos de cizallamiento en el Piñón, que permiten la trampa de los sedimentos finos entre los diferentes planos de cizalla indicando siempre la misma compresión.

Esta deformación está también presente en Dos Cerritos donde una escama de Piñón está en contacto por falla inversa con sedimentos finos asociados con pillow-lavas. Después, los depósitos cuaternarios van a tapar el Piñón.

### Interpretación (Fig. 5)

Los datos de campo muestran en el Piñón, la existencia de pequeñas escamas enriquecidas en sulfuros, hierro y baritina. Sobre la corteza oceánica del Piñón se deposita un aparato progradante: La Formación Cayo, afectada por una compresión discreta, post Guayaquil, hacia el N35E.

¿Cómo pueden explicarse estos datos en un cuadro geodinámico?

En el Cretácico inferior debía existir una paleocuenca marginada ubicada entre varios arcos en un paisaje similar al de las Filipinas (CHOTIN, 1981; LEBRAT, 1985) pero en la cercanía de la Costa Oeste del Pacífico.

Desde el fin del Cenomaniano, una zona de subducción intra-oceánica se coloca en sitio al Oeste del Piñón, para desarrollar un magmatismo que inicia un arco volcánico Macuchi u otro.

Este arco va a tener una potencia suficiente para alimentar los importantes niveles detríticos del miembro Cayo s.s. y también, después, bloquear la subducción por el choque del arco volcánico con el continente, al fin del Campaniano hasta el Eoceno superior.

Sobre este arco volcánico, al fin del Cenomaniano, se deposita un flysch distal: el miembro Calentura.

En el Senoniano se desarrolla un flysch más proximal: El miembro Cayo s.s.

El hecho de que un flysch proximal Cayo s.s., se encuentra encima de un flysch distal, se puede explicar de dos maneras:

- O tenemos un relleno de la cuenca Calentura - Cayo s.s.
- O tenemos una actividad volcánica importante en el arco volcánico.

En relación con la presencia de andesitas de arco en los flujos de debris de la base del Cayo s.s., se puede escoger la 2o hipótesis. En el Maestrichiano, de nuevo aparece un flysch distal el miembro Guayaquil en relación con el hundimiento de la cuenca y el paro, en la zona de Guayaquil, de la actividad volcánica del arco.

