

### Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincero y cordial agradecimiento a Fabio Segura, Jefe del Proyecto Sismología de INETER y en general al personal de esta unidad por la atención, colaboración y apoyo constante y permanente que hizo posible la realización de este trabajo. Asimismo al Dr. Alejandro Rodríguez, Director y otras autoridades de INETER, que con su confianza y apoyo facilitaron esta labor. Diversos profesionales de INETER, MCT, Alcaldía de Managua y Defensa Civil ayudaron con su criterio y comentarios, a formar los juicios de valor que sustentan observaciones, conclusiones y recomendaciones que se vierten en este documento.

### Bibliografía

Aburto, A. (1975). Boletín Sismológico. Instituto de Investigaciones Sísmicas, Ministerio de Planificación Urbana, Vol. I, N°1.

Algermissen, S.T., J.W. Dewey, C.J. Langer y W. Dillinger (1974). The Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1973; location, focal Mechanism, and intensity distribution, Bull. Seism. Soc. Am., 64:993-1004.

Banco Central de Nicaragua (1973). Principales Leyes y decretos promulgados a raíz del Sismo de 1972 (enero a junio de 1973), Departamento de Estudios Económicos, 137 págs.

Boletín Sismológico (1975). Instituto de Investigaciones Sísmicas, Ministerio de Planificación Urbana, Volumen I, N°1.

Bolsetines Sismológicos (1975-1983). Instituto de Investigaciones Sísmicas, Ministerio de Planificación Urbana e Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales.

Brown, R.D., Jr., F.L. Ward y G. Plafker (1973). Geologic and Seismologic Aspects of the Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1972, U.S. Geol. Surv. Profess. Paper 838, 34 págs.

Burbach, G.V., C. Frohlich, W.D. Pennington y T. Matumoto (1984). Seismicity and tectonics of the subducted Cocos Plate, J. Geophys. Res., 89: 7719-7735.

Campbell, K.W. (1981). Near-source attenuation of peak horizontal acceleration, Bull. Seism. Soc. Am., 71: 2039-2070.

Carr, M.J. (1976). Underthrusting and Quaternary faulting in Central America, Geol. Soc. Am. Bull., 87:825-829.

Carr, M.J. y R.E. Stoiber (1977). Geologic setting of some destructive earthquakes in Central America, Geol. Soc. Am. Bull., 88:151-156.

Case, J.E. y T.L. Holcombe (1988). Geologic-tectonic map of the Caribbean region, U.S. Geol. Surv. Misc. Inv. Map 1-1100.

Código Profesional de Diseño Estructural para Nicaragua (1979). Dirección de Investigaciones del Vice-Ministerio de Planificación, 41 págs.

Compañía Aseguradora Muenchaner Rueckversicherungs-Gesellschaft (1978). Guatemala, terremotos en la placa del Caribe, Muenchen.

Cornell, C.A. (1968). Engineering seismic risk analysis, Bull. Seism. Soc. Am., 58:1583-1606.

Chang, F.K. y E.L. Krinitzsky (1977). Duration, spectral content, and predominant period of strong motion earthquake records from Western United States, U.S. Army Eng. Waterways Experiment Station, Misc. Paper S-73-1, 58 págs.

Dames Moore-Lansa (1978). Informe Final del estudio geológico de las ciudades del sistema Metropolitano Tipitapa-Granada-Managua-Carazo (Diriamba-Jinotepe-Dolores), Viceministerio de Planificación Urbana, Gobierno de Nicaragua.

Darce, M. (1985). Aspectos tectónicos de la región III, Managua, Memorias VI Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo II, Bogotá, Colombia.

Dean, B.W y C.L. Drake (1978). Focal Mechanism Solutions and tectonics of the Middle America Arc, J. Geology, 86:111-128.

Dewey, J.W. y S.T. Altermissen (1974). Seismicity of the Middle America Arc-Trench system near Managua, Nicaragua, Bull. Seism. Soc. Am., 64:1033-1048.

Hansen, F. y V.M. Chávez (1973). Isoseismal maps of the Managua December 23, 1972 earthquake, Proc. Conf. Managua, Nicaragua, Earthquake of December 23, 1972, Earthquake Eng. Res. Inst., 180-205.

Harlow, D.H., R.A. White y A. Aburto (1981). Quiet zone within seismic gap near western Nicaragua: possible location of a future large earthquake. Science, 213.

Harlow, D.H y R.A. White (1985). Shallow earthquake along the volcanic chain in Central America: evidence for oblique subduction, Earthquake Notes, 55:28.

Hattori, S. (1979). Seismic risks in the world (Maximum Acceleration and maximum particle velocity) (II) - Balkan, Middle East, Southeast Asia, Central America, South America and others, Bull. Inst. Inst. Seism. Earth. Eng., 17:33-96.

Johansson, L.O. (1988). Seismic hazard analysis of Managua-Nicaragua, Tesis Maestría, Department of Soil and Rock Mechanics, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, Examsarbete N°3:88.

