

Fig. 3.—Microestructuras asociadas a la esquistosidad. A: Orientación preferente de filossilicatos (Agregados clorita-mica y micas). B: Vacuolas de minerales cloríticos. C: Zonas abrigadas. D: Planos de disolución-acumulación, rectilíneos. E: Pseudocrenulación en calizas limosas finamente laminadas. F: Orientación preferente de filossilicatos en una arenisca con «rough cleavage».

Finalmente, por lo que respecta a la esquistosidad de fractura que afecta a las areniscas Triásicas (Arribas, 1985) de la zona del Moncayo, hay que señalar que a escala microscópica viene marcada por la reorientación y concentración de minerales micáceos en el contacto con los granos más gruesos (cuarzo y otros), en pequeñas franjas estrechas y discontinuas (fig. 3f); responde, pues, a un tipo incipiente de esquistosidad en areniscas o «rough cleavage» (Gray, 1977).

Referencias

Arribas, J. (1985): *Estudios Geol.*, 41, 47-57.  
 Gray, D. R. (1977): *J. Geol. Soc.*, 85 (2), 229-235.  
 Guiraud, M. (1983): Thèse Doc. Languedoc.  
 Guiraud, M. y Seguret, M. (1984): *SEPM Research Symposium*, AAPG Convention. San Antonio.  
 Gutiérrez, M. y Pedraza J. (1974): *Boletín Geológico y Minero*, 85, 269-270.  
 Hernández Samaniego, A.; Aragonés Valls, E.; Del Olmo Zamora, O.; Aguilar, T. M. y Ramírez del Pozo, J. (1980): *MAGNA*, E. 1:50.000, Hoja 352 (Taubenca).  
 Powell, C., McA (1979): *Tectonophysics*, 58: 21-34.  
 Rey de la Rosa, J. y Rivera Navarro, S. (1981): *MAGNA*, E. 1:50.000, Hoja 319 (Agreda).  
 Simón, J. L. (1980): *Acta Geológica Hispánica*, 15: 137-140.

Recibido el 1 de febrero de 1990  
 Aceptado el 23 de febrero de 1990

## Efecto de arrastre aparente en zonas de cizalla: resultados de un modelo experimental

M. Doblas\*

\* Museo Nacional de Ciencias Naturales, C.S.I.C., José Gutiérrez Abascal, 2, 28006 Madrid.

ABSTRACT

An experiment has been carried out at the ETH (Swiss Institute of Technology at Zürich, Switzerland) with a wax model, using the automatized machine under plane strain/pure shear conditions, developed by Mancktelow (1988). The shear zones triggered in the interface between two competence-contrasting wax blocks, display anomalous «apparent» drag-effects.

Key words: Apparent drag- effect, shear zones, experimental model.

*Geogaceta*, 8 (1990), 30-32.

Introducción

Se ha llevado a cabo un experimento con un modelo de cera en el

Instituto Tecnológico Suizo de Zürich (ETH), usando la máquina automatizada de cizalla pura/deformación planar desarrollada por Mancktelow

(1988). Esta máquina (fig. 1), consta de dos bloques exteriores que encierran dos pistones móviles de compresión y otros dos de confinamiento, pudiéndose

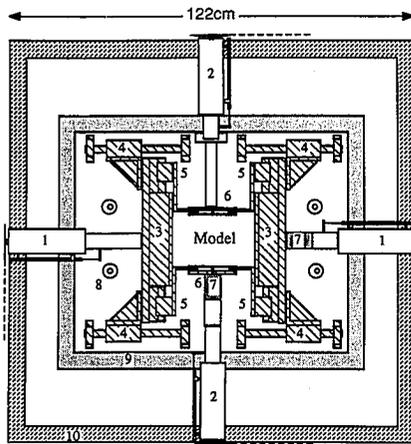


Fig. 1.—Vista general de la máquina automatizada experimental de cizalla para bajo condiciones de deformación planar (tomado de Mancktelow; 1988): 1) Pistones de compresión. 2) Pistones de confinamiento. 3) Placas de compresión. 4) Varillas de desplazamiento de las placas de compresión. 5) Varillas de desplazamiento de las placas laterales. 6) Placas laterales de confinamiento. 7) Medidor electrónico de las fuerzas generadas. 8) Soportes de la placa superior de cristal. 9) Aislante térmico. 10) Soportes del conjunto.

llegar hasta un 42% de acortamiento del modelo. El bloque superior de cristal permite observar los diferentes estadios de la deformación progresiva. El sistema se complementa con un circuito de refrigeración para mantener una temperatura constante, así como con un equipo de fotografía automática, y un ordenador central que controla y almacena diferentes parámetros tales como valores de la deformación y de los esfuerzos, tiempo, temperatura, avance y retroceso de las placas, etc... En la figura 2A se muestra el modelo de cera que se preparó para este experimento: consta de un bloque de cera blanca, que incluye un paralelepípedo central de cera roja de mayor competencia orientado a  $45^\circ$  de la dirección de compresión, sobre los cuales se dibujó una malla cuadrada para controlar la deformación. Este modelo puede servir de símil de una zona granítica con un dique, sometida a una compresión regional. Este experimento ha permitido identificar un tipo de efecto de arrastre «aparente» en zonas de cizalla.

