

ASPECTOS NEOTECTONICOS Y GEOLOGICOS DE PURISCAL Y ALREDEDORES, COSTA RICA

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

ABSTRACT: A seismic swarm of tectonic origin affected the area of Puriscal and surroundings in 1990. For this reason, an area of 250 km² has been selected for detail mapping.

The geological map shows that the area is formed by lithological units varying in age from the Miocene to Recent. The structural features show that the main faulting is NW-SE and is expressed on strike slip dextral faults. Another faulting is transtensional N-S and siniestral NE-SW strike slip.

Statistical analysis of focal mechanism correspond to the faults that had been identified. Both methods show the mean direction of compression to be N10°-20°E, and it is interpreted as caused by simple shear between the regional faults named Jaris and Candelaria. Hence, it is concluded that the regional compression is S-N.

RESUMEN: A raíz del enjambre sísmico, de origen tectónico, que ocurrió en 1990 y afectó la zona de Puriscal y alrededores; se detallaron los aspectos estructurales y geológicos de un área de unos 250 km².

El mapeo revela que las unidades geológicas presentes son de edad Mioceno hasta Reciente. El cartografiado de rasgos estructurales indica que el fallamiento dominante es NW-SE, transcurrente dextral; además destacan fallas N-S transtensionales y fallas siniestras NE-SW.

El análisis estadístico de los mecanismos focales coinciden con las fallas medidas, indicando una tectónica compresiva de dirección predominante N10°-20°E. La cual se interpreta como producto de cizalla simple entre las fallas regionales Jaris y Candelaria, ambas dextrales y consecuencia de la compresión regional S-N.

INTRODUCCION

Durante el período de marzo a julio de 1990 se presentó en la zona de Santiago de Puriscal y alrededores un enjambre sísmico, con magnitudes máximas de 5.0 (escala Richter), produciendo daños considerables en la infraestructura de la zona, principalmente viviendas. Esta sismicidad fue causada por la actividad de fallamiento local. El 22 de diciembre del mismo año se reanudó la actividad sísmica, con un sismo de magnitud superior a 5.5 y epicentro en Piedras Negras. Este último evento produjo severos daños en las cercanías de la ciudad de Alajuela.

Considerando, que en los mapas regionales que cubren esta área (Arias & Denyer, 1990a-b), no se habían cartografiado las fallas que causaron la actividad citada, se procedió a su actualización. A la vez que se complementó con la toma de datos estructurales más detallados, para obtener los esfuerzos principales máximos que afectaron la región. En total se estudiaron unos 250 km².

Valga destacar, que a pesar de la constante sismicidad que afectó el área no se produjeron movimientos considerables en el deslizamiento de Puriscal.

Considerando la estrecha relación de la litología y los rasgos estructurales con el comporta-

miento mecánico neotectónico, en este trabajo se intenta combinar y comparar los datos sísmicos y geológicos, para obtener resultados concretos respecto al fallamiento activo.

La metodología empleada, consistió en el levantamiento de campo, estratigráfico y litológico, expresado en el mapa geológico adjunto (Fig. 1). Además se tomaron los rasgos estructurales como los planos estratigráficos y de fallas, con especial atención en las estrías y el movimiento relativo en éstas. El procesamiento y tratamiento estadístico se realizó por los métodos de Schmidt de igual área, análisis porcentual de buzamientos y rosas simétrica y asimétrica. La metodología estructural convencional se complementó con la información sismológica aplicando la sistemática de Angelier & Mechler (1977) y Angelier (1979).

ASPECTOS ESTRATIGRAFICOS Y LITOLOGICOS

Los conceptos estratigráficos y litológicos son correspondientes con Denyer & Arias (1991). Se hicieron modificaciones al mapa geológico (Fig. 1), se detallaron algunos de los contactos geológicos, principalmente entre las formaciones volcánicas de La Cruz y Grifo Alto en el sector oriental del mapa, donde anteriormente se había sobrestimado el espesor de Grifo Alto. Además, se diferenciaron los Depósitos Parálidos de la Formación La Cruz en otras áreas, se encontraron y cartografiaron afloramientos de las Tobitas Ococa y se destacaron algunos afloramientos de lavas y brechas en Grifo Alto. A continuación se hace un resumen de la estratigrafía:

La secuencia litológica que aflora en esta área (Fig. 1) tiene una edad máxima de Mioceno Inferior, correspondiente a la Formación Pacacua. Sobreyacida por la Formación Peña Negra (Mioceno Medio), la cual a su vez se encuentra sobreyacida parcialmente por la Formación Coris.

Concordantemente, la unidad volcánica: Formación La Cruz (Mioceno Superior) se depositó sobre la secuencia sedimentaria. Depósitos parálidos y tobas coronan esta formación. Subconcordantemente se depositaron las Tobitas Ococa.

Mediante una discordancia angular la Formación Grifo Alto (Plioceno-Pleistoceno ?) sobreyace a estas unidades, al igual que las ignimbritas de la Formación Depósitos de Avalancha

Ardiente. Depósitos coluvio-aluviales del Pleistoceno, descansan sobre la estratigrafía anterior.

ASPECTOS ESTRUCTURALES

El área se presenta controlada estructuralmente por fallas regionales NW-SE y NE-SW, y algunas fallas subordinadas N-S. Algunas de las cuales estuvieron activas, por lo menos desde el basculamiento Mio-Plioceno de la Cuenca Candelaria, el cual corresponde con el máximo evento tectónico evidenciado en la historia geológica de la región (Arias & Denyer, 1991).

Las principales fallas son NW-SE, representadas por las fallas transcurrentes Jaris y Candelaria (la cual está al S del área estudiada), ambas con desplazamiento dextral. Estas fallas delimitan estructuralmente la zona de Pusiscal).

Los últimos sismos ocurridos en la región han activado parcialmente este fallamiento, además de haber originado nuevos planos de debilidad.