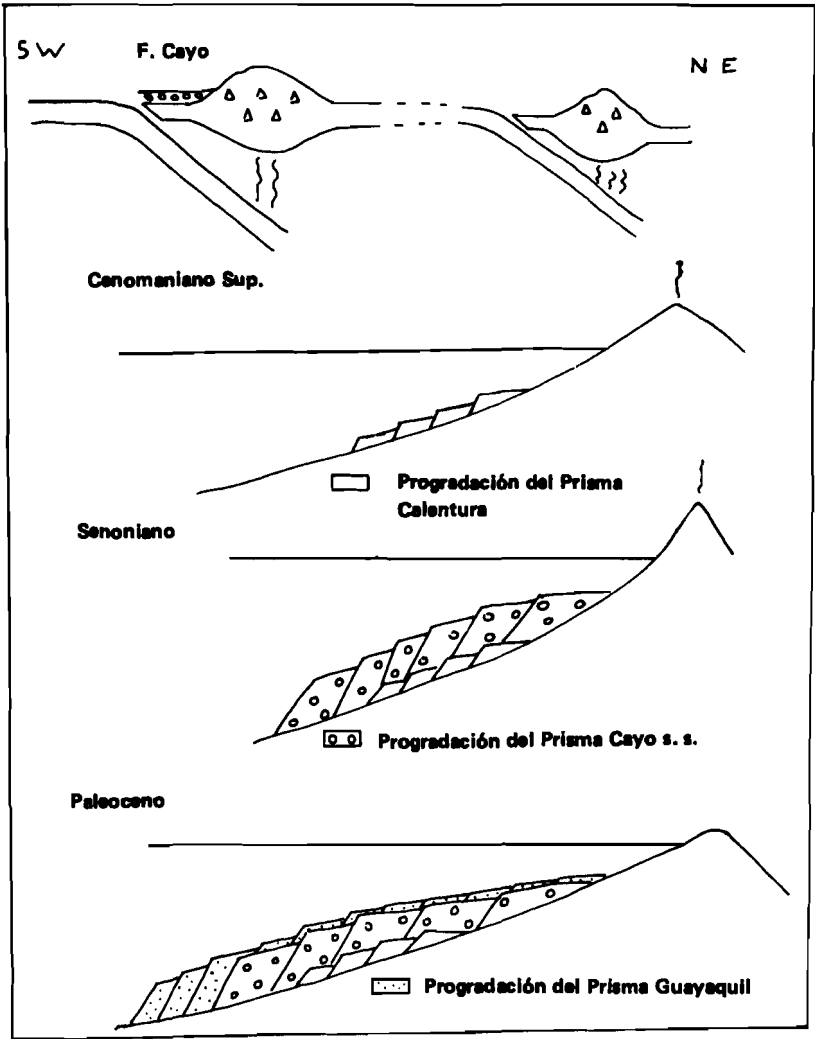


Figura 5  
 CUADRO GEODINAMICO DE LA ZONA DE GUAYAQUIL



Sin embargo, subsisten varios problemas en particular en el estudio de las formaciones siguientes:

El grupo Azúcar de edad Paleocena constituye un abanico sub-marino que se desarrolla del Sur hacia el Norte, verosíblemente a parte de otro arco más al Sur.

La destrucción de la plataforma carbonatada del San Eduardo (Eoceno la inf.) produce deslizamiento, nuevamente de Norte hacia el Sur.

Durante el depósito del grupo Ancón (Eoceno medio-superior), parece que hubo influencia del Norte y del Sur mostrando la inestabilidad tectónica de esta zona y la influencia de por lo menos dos arcos.

### BIBLIOGRAFIA

ALVARADO, G., SANTOS M. (1983).- El miembro Calentura y la Formación Cayo. III Congreso Ecuatoriano de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos, Guayaquil, T. 1.

BRISTOW, C.R. (1975).- The age of the Cayo Formation, Ecuador. *Newsl Stratigr.*, 4, (3), pp. 169-173.

BRISTOW, C.R. HOFFSTETTER R., (1977).- *Lexique stratigraphique International* (2o ed.), Paris, CNRS.

CHOTIN, P. (1981).- Dissymetrie fondamentale dans l' évolution des zones de subduction de l' Ouest et de l' Est Pacifique depuis le Trias. *Bull. Soc. Geol. France* (2), 3, XXIII, No. 3, p. 245-252.

DOEBL, F., KEHRER, W. (1971).- Die Cayo Schiechten vom locus typicus bei Puerto Cayo (West Ecuador) Neuere Ergebnisse Geol. Erforsch. Ibero Amerikas, *Muenster Forsch. Geol. Palaeontol.*, No. 20-21.

ELLIOTT, D. (1977).- Some aspects of the geometry and mechanics of thrust belts. *Canadian Soc. Petroleum Geology*, 8 th Ann. Seminar Pub. Notes, Continuing Education Dept., Univ. Calgary, V. 1, 2. -

FAUCHER, R. SAVOYAT E. (1973).- Esquisse géologique des Andes de l' Equateur. *Rev. Geogr. Ph. Geol. Dyn.*, (2), V. 15, Fasc. 1-2, pp. 115-142.

GOOSSENS, P.J., ROSE, W.I. (1973).- Chemical composition and age determination of tholeitic rocks in the basic Igneous Complex, Ecuador. *Bull. Geol. Soc. Am*, V. 84, pp. 1043-1052.

- GOOSSENS, P.J., ROSE, W.I., FLORES, D. (1977).- Geochemistry of tholeites of the Basic Ingeous Complex of Northwestern South America. *Geol. Soc. Am. Bull.*, V. 88, pp. 1711-1720.
- HEINZ, R. (1928).- Beitrage zur Kenntnis der oberkretazichen Inoceramen V., Ueber die Okerkreide - Inoceramen Sud-Amerikas und ihre Beziehungen zu denen Europas und anderer Gebiete. *Mitt. Miner. Geol. Staatsinst.*, N. 10, pp. 41-97.
- LABROUSSE, B. (1986).- Carte géologique du sud-ouest de l' Equateur. ORSTOM (en curso).
- LEBRAT, M. (1985).- Caractérisation géochimique du volcanisme anteorogénique de l' Occident Equatorien: implications géodynamiques. Documents et Travaux du Centre géologique et géophysique de Montpellier No. 6.
- OLSSON, A.A. (1942).- Tertiary deposits of Northwestern South America and Panama. 8th Am. Sc. Congr., Washington, 4, pp. 254-255.
- THALMANN, H.E. (1946).- Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador. *Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 30, No. 3. pp. 337-347.
- WOLF, T. (1974).- Geognostische Skizze der Provinz Guayaquil. *N. Min. Geol. Pal. Salrg.*, pp. 385-396.