### Resultados del experimento

El resultado final del experimento, tras un acortamiento de 38%, se ob-

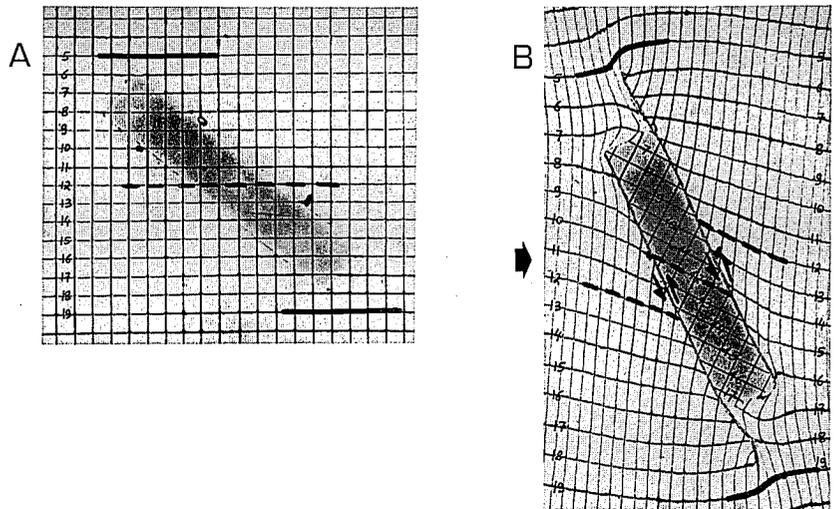


Fig. 2.—Estadios inicial (A) y final (B) del experimento realizado (38% de acortamiento), donde se resaltan los marcadores de la malla analizados.

serva en la figura 2B. Se pueden diferenciar tres zonas en cuanto a la deformación: 1) el bloque matriz de cera blanca, que sufre una deformación continua coherente con el aplastamiento; 2) la inclusión central de cera roja de mayor competencia, que no se deforma, pero sufre una rotación de unos  $30^\circ$ ; 3) la interfase entre estos dos elementos, donde se desarrollan zonas de cizalla, preferentemente siguiendo los bordes alargados. Estas zonas de cizalla son el resultado de dos factores interconectados: la diferencia de competencia entre los dos bloques de cera, y la rotación del elemento central como resultado del aplastamiento. Las dos zonas de cizalla principales que penetran en la matriz de un modo asimétrico, respecto de la inclusión central, presentan una característica anómala (fig. 2B): Analizando el marcador 12 de la malla, se observa que el desplazamiento es de tipo sinistral; lo mismo se deduce de las terminaciones asimétricas de las dos zonas de cizalla principales que definen en conjunto una geometría de tipo «σ» (Passchier y Simpson, 1986) para la inclusión central, así como de la deformación de las líneas de malla 5 y 19, en las terminaciones de las zonas de cizalla. Sin embargo, el «efecto de arrastre» que presentan las líneas de malla 9 y 15 es «aparentemente» de tipo dextral.

### Discusión

La explicación de este efecto de

arrastre anómalo, y aparentemente incongruente con el sentido del movimiento de estas zonas de cizalla, es bastante sencilla. En realidad, lo que ocurre es que al rotar la inclusión central, las líneas de la malla paralelas a la dirección de acortamiento «se despegan» hacia arriba a modo de «bisel». Un símil de esto se representa en la figura 3 mediante un libro y un manajo de cartas. Partiendo de la posición inicial A, al girar el libro en sentido horario (B), el manajo de cartas «se despegan» hacia arriba, produciendo un «efecto de arrastre aparente» dextral. Esto es muy distinto al efecto que se produce si empujamos el manajo de cartas hacia abajo (C), en cuyo caso las cartas son «arrastradas» en esa dirección, con un desplazamiento de carácter dextral. Nótese que el «efecto de arrastre» es el mismo en B y en C, siendo «aparente» en B y «real» en C. Se puede comprender la importancia que tiene esta diferenciación para la deducción de la cinemática de una zona de cizalla o de una falla. En este sentido, el «efecto de arrastre» no es, por sí solo, un criterio válido para deducir el sentido del movimiento, y deberá ir acompañado del desplazamiento de un marcador claramente identificable a ambos lados de la discontinuidad. Por ejemplo, un caso de aplicación real de este criterio sería el de la falla NE/SW de Plasencia: es posible que en algunos de sus sectores (donde no se pueden identificar las mismas formaciones geológicas a ambos lados), el efecto de arrastre que