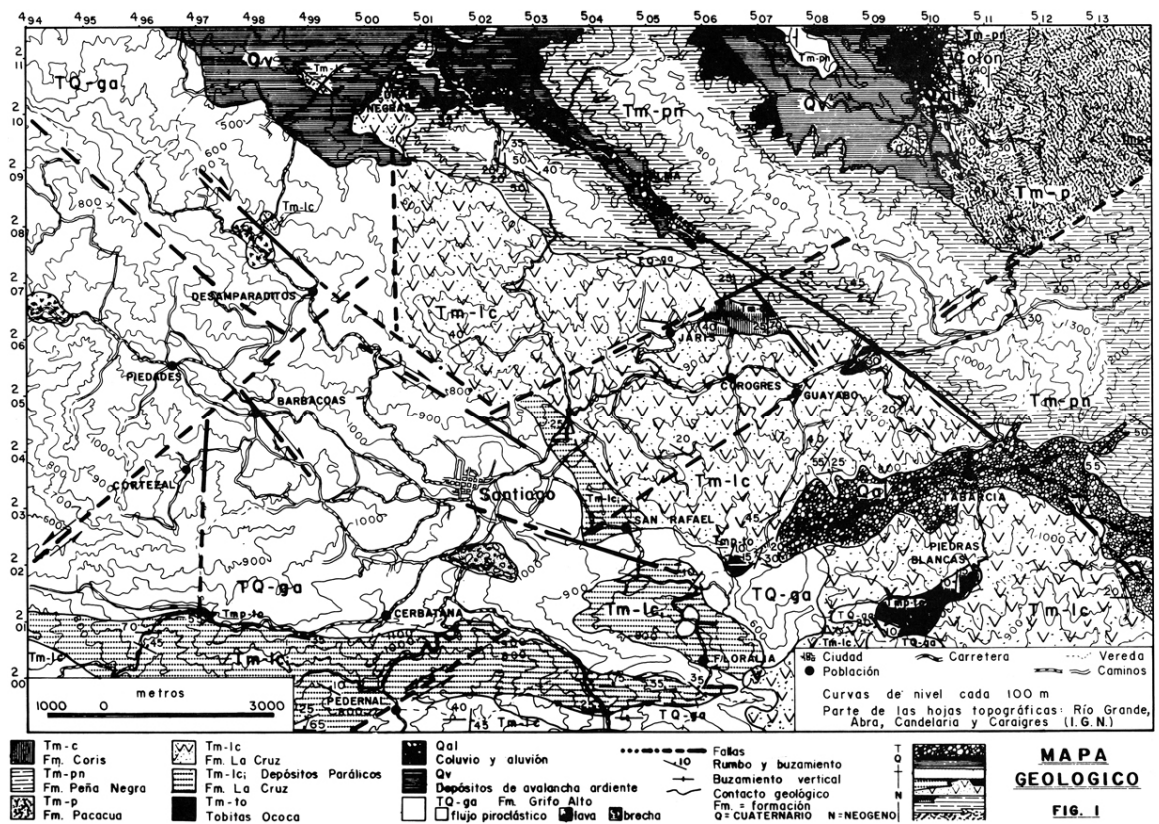
Los rasgos estructurales cartografiados, corresponden a fallas, estrías, diaclasas e inclinación de las capas sedimentarias (Fig. 2). Algunos de los datos, principalmente en suelos, fueron tomados inmediatamente después de los sismos principales, de ahí que se pudo medir el desplazamiento relativo en algunas de las fallas.

ANALISIS GEO-ESTADISTICO

El tratamiento estadístico se realizó con las estrías y los planos de deslizamiento (fallas) que las contienen, esto por la cantidad y la calidad de la información que representan. Los autores consideran que este tipo de dato permite establecer conclusiones más claras, pues indican los planos que presentaron movimiento y es posible establecer la dirección del deslizamiento, a la vez que se pueden comparar los resultados con la información sísmica.

Los datos se separaron, para su análisis de acuerdo al comportamiento mecánico de los materiales, en suelos y en rocas. También se hicieron análisis tomando en consideración la totalidad de los datos.

El procesamiento estadístico incluye diagramas de rosa asimétrica, rosa simétrica y de red



MAPA GEOLOGICO
FIG. 1

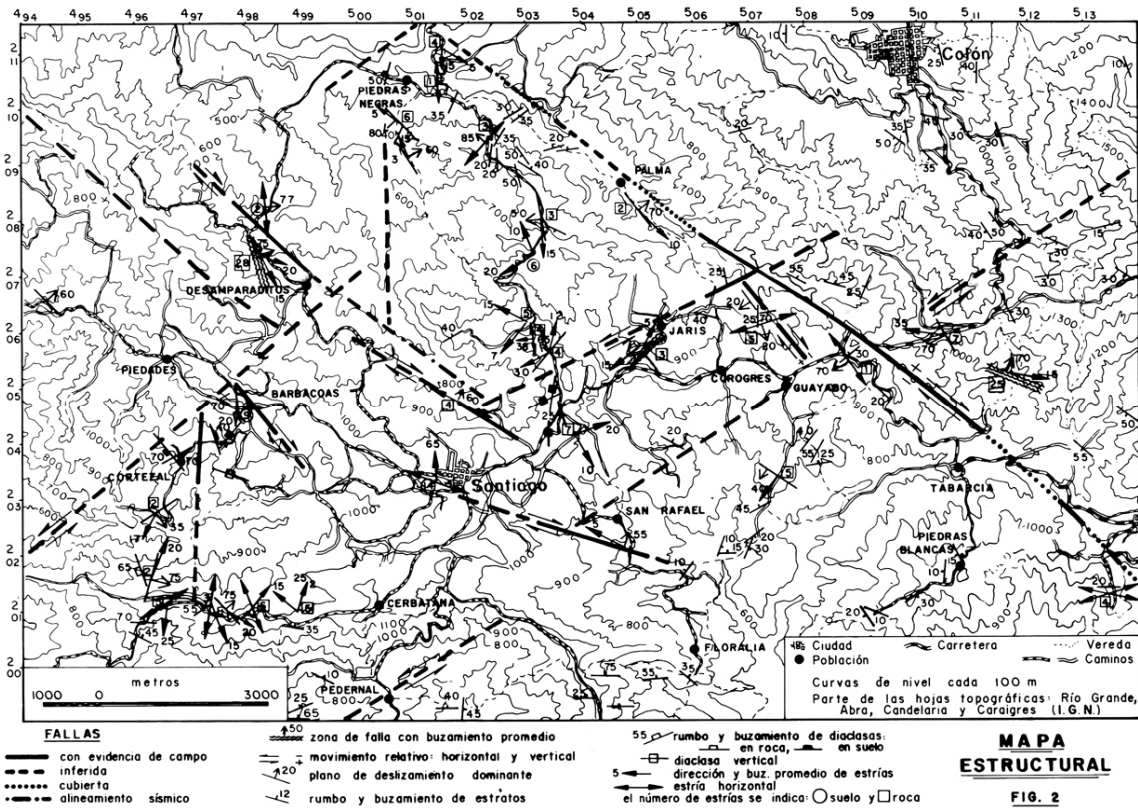


FIG. 2

estereográfica utilizando el método de Schmidt.
Para lo cual se utilizaron los programas ROSA y
SPLOT.