Kelleher, J., L. Sykes y J. Oliver (1973). Possible criteria for predicting earthquake locations and their application to major plate boundaries of the Pacific and the Caribbean, J. Geophys. Res., 78:2547-2585.

Kuang, J. (1973). Estratigrafía y tectónica de Managua, Nicaragua, Inst. Geogr. Nac., Ministerio de Obras Públicas, 36 págs.

Langer, C., J.M. Hopper, S.T. Altermissen y J.W. Dewey (1974). Aftershocks of the Managua, Nicaragua, earthquake of December 23, 1972, Bull. Seism. Soc. Am., 64:1005-9016.

Larsson, T. y C. Mattson (1987). Seismic hazard analysis in Nicaragua, Tesis Maestría, Department of Soil and Rock Mechanics, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, Examsarbetet N°3:87.

Leeds, D.J. (1974). Catalog of Nicaraguan Earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 64:1132-1158.

Mc Birney, A.R. y H. Williams (1965). Volcanic history of Nicaragua, Univ. Calif. (Berkeley) Pub. Geol. Sci., 55, 73 págs.

Mc Nally, K.C. y J.B. Minster (1981). Nonuniform seismic slip rates along the Middle America trench, J. Geophys. Res., 86:4949-4959.

Minster, J.B. y T.H. Jordan (1978). Present-day plate motions, J. Geophys. Res., 83: 5331-5334.

Miyamura, S. (1976). Historical development of global seismological observations with special reference to the Middle American earthquakes, Bull. Int. Inst. Seism. Earth. Eng., 14: 21-39.

Miyamura, S. (1985). A comment to "Catalog of significant earthquakes of Central America since 1900" by R.A. White y D.W. Harlow. Prel. Proceed. Symposium on Historical Seismograms and Earthquakes, August 27-28, 1985. Tokyo, Japón. Appendix-Approvisional list of Central American Shallow earthquakes.

Montero, W. (1983). Sismicidad y riesgo sísmico del Proyecto Sandillal, Provincia de Guanacaste, Costa Rica, Anexo al Estudio Geológico-Geotécnico del Proyecto Hidroeléctrico Sandillal a nivel Factibilidad, División Planificación Eléctrica, Instituto Cost. Electricidad, 41 págs.

Montero, W. y L. Ponce (1979). Localización hipocentral y mecanismo focal de algunos temblores fuertes de Costa Rica-Nicaragua, Geof. Inst., 18:411-430.

Molnar, P. y L. R. Sykes (1969). Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from focal mechanisms and seismicity, Geol. Soc. Am. Bull., 80:1639-1684.

Muñoz, L. (1983). Actividad sísmica asociada al Volcán Momotombo, Nicaragua, Tesis Maestría, Instituto Geofísica, Universidad Nacional Autónoma México, 134 págs.

Needham, R. E. (1986). Catalog of first motion focal mechanisms 1984-1985, Volume 1, U.S. Geol. Surv. Open-File Report 86-520-A, 176 págs.

Nishenko, S.P. (1989). Circum-Pacific Seismic Potential 1989-1999, U.S. Geol. Surv. Open File Report 89-86, 126 págs.

Oktake, M., T. Matumoto y G.V. Latham (1977). Temporal changes in seismicity preceding some shallow earthquakes in Mexico and central America, Bull. Int. Inst. Seism. Earth. Eng., 15:105-123.

Parson Corporation et al (1972). The Geology of Western Nicaragua, final Technical report. V. IV: a report prepared in Cooperation with CATASTRO e Inventarios de Recursos Naturales, Managua, Nicaragua, 221 págs, más apéndice y anexo.

Saint-Amant, P. (1973). The seismicity and Geologic Structure of the Managua, Nicaragua Area, Proceeding. Conf., Managua, Nicaragua, Earthquake of December 23, 1972, Earthquake Eng. Res. Inst., 8-25.

Segura, F. (1982). Interpretación sismotectónica de la región de Cofradía y Apoyo, Nicaragua, Tesis Maestría, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma México, 126 págs.

Segura, F. y R. Aburto (1984). Implicaciones tectónicas de la Actividad Sísmica de Ticuantepe, Nicaragua, Informe inédito, 14 págs.

Shah, H.C., C.P. Mortgat, A. Kiremidjian y T.C. Zsuthy (1975). A study of seismic risk for Nicaragua, Part I, John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, 187 págs.

Shah, H.C. T. C. Zsutty, H. Krawinkler, C. P. Mortgat, A. Kiremidjian y J.O. Dizon (1976). A study of seismic risk for Nicaragua, Part II, Commentary, John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, 177 págs. + 7 Apéndices.

Shah, H.C., T.C.Zsutty, H. Krawinkler, C.P. Mortgat, A. Kiremidjian y J.O. Dizon (1976). A study of seismic risk for Nicaragua, Part II, Summary, John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, 44 págs.

Slemmons, D.B. (1977). State of the art for assessing earthquake hazards in the United States, faults and Earthquake magnitude, Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Misc. Paper 5-73-1, Rept. 6, 129 págs. más 1 apéndice.