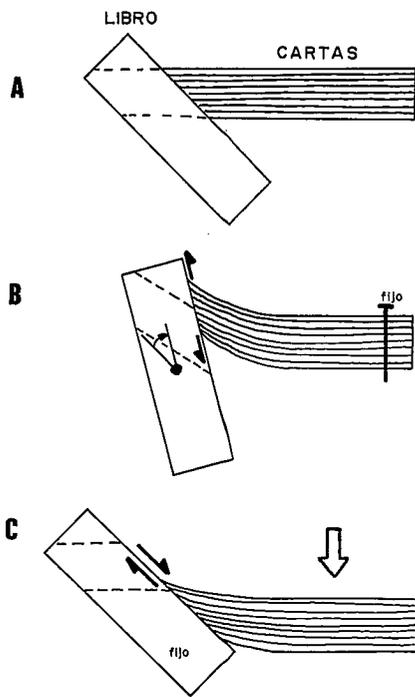


Fig. 3.—Esquemas idealizados mostrando los dos tipos contrastados de efectos de arrastre que se pueden producir, utilizando el símil de un libro y un manojo de cartas (A). En el caso B (correspondiente al experimento realizado), se hace rotar el libro estando las cartas fijas, produciéndose un «despegue» o efecto de arrastre «aparente» de las cartas. En el caso C, se empujan las cartas hacia abajo, obteniéndose un efecto de arrastre «real».

se observa pueda tener dos interpretaciones alternativas tal y como acabamos de discutir.

Mediante esos dos criterios se pueden diferenciar dos grupos de fallas (fig. 4). El primer grupo (Fig. 4A), sería el resultado del experimento que acabamos de describir, y es un tipo totalmente nuevo, hasta ahora no descrito en la bibliografía. Este tipo de falla se caracteriza por lo siguiente: 1) debe existir como una discontinuidad previa; 2) la deformación que afecta a los dos labios de la falla, en

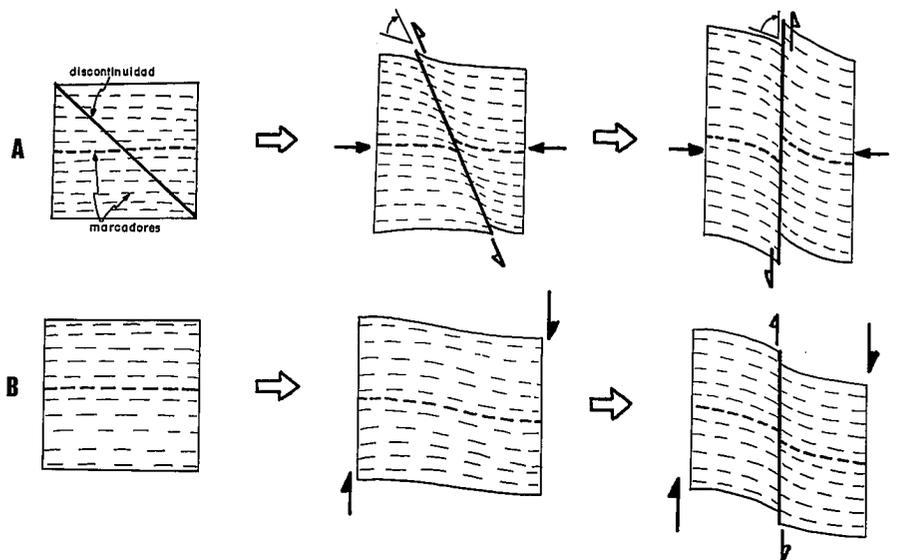


Fig. 4.—Dos tipos contrastados de fallas. A) Discontinuidad previa sometida a cizalla pura, que rota y genera un efecto de arrastre «aparente» (caso del experimento realizado). B) Clásica falla resultado de cizalla simple, y que presenta un efecto de arrastre «real».

forma de «arrastre» de los marcadores, se concentra en las cercanías de la misma, y nace de ella, extendiéndose hacia afuera; 3) la falla sufre una rotación; 4) el movimiento deducible del desplazamiento de los marcadores, es distinto del que indica el efecto de arrastre («aparente»); 5) esta deformación se produce bajo condiciones de cizalla pura. El segundo grupo (fig. 4B), sería el de la clásica falla, con las siguientes características: 1) no tiene porque ser una discontinuidad previa como en el caso anterior; 2) la deformación en los labios de la falla (en función del arrastre de los marcadores) comienza lejos de la futura falla, y es precisamente su acentuación en la parte central, la que genera la falla; 3) la falla no sufre rotación; 4) el movimiento deducible del desplazamiento de los marcadores es el mismo que el que indica el efecto de arrastre («real»); 5) la deformación puede producirse tanto ba-

jo condiciones de cizalla pura como simple.

Estos dos tipos son obviamente extremos idealizados, y existen en realidad muchas variantes entre los dos.

#### Agradecimientos

Agradecemos la inapreciable ayuda de los Profesores J. G. Ramsay y N. Mancktelow para llevar a cabo este experimento en Zurich, así como la labor fotográfica de Don Jesús Sánchez Corral.

#### Referencias

- Mancktelow, N. (1988): *J. Struct. Geol.*, 10 (1), 101-108.  
 Passchier, C. W. y Simpson, C. (1986): *J. Struct. Geol.*, 8 (8), 831-843.

Recibido el 1 de febrero de 1990  
 Aceptado el 23 de febrero de 1990