Estrías en suelo

Destacan 3 características principales:

- a) Los planos que contienen las estrías (Fig. 3)

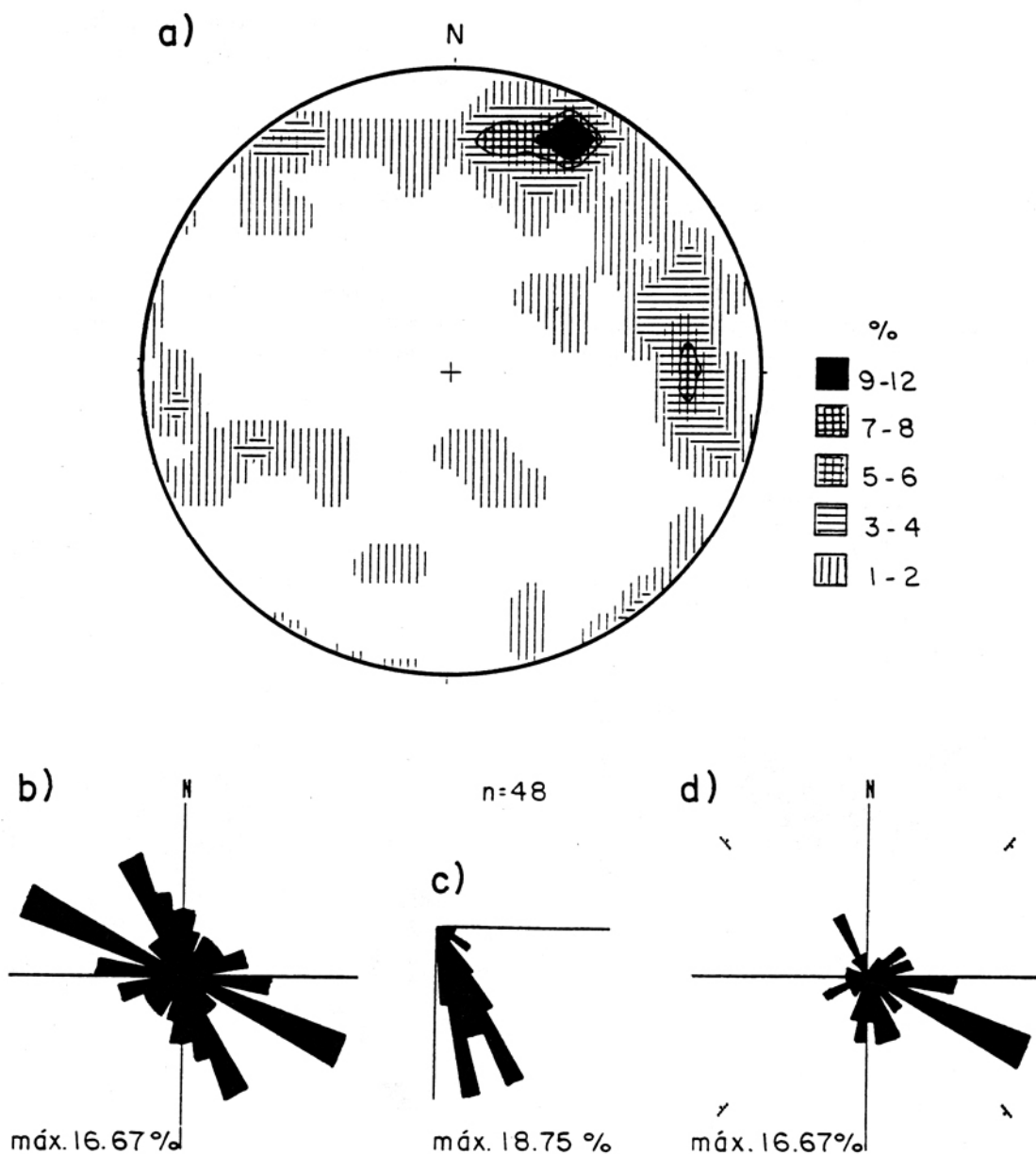


Fig. 3: Planos de Falla en el suelo.
a) Análisis estadístico (método de Schmidt).
Hemisferio inferior de la red estereográfica.

b) Rosa simétrica de rumbos.
c) Análisis porcentual de buzamientos.
d) Rosa asimétrica de rumbos.

muestran una marcada tendencia a planos de rumbo NW, con un fuerte buzamiento ($> 60^\circ$) hacia el SW.

- b) El buzamiento de las líneas es muy consistente, siendo más del 80% de los datos $< 40^\circ$, con un máximo de 23% entre 15° y 20° (Fig. 4).
- c) Las líneas muestran una dirección preferencial hacia el S franco, con un máximo de 8.3%. Destacando también una tendencia de dirección NNW (Fig. 4).

Se puede concluir lo siguiente:

- La marcada tendencia NNW de los rumbos de los planos que contienen las estrías y la dirección S y NNW de éstas son producto de cizalla simple en un material de comportamiento plástico, entre fallas dextrales NW-SE, que a su vez refleja una compresión de S a N. Así mismo, las estrías

horizontales en planos verticales indica que se trata de un fallamiento transcurrente producto de una compresión muy horizontal.

