

**ESTUDIO DE LA TECTONICA DE LA HOJA DE TAHIVILLA
Y SU INTERPRETACION GEODINAMICA**

Fernando Moreno
Diciembre 1.983

1.- INTRODUCCION

El area comprendida dentro de esta hoja presenta una gran uniformidad litológica y paisajística que contrasta con la complejidad de su estructura, la cual es el resultado de la actuación de diversas fases y movimientos.

Las megaestructuras detectadas tienen su continuación en las hojas limítrofes, especialmente en la hoja nº 1.070 (Alcalá de los Gazules), situada inmediatamente al Norte de la de Tahivilla. El esquema estructural y la evolución tectónica deducidos, se basan, por tanto, en observaciones realizadas en un ambito más amplio que el comprendido dentro de esta hoja.

Los datos de observación han derivado en gran parte de una fotointerpretación minuciosa, dado que las sierras constituidas por las areniscas del Aljibe proporcionan sobre el terreno muy pocos datos de índole estructural. Por otro lado las formaciones blandas intercaladas aparecen casi siempre cubiertas.

Los accidentes corticales que se enumeran más adelante y que han producido importantes desplazamientos, han podido ser deducidos a partir, solamente, de la geometría y disposición de las sierras de areniscas del Aljibe, ya que sobre el terreno no se ha encontrado ningún afloramiento de suficiente calidad que haya permitido el análisis de posibles mesoestructuras indicadoras de tales movimientos. Se han observado, sin embargo, diferentes mesoestructuras resultantes de la primera y de la segunda fases principales. Durante la primera se produce un desplazamiento e imbricación de las areniscas del Aljibe acompañadas por la o las series inmediatamente inferiores, "empujando" al mismo tiempo a las arcillas con Tubotomaculum hacia el Oeste. Simultáneamente se reactivaron diversos accidentes corticales produciéndose giros en planta y desnivelaciones en el edificio resultante de la imbricación que dieron lugar a deslizamientos gravitacionales hacia las zonas frontales del mismo.

La segunda fase también tangencial, de retrocabalgamiento da lugar

a la inversión o verticalización, según los casos de las estructuras generadas anteriormente.

Por último tuvo lugar un episodio distensivo durante el cual la cadena siguió su compensación isostática, produciéndose deslizamientos locales y el depósito de series mio-pliocenas en zonas subsidentes.

PRIMERA FASE DE IMBRICACION

Durante esta fase las areniscas del Aljibe sufrieron una tectónica del tipo "thin skin", generándose planos de cabalgamiento a favor de la serie de arcillas rojas, aunque también llegaron a involucrarse en algunos casos la serie calcárea y la parte superior de las calizas de Almarchal.

Se formaron así escamas que se fueron imbricando hacia el Oeste, despegando de un sustrato constituido por la serie de calizas limosas y arcillas margosas de Almarchal.

Parte de las arcillas con Tubotomaculum, procedentes de la destrucción de un diapiro triásico situado al Este, son "empujadas" en este movimiento en el sentido del transporte tectónico. De esta forma dentro de la hoja se encuentra repetida varias veces la siguientes sucesión de techo a muro:

- Arcillas con Tubotomaculum con bloques diversos
- Arcillas burdigalienses (sólo localmente)
- Areniscas del Aljibe
- Serie de base (arcillas rojas, serie calcárea y parte de la serie de Almarchal -según los casos-)
- Arcillas burdigalienses
- Areniscas del Aljibe
- etc.

Sin embargo en las imbricaciones procedentes de las zonas más orientales dichas superficies implicaron también a las margas y areniscas micáceas de Algeciras. De esta manera pueden encontrarse virutas o bloques de las mismas en la base de las escamas inicialmente más orientales y que llegaron a alcanzar la posición más elevada del edificio resultante de la imbricación.

La disposición original de las escamas ha sido muy distorsionada por la actuación de movimientos posteriores, pero precisamente esta circunstancia permite observar, en el sector central de la hoja, una sección aproximadamente perpendicular a su dimensión mayor. De esta manera ha podido constatarse como

la imbricación tuvo lugar a favor de superficies del cabalgamiento con tramos largos paralelos a la estratificación "flats" desarrollados preferentemente en los tramos incompetentes, y tramos oblicuos a la misma ("ramps") en los tramos competentes (DOUGLAS, 1.950). De esta manera, planos y rampa fueron individualizando las diferentes escamas (fig. 1, b).