Stoiber, R.E y M.J. Carr (1973). Quaternary volcanic and tectonic segmentation in Central America, Bull. Volcanologique, 37:304-325.

Sultan, D.I. (1931). The Managua earthquake, The Military Engineer, XXIII: 354-361.

Sutch, P.O. (1981). Estimated intensities and probable tectonic sources of historic (pre 1898) Honduran earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 71:665-681.

Toivanen, J. y J. Wagenius (1989). Seismic aspects on building in Managua, Nicaragua, Tesis Maestría, Departament of Soil and Rock Mechanics, Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden, Examensarbetete N°8-89.

Wallace, R.E. (1973). Plan for zoning Managua, Nicaragua, to reduce hazards of surface faulting, Proceedings Conf. Managua, Nicaragua, Earthquake December 23, 1972, Earthquake Res. Inst., 1973-179.

White, R.A. y D.H. Harlow (1985). Catalog of significant shallow earthquakes of Central America since 1900, Proceedings Symposium Historical Seismograms, IASPEI, Tokyo, Japón, 453-456.

White, R.A. y D.H. Harlow (en prensa). Microseismicity networks and upper crustal seismicity of Central America, Decada North America Geology, Vol. Seismicity.

Woodward Clyde Consultants (1975). Investigation of active faulting in Managua, Nicaragua & Vicinity, Summary report, Viceministerio de Planificación Urbana, República de Nicaragua, 12 págs, más 6 apéndices.

Woodward-Lundgren y Asociados (1975), Seismic and fault hazard studies for Banco Central de Nicaragua, Banco Central de Nicaragua, 200 págs. más 4 apéndices.

Wright, R.N. y A. Lamana (1975). A technical review of the Nicaraguan Building regulatory system, National Bureau of Standards, Technical Note 885, U.S. Department of Commerce, 80 págs.

### Descripción de Figuras

- Figura 1: (a) Epicentros relocalizados para una región de Nicaragua y para el período 1950-72 y (b) Perfil sísmológico transversal a la fosa. Tomado de Dewey y Algermissen (1974) (sus figuras 2 y 3). Se observa claramente la distribución epicentral y en profundidad de los temblores asociados a la zona interplaca Coco-Caribe, de profundidad intermedia y los eventos superficiales que ocurren cerca de la Cordillera Volcánica, incluyendo el terremoto de Managua de 1972.
- Figura 2: Area de daños (intensidad VII y localmente hasta VIII) del terremoto de 16 de diciembre de 1985 ( $M_s=6.0$ ). También se ubican el epicentro del PDE y un epicentro que definen los círculos trazados a partir del  $T_s - T_p$  definido de las réplicas registradas en dos estaciones sísmográficas. FI se refiere a falla neotectónica inferida de imagen de radar.
- Figura 3: Mapa de intensidades y distribución de isosistas del terremoto del 12 de octubre de 1985. Se interpreta, como un temblor interplaca con epicentro frente a Chinandega (círculo sin rellenar), (Magnitud 7.0-7.7, Leeds, 1974). También se incluye el área de ruptura (a partir del evento principal y réplicas) del sismo del 24 de octubre de 1956 ( $M_s=7.3$ ) según Kelleher et al (1973). Las intensidades determinadas para este evento se muestran encerradas por un círculo.
- Figura 4: Mapa de Amenaza Sísmica y de riesgo por ruptura superficial de falla para la región de Managua, Nicaragua. Se incorporan las fallas de Woodward-Clyde (1975) y Dames-Moore-Lansa (1978). La Falla Mateare y otros lineamientos que la corta, se ubicaron de fotografías aéreas. La clasificación de las fallas es siguiendo los epicentros de los sismos de 1931, 1968 y 1972 según interpretación del autor excepto el sismo principal de 1972 ( $M_s=6.2$ ) que es de Algermissen et al (1974). Además se incorporan los sismos localizados por IIS e INETER con profundidades menores a 30 km, para el período 1975-1983. Se muestra curva de isoaceleración de 0.3g con período de retorno de 50 años.



- Figura 5: Relación de recurrencia para los temblores interplacas ( $h \leq 79$  km, Mb24.3) correspondiente al sector noroeste de Nicaragua, según criterio geográfico definido en el texto.
- Figura 6: Relación de recurrencia para los temblores interplaca ( $h \leq 79$  km, Mb 24.3) correspondiente a la región intersegmento y al sector suroeste de Nicaragua.
- Figura 7: Relación de recurrencia para los temblores de profundidad intermedia correspondiente a la región noroeste de Nicaragua ( $h \geq 80$  km, Mb  $\geq 4.3$ ).
- Figura 8: Relación de recurrencia para los temblores de profundidad intermedia correspondiente a la zona intersegmento y suroeste de Nicaragua ( $h \geq 80$  km, Mb24.4).
- Figura 9: Relación de recurrencia para los temblores asociados al fallamiento de Managua ( $h \leq 30$  km, Mb24.2). Obsérvese el valor b encontrado que es bajo y sugiere una fuente muy activa y peligrosa.
- Figura 10: Relaciones de recurrencia para los temblores del cinturón volcánico de Nicaragua (excepto Managua) ( $h \leq 30$  km, Mb24.3) y para la fuente de Nicaragua del borde Caribe ( $h \leq 30$  km, Mb24.5). Obsérvese los valores b relativamente bajos determinados para ambas relaciones de recurrencia.