Estrías en roca

El análisis estadístico de las estrías y los planos que las contienen (Fig. 5 y 6) revela lo siguiente:

- a) Los planos tienen rumbo preferencial ENE y NW, con un máximo entre 70° - 75° (Fig. 5)
- b) Bajo buzamiento de las líneas. Más de 75% de los datos son $< 30^\circ$, con un máximo de 20% entre 5° y 20° (Fig. 6).
- c) La dirección preferencial más consistente de las estrías es SE, con 3 concentraciones principales (Fig. 6).

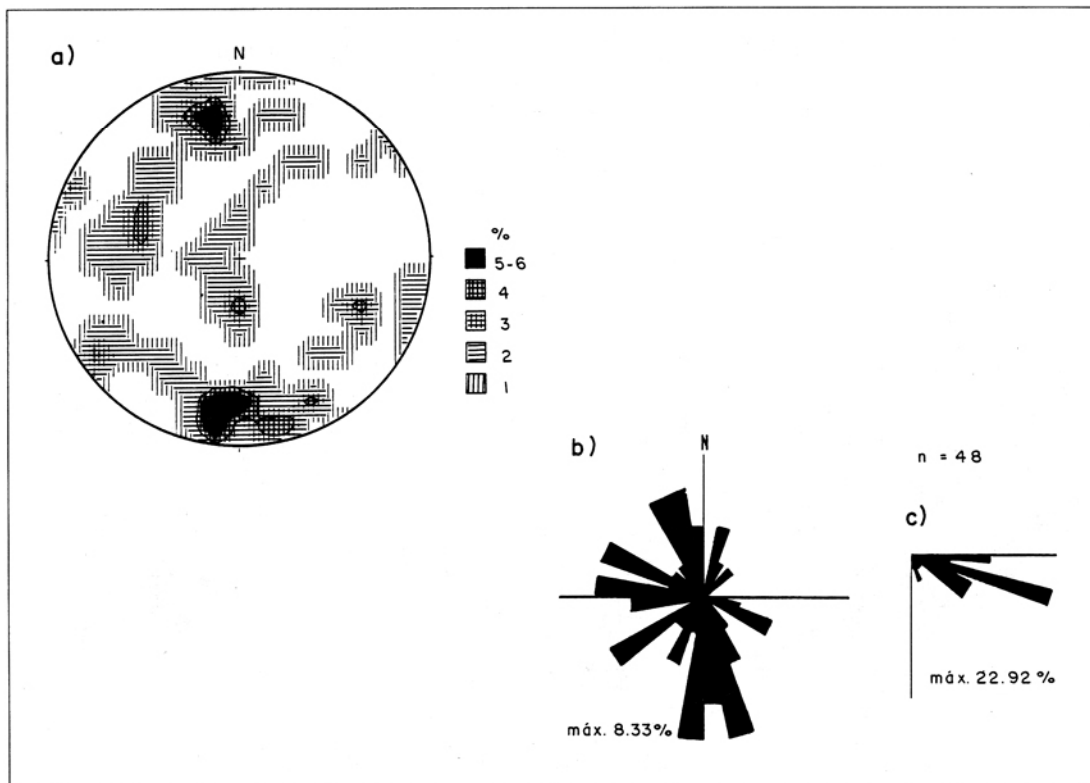


Fig. 4: Estrías de Falla (Suelo)

- a) Análisis estadístico (método de Schmidt). Hemisferio inferior de la red estereográfica.
- b) Rosa de direcciones de inclinación.
- c) Análisis porcentual de la de la inclinación