Ejemplos muy ilustrativos de estas rampas son los correspondientes a los extremos orientales de las sierras de areniscas del Aljibe denominadas: Loma de los Secretillos; Sierra del Junquillo, Loma de los Garlitos; Cerro Carboneras y Sierra del Niño. En todos los casos la vergencia tectónica deducible de dichas rampas señala hacia el Oeste.

La longitud, forma y espesor de las diferentes escamas son bastante variables. Hay que tener en cuenta además que las secciones observadas pueden no ser exactamente perpendiculares a la dimensión mayor de las mismas. Así, el buzamiento visible de cada rampa en relación a la estratificación de la escama correspondiente puede ser un buzamiento aparente y, por tanto, menor que el real. Por otro lado la longitud del afloramiento de cada escama puede ser también aparente y por tanto mayor que la real.

Si se tiene en cuenta el espesor, habrá que considerar solamente el correspondiente al tramo competente de las areniscas del Aljibe, ya que los tramos más plásticos, han sufrido aplastamientos y cizallas posteriores que han modificado su potencia original. Por otro lado y dado que los despegues, o zonas de "flats", se desarrollan a favor de las formaciones incompetentes, el espesor de las areniscas del Aljibe en cada escama, representa aproximadamente el espesor de dicha formación en el lugar de procedencia de la misma. En este sentido parece producirse un engrosamiento de la misma de Oriente a Occidente, dado que las escamas que han experimentado un mayor desplazamiento y que aparecen en posiciones más elevadas en relación al edificio resultante de la imbricación son las más delgadas, como por ejemplo las del arco de Mofeta-Momia (1). Las más bajas en relación al mismo presentan una potencia inusual, como por ejemplo la Sierra del Niño.

(1) Denominación de DIDON (1.969).

actuó inicialmente como un importante cabalgamiento, con la misma vergencia que las imbricaciones y después de haber sido cubierta por las mismas. Su reactivación debió verse favorecido por el incremento de la temperatura y de la presión de los fluidos que tuvo lugar bajo el apilamiento de las escamas (GIETENER (1.981), señala la importancia de dichos factores en la formación o reactivación de las superficies de cabalgamiento.

Durante el movimiento se produjo una reorientación de las escamas, las cuales tendieron a paralelizarse con su dirección (fig. 2,a). La actuación de la misma manera, del accidente de la Cruz Negra, paralelo al anterior, condicionó ya totalmente la dirección de las imbricaciones situadas al Oeste del mismo (fig. 2,a) ya que estas escamas occidentales (Cerro del Lobo, Alto de las Cuevas y Cerro Culebras) debieron generarse simultáneamente a la actuación de dichos accidentes pero posteriormente a la imbricación de las escamas más orientales. Esta disposición y reorientación en la dirección de imbricación de las escamas más occidentales constituye por tanto una prueba más a favor del mecanismo de "piggy-back" señalado en el apartado anterior.

Quizá simultáneamente, o un poco después, comenzó la actuación del accidente Sierra de la Plata-Estepona con un movimiento relativo derecho. Durante la misma se produjo el arqueamiento en planta de la Sierra de Montecoche y en menor medida de las escamas situadas al Oeste de la misma, así como el giro, también en planta y en sentido contrario de la escama correspondiente a la Peña del Cuervo, situada al sur de dicho accidente y ya dentro de la hoja de Tarifa.

Los movimientos relativos asociados a esta fractura tuvieron también una componente vertical importante, mediante la cual se produjo el hundimiento y basculamiento del bloque cortical situado al Norte y en especial para la porción comprendida entre los accidentes de Cotilla y Cruz Negra. Esta componente en la vertical permite explicar la brusca reducción del número de escamas al Sur de la fractura en cuestión (ver hoja geológica nº 1.077, Tarifa), lo cual sería el resultado de una profundización del nivel de erosión en el bloque levantado. Quizá, incluso el accidente de Tarifa-La Línea o algún otro situado en el mismo Estrecho actuaron en aquel momento de la misma manera, condicionando en la

actualidad, el afloramiento de niveles estructurales más profundos en la porción rifeña del arco.