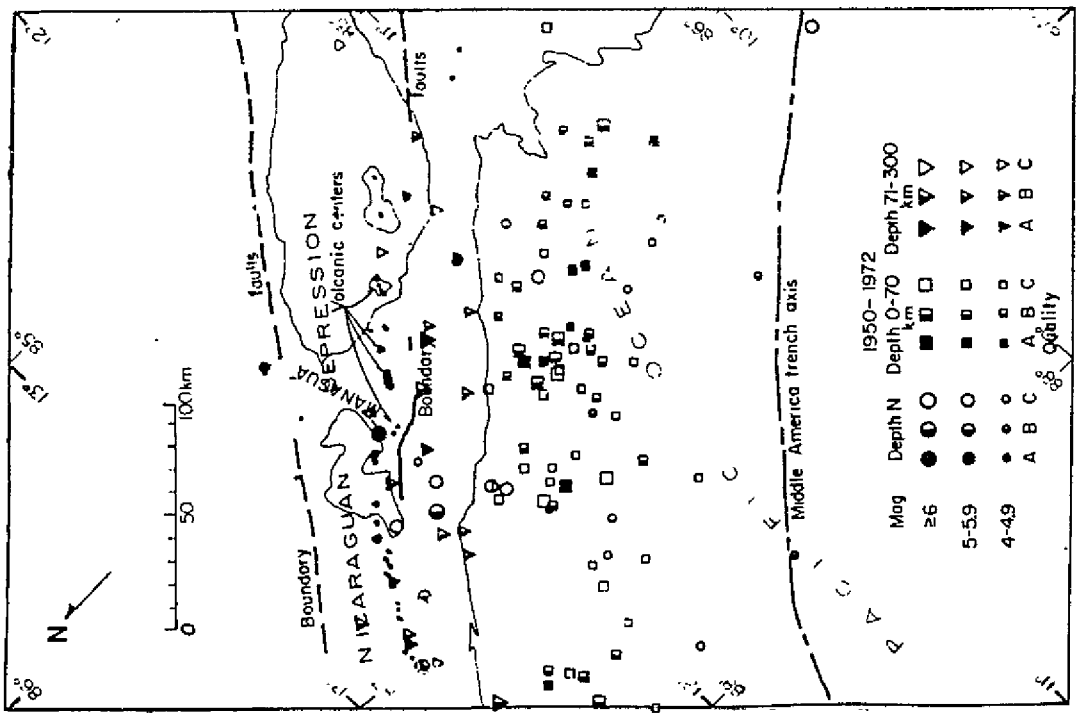
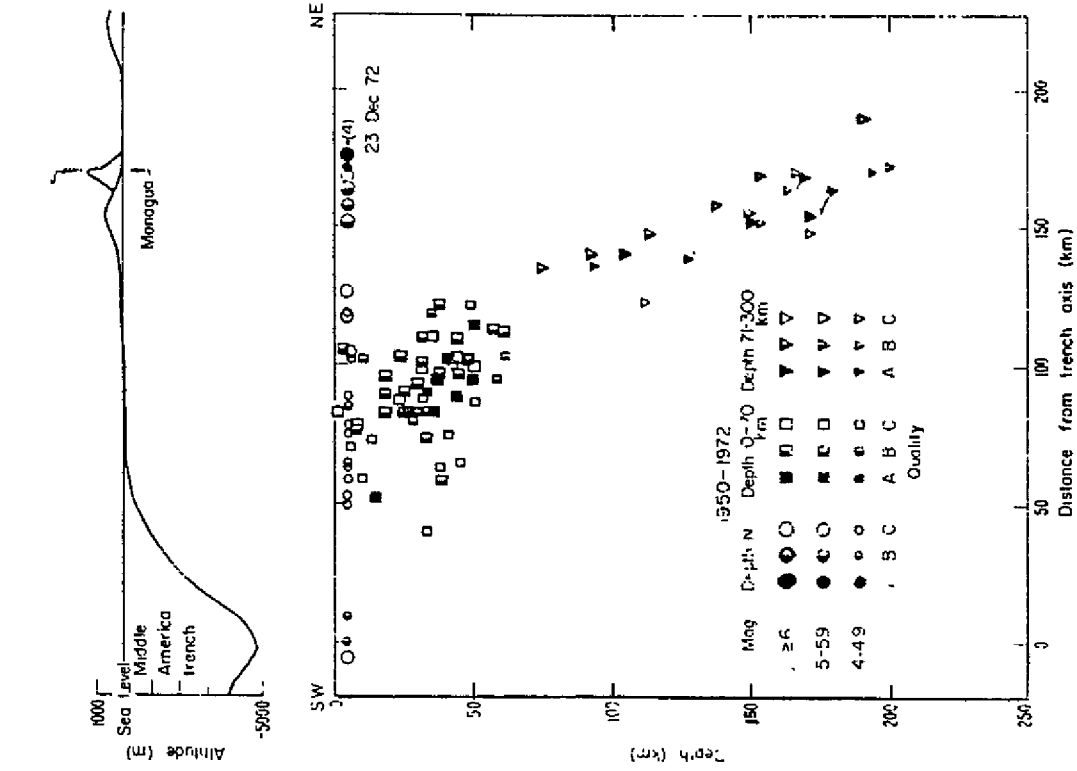