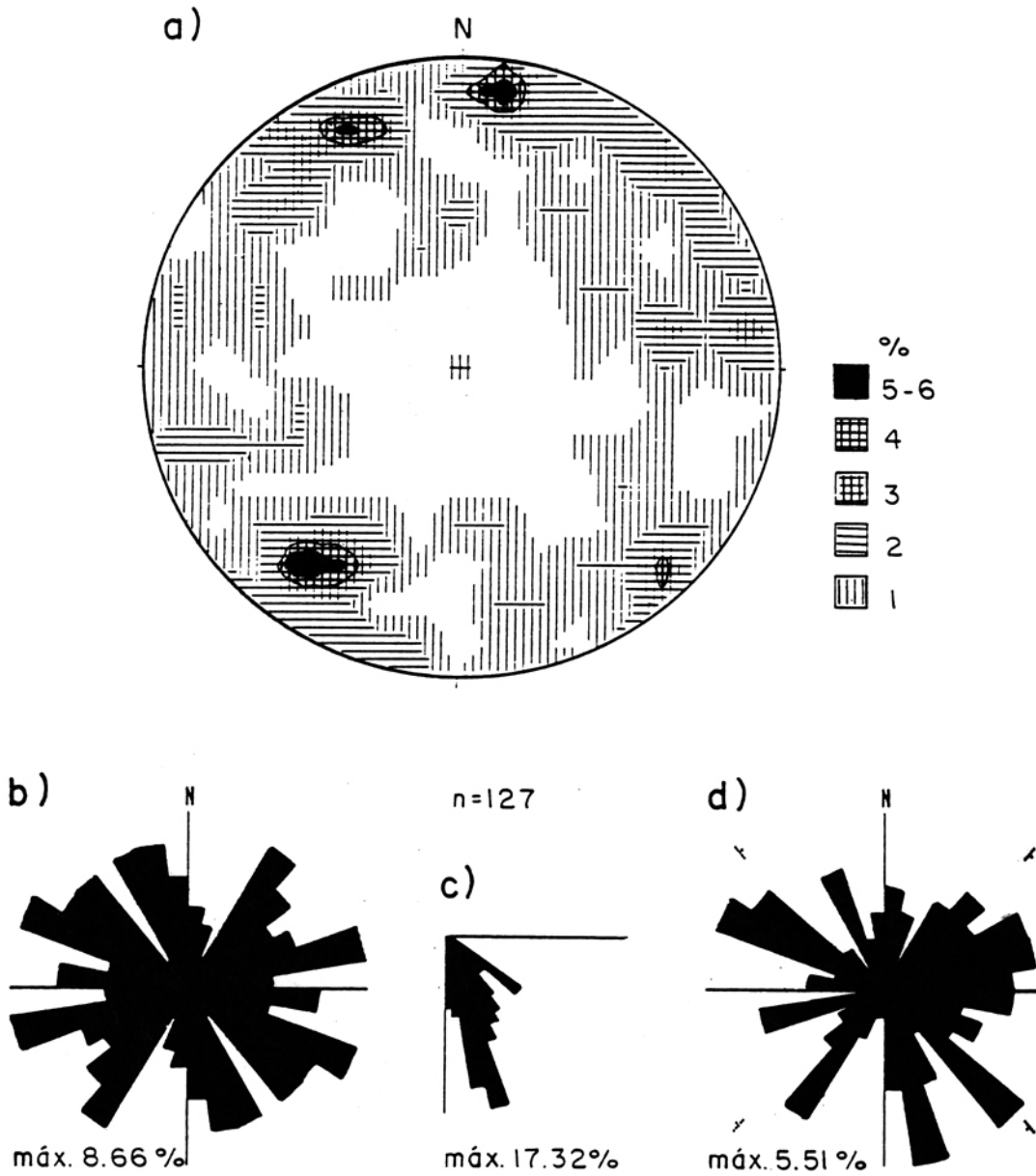


Fig. 5: Planos de Falla en Roca.

- a) Análisis estadístico (método de Schmidt). Hemisferio inferior de la red estereográfica.
- b) Rosa simétrica de rumbos.
- c) Análisis porcentual de buzamientos.
- d) Roca asimétrica de rumbos.

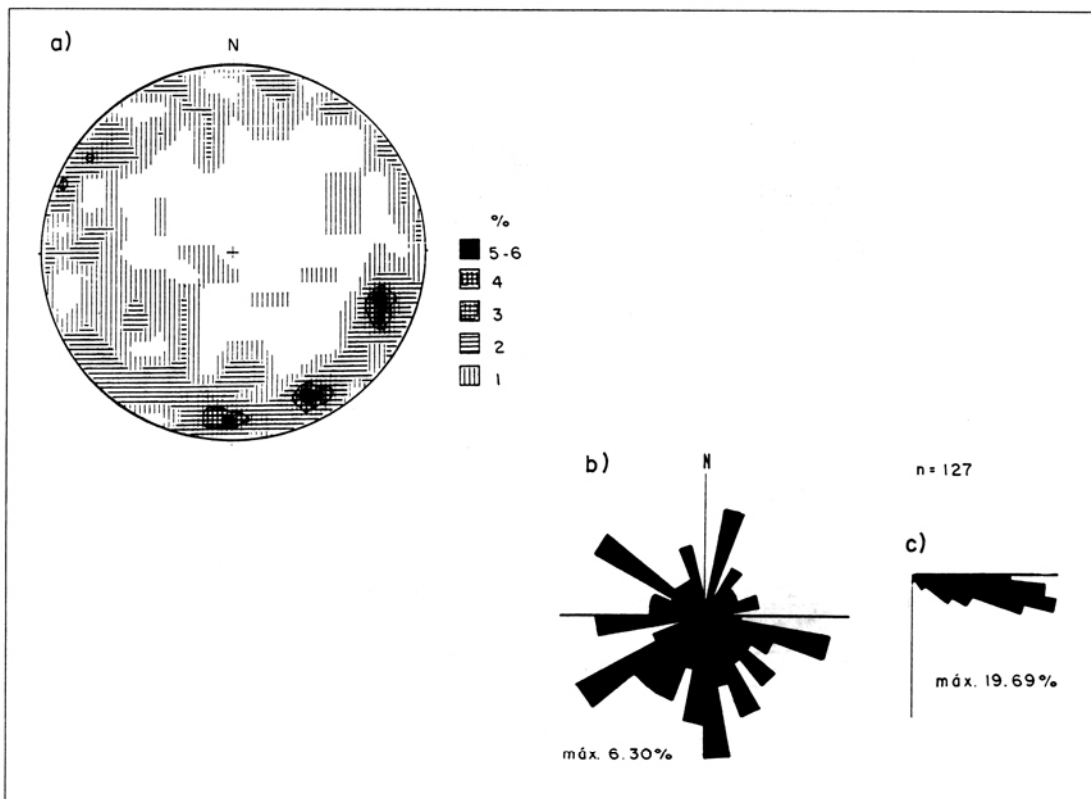


Fig. 6: Estrías de Falla (Roca)

- a) Análisis estadístico (método de Schmidt). Hemisferio inferior de la red estereográfica.
 b) Rosa de direcciones de inclinación.
 c) Análisis porcentual de la inclinación.

En el análisis de los planos (Fig. 5), destaca su verticalidad, así como rumbos de tendencia WNW y NW. La horizontalidad de las estrías en planos subverticales evidencia su carácter transcurrente. La dirección predominante tanto de la dirección de las estrías como de los rumbos de los planos que las contienen, corresponden con el fallamiento regional dominante.

Estrías en roca y suelo

La combinación de estrías en roca y suelo define el comportamiento mecánico general de la zona, la coincidencia de los esfuerzos que dieron origen a las estrías, tanto en los materiales plásticos (suelo), así como los frágiles (rocas). Las Figs. 7 y 8 muestran la estadística general:

- a) Los planos muestran una tendencia con rumbo NW buzante al SW, al igual que se observa una marcada verticalidad (Fig. 7).
 b) Las estrías tienen dirección preferencial al S y SSE, con ángulos de inclinación inferiores a 20° (Fig. 8).