El sector central de la hoja de Tahivilla, delimitado por los tres accidentes mencionados aparece ocupado por un conjunto de escamas cuya orientación, forma arqueada, etc., indican la actuación de movimientos posteriores a su imbricación, durante los cuales se desolidarizaron como porciones independientes y rotas en relación a su prolongación lateral en el edificio de la imbricación.

Su afloramiento actual corresponde a una sección del perfil de las mismas, tal como se ha visto en el apartado anterior. Para adquirir esta posición han tenido que experimentar un movimiento progresivo de basculamiento de Norte a Sur y simultáneamente una rotación y progresión del movimiento original de la imbricación pero en esta ocasión a favor solamente de dos superficies, o quizá tres. De esta forma los movimientos relativos se produjeron ya sólo entre tres grupos de escamas dentro de los cuales, las posiciones relativas iniciales entre cada una de ellas no debieron variar ostensiblemente, ya que el orden la imbricación original se ha conservado. Estos tres conjuntos corresponden al arco de Mofeta-Momia, situado en su mayor parte fuera de la hoja, al grupo de las sierras de los Secretillos, El Junquillo y Blanquilla, y por último a las sierras situadas entre la Loma de Valdespera y la Sierra del Niño. En este último sector quizá puede existir una tercera superficie pero su situación es más dudosa.

La separación de estos tres grupos representan antiguas superficies de imbricación (fig. 3a) y por tanto son subparalelas a las escamas y al igual que éstas tuvieron que ir adquiriendo progresivamente un buzamiento hacia el Norte cada vez mayor. La reordenación del conjunto tuvo lugar mediante movimientos relativos con una componente horizontal izquierda y otra según su pendiente y de carácter gravitacional. Esta dinámica implica la formación de un graben en el cual se produjeron los movimientos descritos y donde además se han emplazado y conservado algunas escamas y estructuras que no aparecen en el resto del arco de Gibraltar. Dicho graben resultó de la activación del accidente de Cotilla como falla inversa o superficie de cabalgamiento ya durante el avance y desarrollo de la imbricación. Posteriormente funcionó como fractura izquierda con salto

importante y probablemente todavía con cierta componente vertical; así se formó la estructura arqueada del frente de la imbricación (Cerro del Lobo y Loma de las Higueras), situada en la hoja de Alcalá de los Gazules. Dicho movimiento es compatible con el movimiento derecho del accidente Sierra de la Plata-Estepona; ambos casos representan el avance y expulsión de porciones del arco de Gibraltar hacia el exterior de la Cadena (fig. 2, b).

Durante esta etapa el accidente de la Cruz Negra pudo actuar como falla normal e izquierda configurando el borde occidental del graben. Por el sur el accidente de la Sierra de la Plata-Estepona delimitó una porción meridional más elevada, a partir de la cual se produjo un basculamiento hacia el NNO.

En resumen se trataría de un graben con basculamiento al Norte pero delimitado por sendas fracturas (Cotilla y Cruz Negra), todavía con movimientos dominantes en la horizontal izquierdos. En este contexto (fig. 2,e y 3,a) se produjo el deslizamiento gravitatorio de la estructura imbricada tipo "duplex" del arco Mofeta-Momia, hasta alcanzar el extremo septentrional del graben.

En esta última estructura las Sierra de Mofeta y de Momia forman un semicírculo completo en cuyo interior se sitúan hasta cinco escamas de menor tamaño. No es posible precisar su situación en relación al resto del edificio de la imbricación antes de su deslizamiento. Probablemente llegó a cubrir las escamas más orientales, tal como esquematiza la fig. 1,b y tras la actuación del accidente Sierra de la Plata-Estepona como desgarre derecho con salto en la vertical, una porción del mismo llegó a introducirse en el graben, desolidarizándose de sus posibles prolongaciones al Norte y al Sur y deslizando gravitatoriamente hacia el NNO o NO. Sus posibles prolongaciones fuera del graben ya se habrían erosionado debido a su posición tectónica elevada.