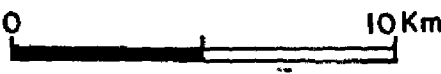
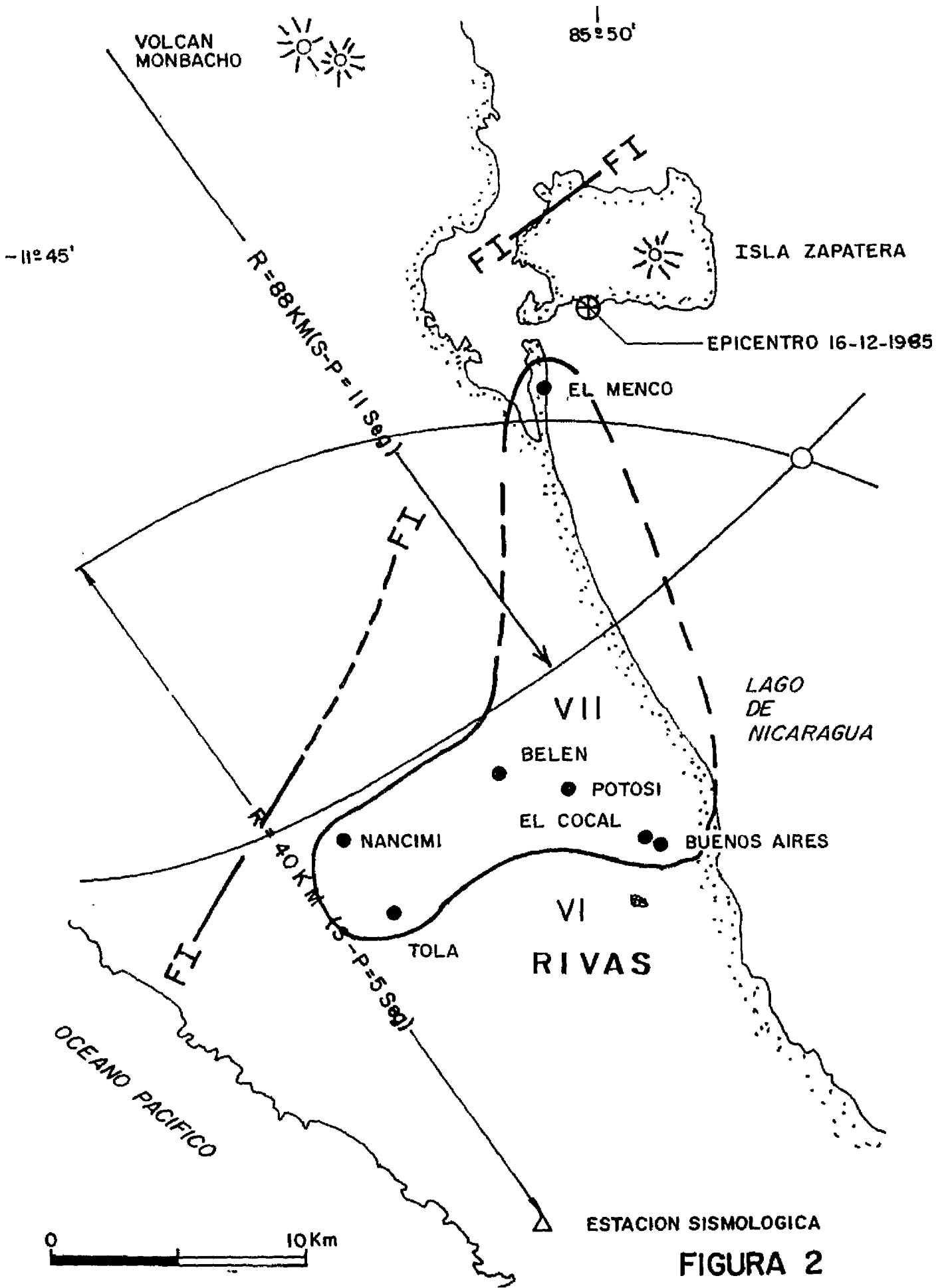