El análisis estadístico muestra la coincidencia en la horizontalidad de las estrías y la verticalidad de los planos que las contienen, así como la coincidencia con las fallas principales (Fig. 2)

COMPARACION SISMICIDAD Y TECTONICA

Se utilizó la metodología de Angelier & Mechler (1977) y Angelier (1979) para establecer

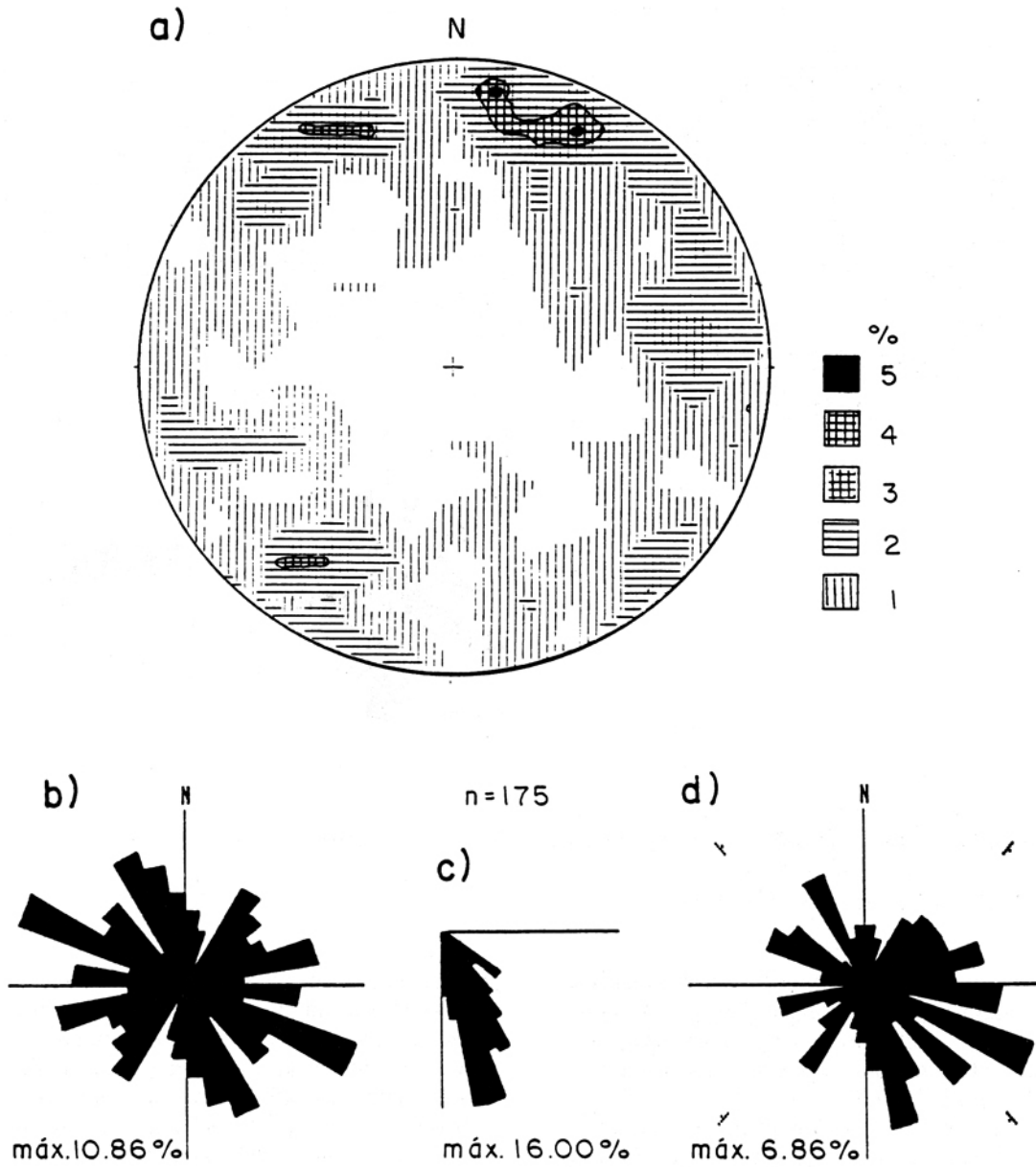


Fig. 7: Planos de Falla en Roca y Suelo.

- a) Análisis estadístico (método de Schmidt). Hemisferio inferior de la red estereográfica.
- b) Rosa simétrica de rumbos.
- c) Análisis porcentual de buzamientos.
- d) Rosa asimétrica de rumbos.

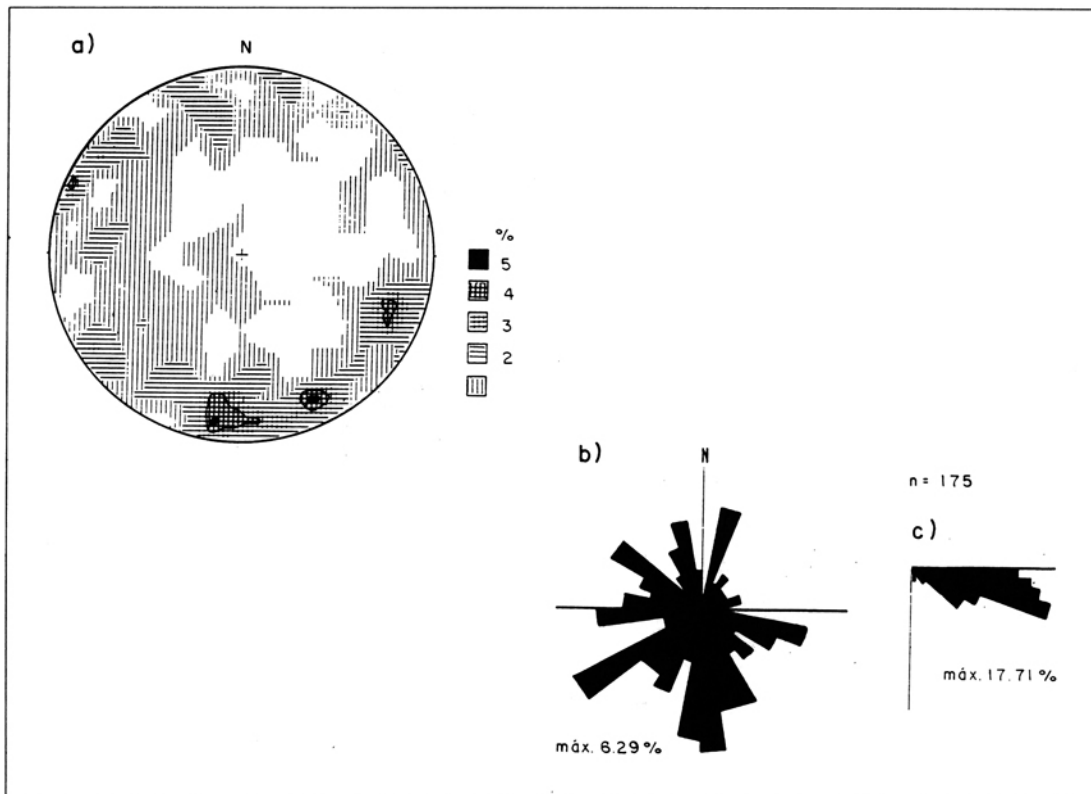


Fig. 8: Estrías de Falla (en roca y suelo).