Simultáneamente, o quizás con anterioridad, también se desplazaron en parte gravitatoriamente y en parte animadas por los movimientos relativos izquierdos de los accidentes de Cotilla y de la Cruz Negra el conjunto de las tres escamas correspondientes a la Loma de los Secretillos, Sierra de los Junquillos y Sierra Blanquilla. Sobre la superficie de deslizamiento del mismo se introdujo, también dentro del graben, el extremo occidental de la Sierra de Montecoche,

explicándose así el gran desarrollo del arco constituido por esta Sierra y su aparente desolidarización del resto de la imbricación (aspectos estos visibles en las hojas limítrofes al Este y Nordeste), dicho avance gravitatorio debió ser simultáneo a la entrada en el graben del arco Mofeta-Momia. Esta estructura tras su desplazamiento gravitacional sigue ocupando la posición tectónica más elevada, ya que se sitúa a techo de las escamas también deslizadas y giradas de la Sierra Blanquilla, etc. Por otro lado la existencia en la base de dicha estructura y en las inmediaciones de la sierra de Montecoche de bloques de la serie margoareniscosa de Algeciras obliga a pensar, junto con lo anterior, en su procedencia desde zonas más orientales, donde las margas y areniscas micáceas de Algeciras, serían el substrato de las escamas que hoy constituyen dicha estructura.

Por último, la Sierra del Retín, que ya fue considerada por DIDON (1.969) como un gran bloque deslizado gravitatoriamente, es posible que pueda proceder de la misma escama a partir de la cual se formaron los bloques de la Sierra de Plata y de Enmedio, ya que en los tres casos las areniscas del Aljibe aparecen estructuradas según pliegues-falla formados en los primeros momentos de la imbricación. Por otro lado la Sierra del Retín ha experimentado durante su desplazamiento un giro en planta en sentido horario, es decir análogo al de la Sierra de la Plata el cual pudo haber sido inducido por el movimiento dentro del accidente Sierra de la Plata-Estepona.

FASE DE RETROCABALGAMIENTOS

Esta fase aparece en diversos lugares de las Béticas y del Rif (GARCIA DUEÑAS y NAVARRO VILA, 1.976; BOURGOIS, 1.978; OLIVIER, 1.978; GARCIA DUEÑAS, 1.982; BAENA y JEREZ, 1.983). No obstante, todavía no había sido señalada en estos sectores.

Su dirección de acortamiento es la misma que la de la primera fase de imbricación, pero el sentido de la vergencia es justamente el opuesto.

En la hoja de Tahivilla se materializa en diversas modificaciones introducidas sobre las macroestructuras de la primera fase y algunas

mesoestructuras detectadas a la escala del afloramiento. Su actuación y la deformación producidas vienen condicionadas por la disposición y orientación de las estructuras derivadas de la fase anterior. De esta manera se pueden diferenciar tres dominios en relación a la misma:

1. Al oeste del accidente de la Cruz Negra, las diferentes escamas formadas por la arenisca del Aljibe y algunas de sus series estratigráficamente inferiores aparecen en posición invertida. Los cabalgamientos de la primera fase han sido volcados y posiblemente reactivados como retrocabalgamientos, aunque este último extremo no ha podido ser confirmado de momento. En algunos casos se ha llegado solamente a la verticalización del conjunto, tal como ocurre en el dique del embalse del Celemín y en la Sierra de los Pardillos y en otros la inversión es prácticamente completa; de esta manera todo este dominio corresponde a un gran pliegue sinforme, vergente al ENE con plano axial subhorizontal y en el que el flanco superior está constituido por las series y cabalgamientos invertidos, la zona de charnela coincidiría con las porciones verticalizadas y el flanco inferior, no aflorante con las escamas en su posición original más o menos alterada (fig. 3,b).

La fig. 4 muestra diversas mesoestructuras generadas durante esta fase mediante deformación frágil. En la fig. 4,b aparece un pliegue generado durante la primera fase, fracturado durante la segunda. En algunas de las microfracturas representadas, aparecen estrías con un ángulo de pitch de unos 70° a SE lo cual indica una componente horizontal derecha añadida al movimiento principal como falla inversa.

La serie invertida de las calizas limosas cretácicas de Almarchal, que constituye un sinforme muy abierto a pie de las Sierras del Aljibe, tiene una problemática interpretación. Si se considera de alguna forma solidaria a la serie calcárea de la escama más exterior, la reconstrucción en profundidad de la sinforma resultante, es bastante difícil. Además y pese a ser visibles sólo parcialmente, la aparición de las arcillas con *Tubotomaculum* entre las calizas limosas cretácicas y el tramo calcáreo eoceno-paleoceno está más a favor de la existencia de un

retrocabalgamiento subhorizontal que haya aproximado a ambos conjuntos estratigráficos.