FIGURE 1



ESTACION SISMOLOGICA

FIGURA 2

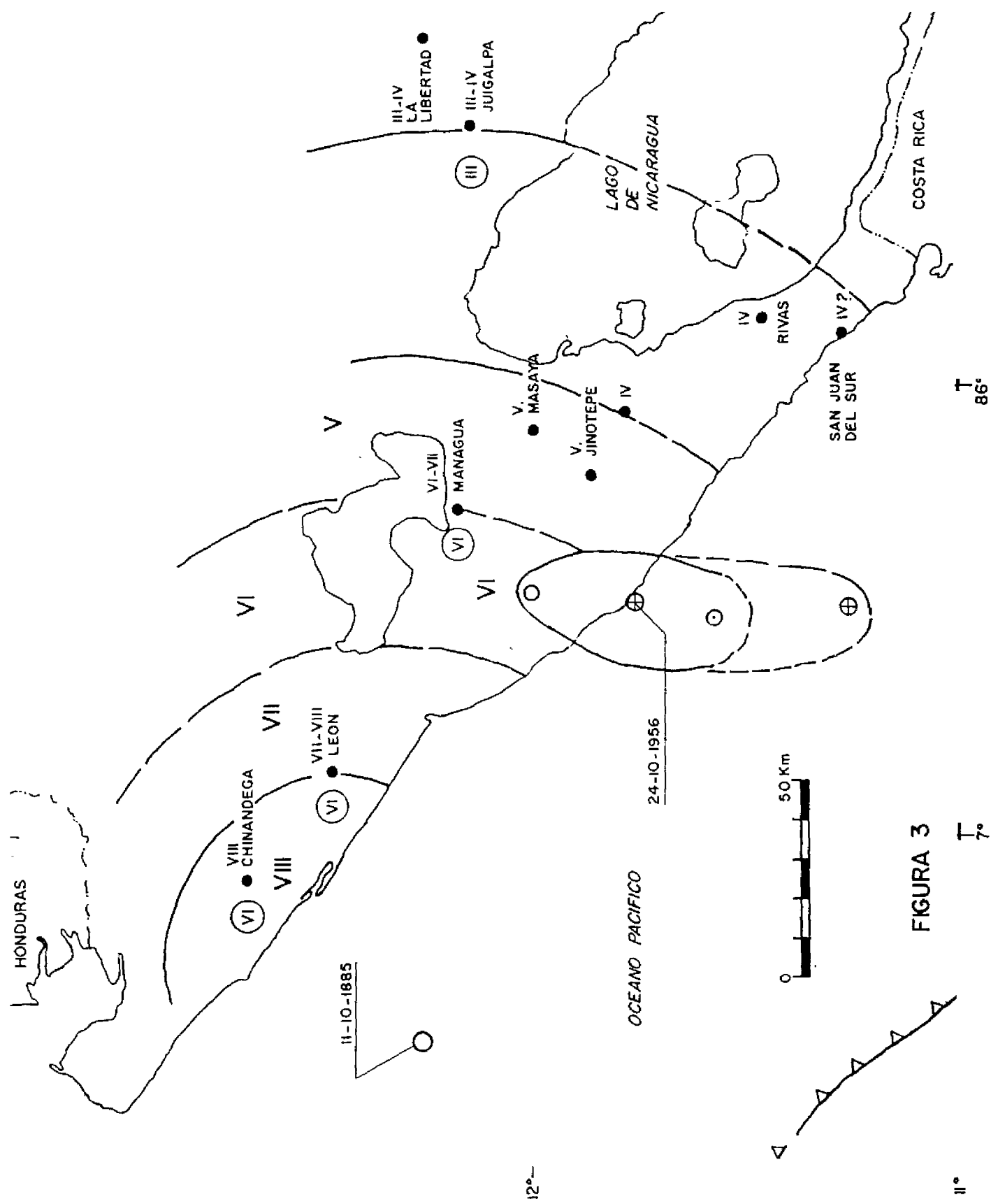
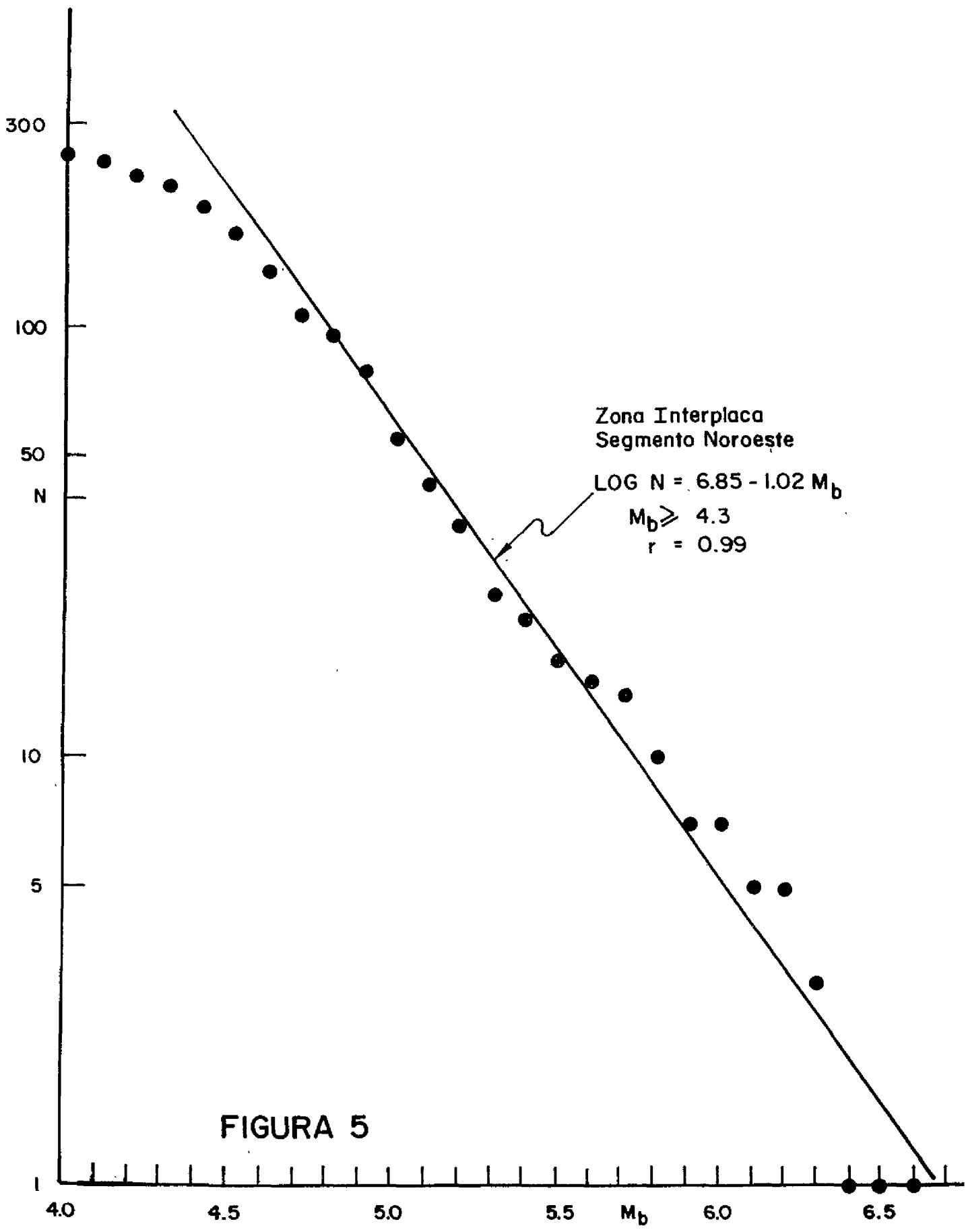