- a) Análisis estadístico (método de Schmidt). Hemisferio inferior de la red estereográfica.
 b) Rosa de direcciones de inclinación.
 c) Análisis porcentual de la inclinación.

las correlaciones entre los movimientos relativos de fallas y los sismos (Michael, 1987), estos últimos con magnitudes superiores a 3.5 (escala Richter) ocurridos durante el período marzo-julio de 1990, *sensu* OVSICORI (1990).

La Fig.9 muestra los planos principales y ortogonales, tanto de los mecanismos focales, como de los planos de falla medidos. En la Fig. 10 se indican los dominios de compresión y tensión con base en los sismos y con base en los movimientos relativos de las fallas. Valga hacer notar que la restricción de los dominios compresivos y tensionales (Fig. 10b) está dado por el evento de mayor magnitud (5.0) en el período estudiado, suscitado el 30 de junio, esta restricción hace más notoria la correspondencia entre las direcciones de esfuerzos máximos calculados a partir de las fallas y los sismos. Por lo tanto, los dominios re-

presentados por áreas de amplia extensión pueden corresponder en un momento dado, a la acumulación de energía en una dirección determinada, si se considera que la dirección del esfuerzo regional tiene carácter unidireccional. Los valores de $\phi (N_2-N_3 / N_1 - N_3)$ que se indican en la Fig. 10 evidencian semejanza entre las magnitudes de N_2 y N_3 .

Estos análisis son consistentes, ambos muestran una compresión NNE-SSW. Los dominios máximos de compresión, muestran una dirección $N10^\circ E$ con base en las fallas y $N20^\circ E$ con los mecanismos focales.

Estos datos son consistentes con Montero & Morales (1984-1990) y Arias & Denyer (1991), en que se indica que la compresión en la Región Central del país es N-S.

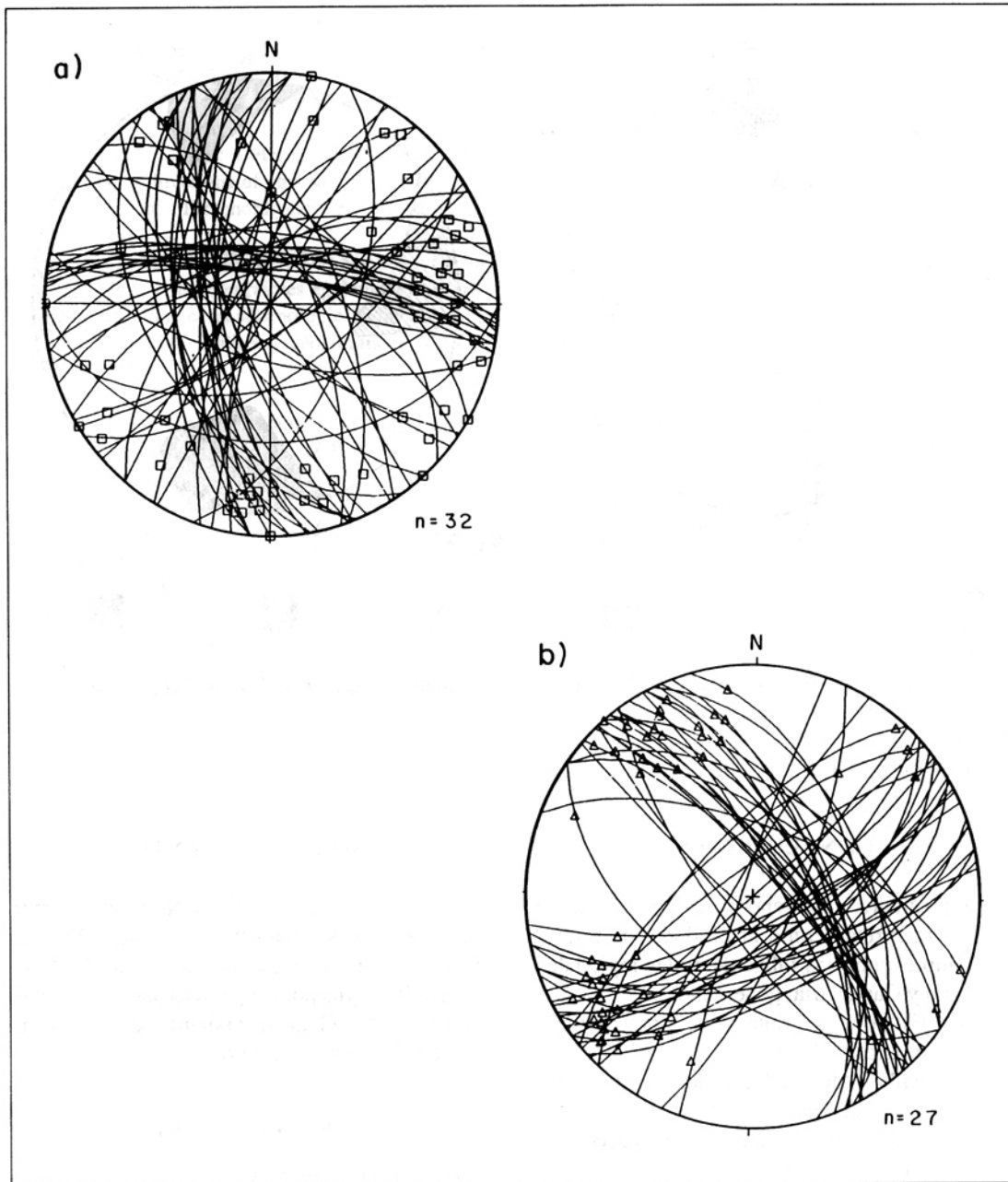


Fig. 9: Comparación entre mecanismos focales y fallas.