2. Entre el accidente de la Cruz Negra y el accidente de Cotilla, sector que corresponde al graben analizado en el apartado anterior, el estilo de la deformación cambia completamente. Así la estructura antiformal ("duplex") del arco Mofeta-Momia sufrió un apretamiento y una acentuación importante de su curvatura. Igualmente ocurrió con las sinformas de las escamas situadas hacia el sur, especialmente en el caso de la Sierra del Niño. Dichas formas cóncavas hacia el techo estratigráfico derivan inicialmente de la propia forma de la escama dentro de la imbricación y de la acomodación de todas ellas a la subsidencia provocada por su acumulación. Este proceso fue tanto más acusado en las escamas más inferiores situadas en la fosa tectónica, de esta manera la Sierra del Niño dibuja un arco pronunciado y opuesto al de Mofeta-Momia.

Simultáneamente, los accidentes mencionados que delimitan el graben al NE y SO, pudieron tener una reactivación como fallas inversas con vergencia al NE, si bien esta circunstancia no ha podido ser confirmada. Si hay, sin embargo, evidencias de una componente de movimiento horizontal derecho a lo largo del accidente de Cotilla. La cuantía del mismo es inferior a un kilómetro, habiéndose deducido de la ruptura y desplazamiento de las dos porciones de un bloque de areniscas del Aljibe de tres kilómetros de longitud, situado en las inmediaciones del límite septentrional de la hoja de Tahivilla.

3. El sector noroccidental en relación al accidente de Cotilla se sitúa ya prácticamente fuera de la hoja; en él la fase de retrocabalgamientos ha dado lugar a la verticalización de todas las escamas e incluso el retrocabalgamiento de todo el conjunto sobre las margas y areniscas micáceas de Algeciras y sus series estratigráficamente inferiores.

En último lugar hay que señalar la existencia de una familia de fallas de desgarre izquierdas (ONO-ESE), con un salto poco importante en la mayor

parte de los casos; dichas fracturas aparecen muy claras sobre las areniscas del Aljibe, aunque no llegan a presentar gran longitud. Su orientación y sentido de movimiento corresponde a una dirección de acortamiento coincidente con la de la fase de retrocabalgamientos; razón por la cual su génesis puede relacionarse con la misma y equivaldría a una última deformación de tipo frágil a continuación de una etapa anterior más importante, durante la cual se produjeron las inversiones y la formación de mesopliegues. Así en la carretera del Puente de la roca a Benalup de Sidonia, en las inmediaciones de la Posada de los Chivos se ha comprobado el giro levógiro en planta de numerosas charnelas de micropliegues asimétricos generados en etapa principal y durante la misma fase de retrocabalgamientos; dichos giros coinciden con la curvatura de la alineación de areniscas correspondiente al extremo occidental del arco de Mofeta-Momia. Por otro lado esta localidad se sitúa en la antigua superficie de deslizamiento gravitacional para dicho arco. De esta manera puede deducirse que para el sector correspondiente al graben ya analizado, estos movimientos tardíos de desgarre levógiro en la horizontal se han podido canalizar a favor de los tramos o formaciones incompetentes cuya orientación es coincidente con la de dichas fracturas en los sectores más occidentales. Al menos así ha ocurrido en la localidad mencionada (fig. 3,b).

Una familia de fracturas de dirección NE-SO, con aparente movimiento destrógiro pudiera ser la cojugada de la anteriormente descrita.

Puede concluirse, de acuerdo con todo lo anterior, que las dos fases tangenciales principales se inician con un tipo de deformación dúctil-frágil o frágil-ductil, mediante el cual se produce plegamiento e imbricación terminando con una etapa de fracturación de carácter tardío. Ambas etapas fueron mucho más intensas durante la primera fase, en la cual se produjo todo el apilamiento de las escamas y posteriormente la compartimentación del arco de Gibraltar en diversos segmentos, como consecuencia de la activación de importantes fracturas. La segunda fase sólo ha supuesto modificaciones no muy importantes, en las estructuras generadas anteriormente.