FIGURA 3



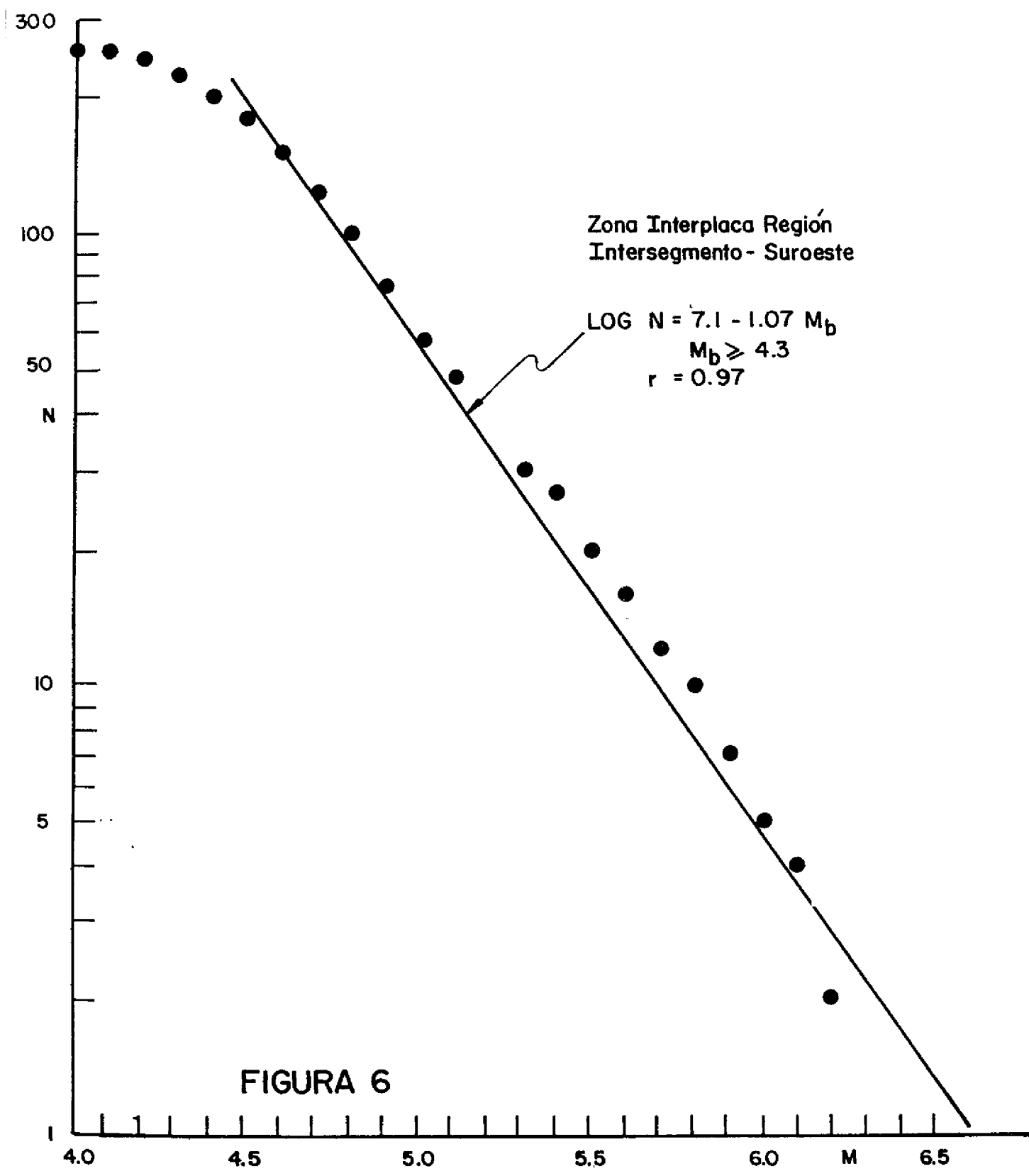


FIGURA 6

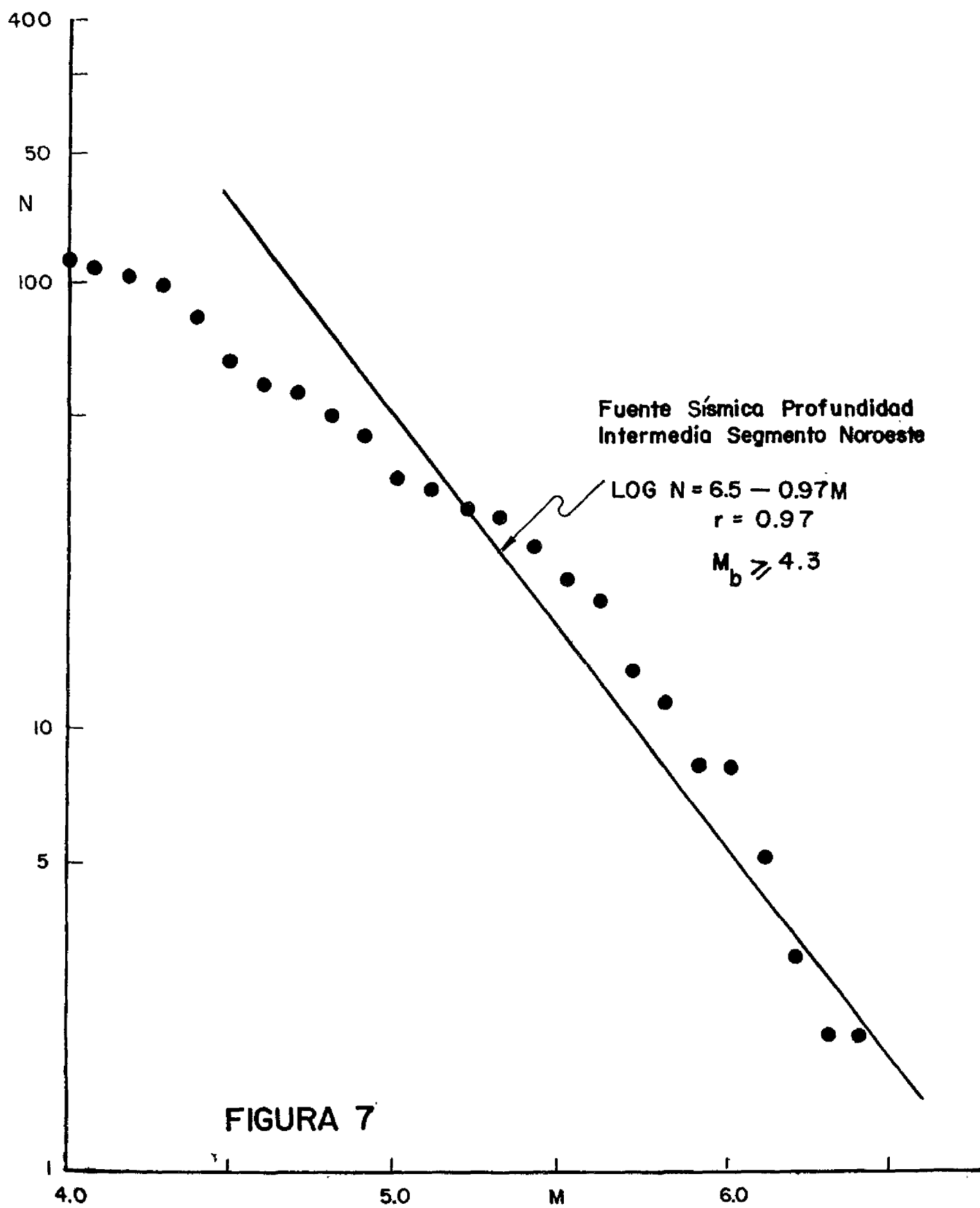


FIGURA 7