- a) Fallas con dirección de desplazamiento (32 fallas) y su plano ortogonal con respecto a su estría. Los cuadros indican la estría y el polo del plano ortogonal.
- b) Mecanismos focales (27 soluciones) de los sismos de marzo a julio 1990 (OVSICORI, 1990). Los triángulos corresponden con los polos de cada plano.

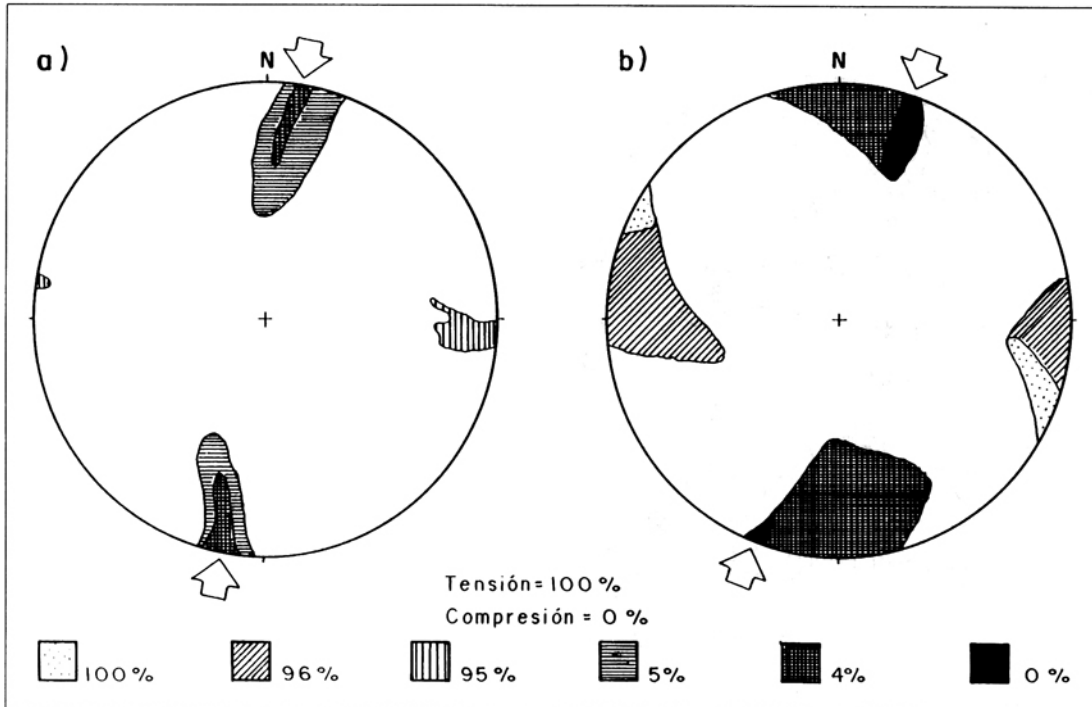


Fig. 10: Dominios de tensión y compresión, metodología: Angelier & Mechler (1977). Las flechas corresponden con los ejes de compresión máxima.

A) Fallas.

b) Mecanismos focales.

CONCLUSIONES

- a) Los esfuerzos que generó el enjambre sísmico se interpretan como el producto de cizalla simple, entre las fallas dextrales regionales Jaris y Candelaria, generando:
 - i- Fallamiento dominante transcurrente dextral, NW-SE.
 - ii- Fallas "duplex" transtensionales dextrales, con dirección N-S.
 - iii- Fallas subordinadas sinistralas, con dirección NE-SW.
- b) La compresión regional es de S a N, generando cizalla simple entre las fallas NW-SE, produciendo una desviación del esfuerzo máximo, con dirección N10°E.
- c) Los ejes de esfuerzos principales han permanecido constantes, desde principios del Mioceno hasta el Presente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comisión Nacional de Emergencias, en especial a MSc. Luis Diego Morales y al director de la Escuela de Geología, MSc. Sergio Paniagua por el apoyo logístico. Además, el colega MSc. G. Leandro siempre estuvo anuente a colaborar con los autores.

REFERENCIAS

- ARIAS M., O., 1988: Geología de Pozos de Puriscal y alrededores, SJ-CR .- Inf. Camp. Geol. ECG-UCR , 15 p.
- _____ & 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.

- _____, 1991: Estructura geológica de la región comprendida en las hojas topográficas Abra, Carraigres, Candelaria y Río Grande .- Rev. geól. Amér. Central (ESTE NUMERO)
- ANGELIER, J., 1979: Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population .- Tectonophysics 56: T17-T26.
- _____ & MECHLER, P., 1977: Sur une méthode de recherche des contraintes également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des diédres droits .- Bull. Soc. géol. France t. XIX (6): 1309-1318.
- CASTILLO, R., 1969: Geología de los mapas básicos Abra y partes de Río Grande, CR .- Inf. MEIC , 40 p. + mapa 1:50 000.
- DENYER, P. & SOTO, G. (Eds.), 1988: Síntesis Camp. Geol. 1988 (Geología del SW del Valle Central, CR) .- Inf. ECG-UCR, 34 p.
- _____ & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica .- Rev. geol. Amér. Central (12), (ESTE NUMERO).
- MICHAEL, A. J., 1984: Determination of stress from slip data: faults and folds .- Jour. Geophysical Research 89 (B13): 11517-11526.
- MONTERO, W. & MORALES M., L.D., 1984: Sismotectónica y niveles de actividad de microtemblores en el suroeste del Valle Central, Costa Rica .- Rev. Geofísica (21): 21-39.
- _____, 1990: Deformación y esfuerzos neotectónicos en Costa Rica .- Rev. Geol. Amér. Central (11): 69-87.
- OVSICORI, 1990: Secuencia sísmica de Puriscal, 26 de marzo-11 de julio 1990: Informe preliminar.- Heredia: OVSICORI-UNA, 80p.
- RIVIER S., F., 1979: Geología del área Norte de los cerros de Escazú, cordillera de Talamanca, Costa Rica .- Inf. semestral Instituto Geográfico Nacional enero-junio 1979: 99-132, San José.