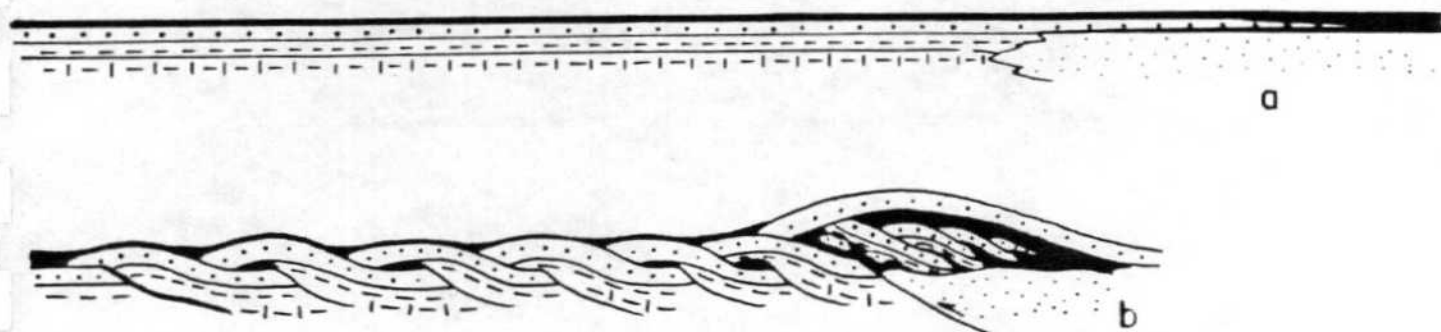


Fig. 1

- Arcillos con *Tubotomaculum*
- Areniscas del Aljibe
- Paleoceno-Oligoceno
- Cretácico

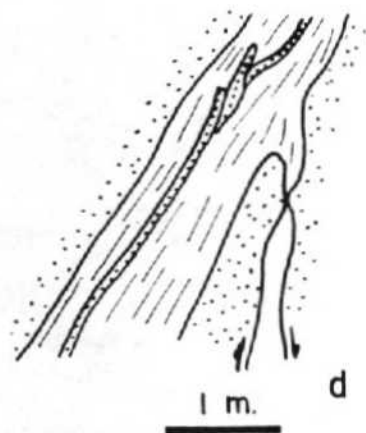
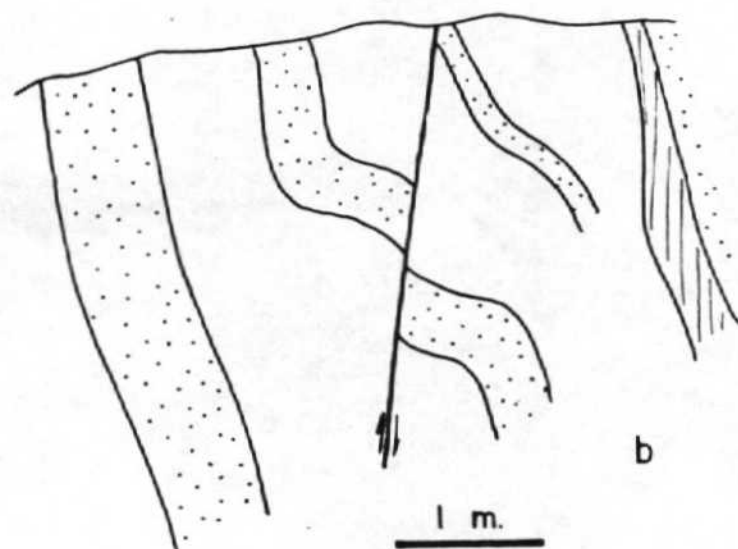
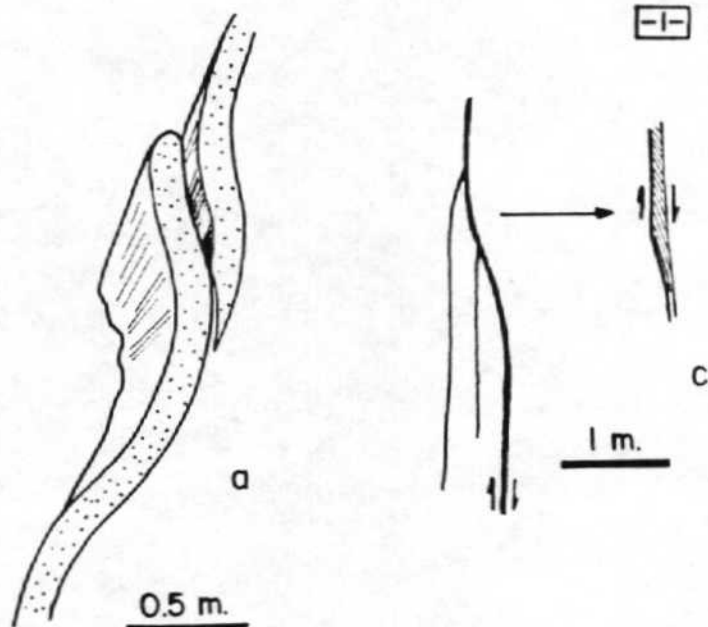
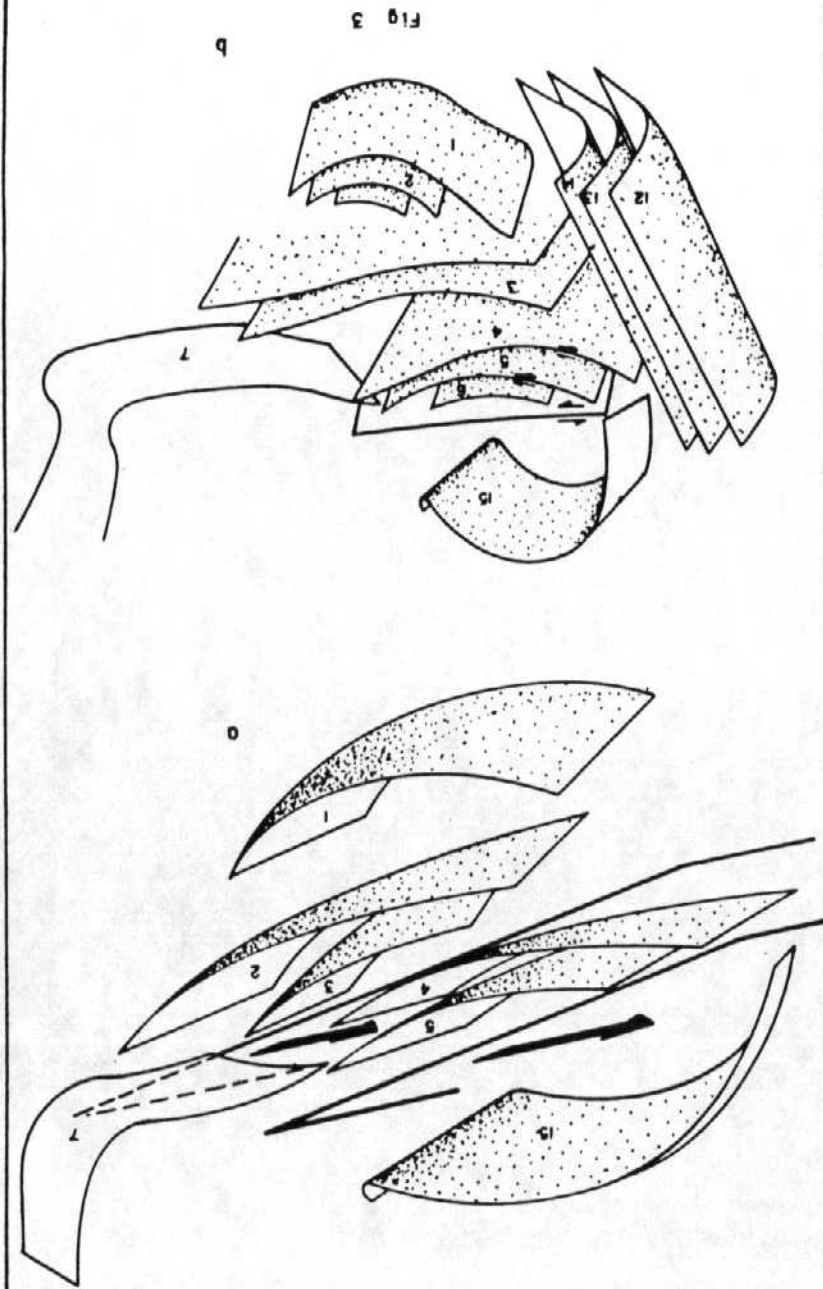
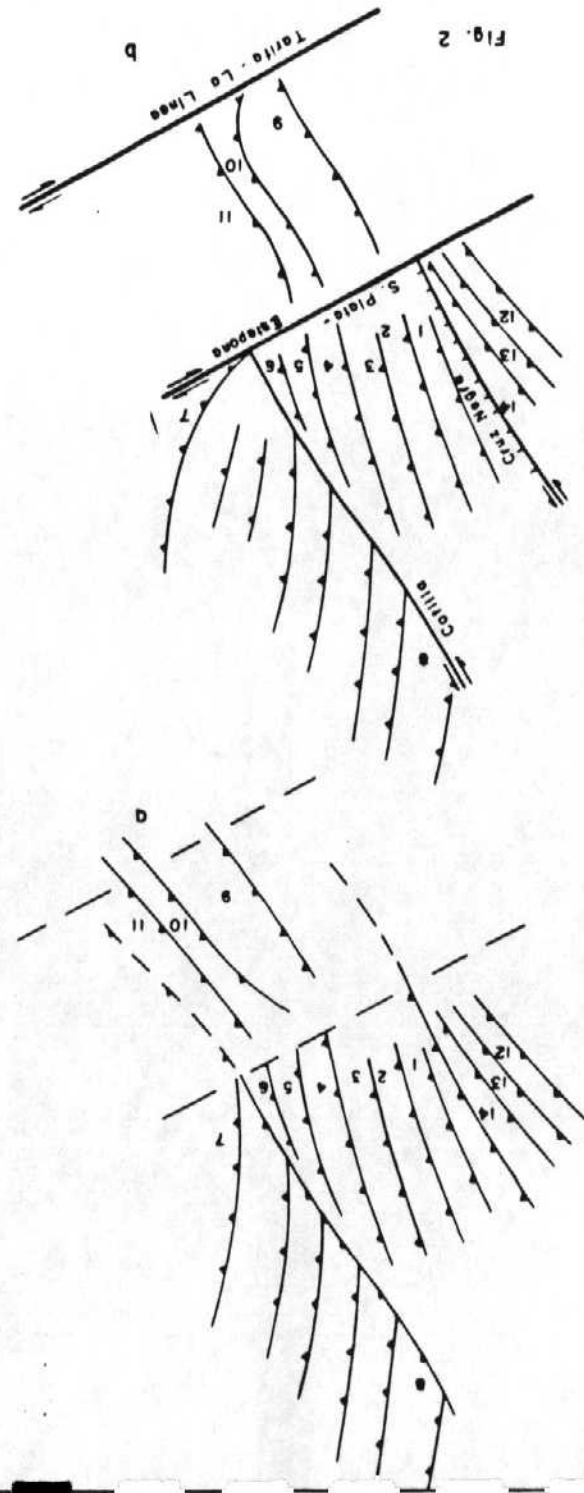


Fig. 4



PIES DE FIGURAS

Fig. 1. Distribución paleogeográfica e imbricación de las formaciones existentes en la Hoja de Tahivilla. Explicación en el texto.

Fig. 2.

1.-	Sierra del Niño	9.-	Sierra de Ojén
2.-	Cerro del Tajo de los Príncipes	10.-	Sierra de la Luna
3.-	Loma de Valdespera	11.-	Sierra de la Palma
4.-	Sierra Blanquilla	12.-	Cerro Culebras
5.-	Sierra del Junquillo	13.-	Alto de las Cuevas
6.-	Loma de los Secretillos	14.-	Loma el Alisoso
7.-	Sierra de Montecoche	15.-	Arco de Mofeta-Momia
8.-	Cerro del Lobo		

- a) Distribución en planta de las principales escamas y cabalgamientos durante la etapa de imbricación.
- b) Distribución en planta de las principales escamas y actuación de los accidentes corticales señalados. Explicación en el texto.

Fig.3. a) Sector correspondiente al graben de la fig. 2.b. Los números corresponden a los de dicha figura. Deslizamientos gravitacionales del arco Mofeta-Momia (15) y de las escamas nº 4, 5 y 7.

- b) Fase de retrocabalgamientos. Retrovergencias en las escamas occidentales, números 12, 13 y 14. Apretamiento de los arcos de Mofeta-Momia (15) y de las escamas 1, 2, 4, 5 y 6.

Actuación de desgarres y movimientos relativos izquierdos entre algunas escamas. Encuentro de los extremos de las escamas 5 y 7; giro izquierdo del arco de Cotilla en la sierra de Montecoche, fuera ya de la hoja de Tahivilla.

Fig.4. Mesoestructuras correspondientes a la fase de retrocabalgamientos en