

4.1.3 Geología Estructural e Historia Geológica

Basados en los resultados y análisis de informes de estudios existentes y de datos mostrados en la Tabla 4.1.1, reconocimiento geológico con interpretaciones de imágenes de satélite y aerofotos, y prospecciones eléctricas, se prepararon secciones transversales generalizadas y mapas Paleogeográficos para la discusión de la geología estructural y de la historia geológica de la Depresión Nicaragüense incluyendo el Area de Estudio.

En particular, el mayor propósito de ésta discusión es considerar la existencia de capas hidrogeológicas impermeables que descansan bajo el Grupo Las Sierras tales como la Formación El Salto y otras rocas Terciarias sedimentarias. Los mapas Paleogeográficos se prepararon sólo desde el Plioceno Temprano al Reciente. Los mayores descubrimientos sobre geología estructural e historia geológica en este estudio son los siguientes:

a. Cretácico Pre-Tardío

Hasta inicios del Cretácico Superior el Occidente de Nicaragua estuvo mayormente ocupado por áreas de terreno compuestas de intrusiones máficas, peridotita, rocas gábrica y diabásica, y el complejo Nicoya: grauvaca, horsteno y basalto. En particular se estima que la roca del basamento alrededor del Area de Estudio está compuesta principalmente de intrusiones máficas.

Esta consideración se basa en lo siguiente:

- Entre las eyectas explosivas del volcán Masaya se observan rocas gábricas (cenolitas) que parecen proceder de una intrusión máfica moderadamente diferenciada ubicada bajo la caldera.
- Entre las eyectas explosivas (pómez) del volcán Apoyo se puede encontrar fragmentos de rocas peridotita o gábrica.
- Cerca de la porción central del volcán Mombacho, existen rocas diabásicas entre los detritos.
- Entre las eyectas explosivas del volcán Telica se puede encontrar bloques gábricos de gran tamaño.

b. Cretáceo Tardío a Mioceno Tardío

En una etapa temprana del Cretácico Superior, avanzó una transgresión desde el área sureste hasta la Planicie Costera del Pacífico hacia el área de la Depresión Nicaragüense. Aunque se estima que esta transgresión tuvo que continuar hasta el Mioceno Medio, se puede estimar también que un ambiente sedimentario en el área de transgresión tuvo que repetir el cambio de condiciones marinas a salobres o a condiciones de ensenadas o terrestres en la etapa entre Cretáceo y Paleoceno y, de Eoceno a Oligoceno, respectivamente.

A través de esta transgresión, las formaciones Rivas, Brito, Masachapa, el Grupo El Tamarindo y las formaciones El Fraile se depositaron en orden ascendente. Las serranías axiales de esta geosinclinal fueron aumentando, plegando, levantando y dando fuentes nuevas de despojos clásticos.

En la etapa desde el Oligoceno Tardío al Mioceno, un ambiente sedimentario cambió de una profundidad marina superficial a condiciones deltáicas o terrestres (existencia de fósiles de troncos de árboles en la parte basal de la Formación El Fraile).

Por otra parte, en el área del margen noreste de esta transgresión, que es también el margen noreste de la Depresión Nicaragüense, las actividades volcánicas Terciarias ha avanzado amplia y significativamente (Grupos Matagalpa y Coyol). En la etapa del Mioceno Tardío sucedió la actividad volcánica del Grupo Tamarindo en el área noroeste de la Planicie Costera del Pacífico.

c. Mioceno Tardío a Plioceno Temprano

A finales del Mioceno, la caldera sedimentaria fue violentamente levantada y plegada con intrusiones de roca diorítica a lo largo de la serranía axial del levantamiento (Anticlinal Rivas).

El área terrestre elevado ha sido meteorizado y erosionado. Después de esta etapa de regresión, la zona de la Depresión Nicaragüense y áreas parciales de la Planicie Costera del Pacífico estuvieron ocupadas por reducidas profundidades marinas superficiales por una transgresión del Plioceno Temprano (Fig. 4.1.14).

En esta etapa de transgresión se puede estimar la existencia de una isla pequeña en las cercanías de la ciudad de Managua por los siguientes hechos:

- Se observan en la cuesta de Las Sierras de Mateare algunos bloques accidentales de lutita tobácea dura de color café entre las eyectas explosivas (pómez) de Apoyeque, las cuales se estiman que se originan en la Formación Brito.
- En el valle Los Brasiles, en la ciudad de Managua y en el área de Sábana Grande se obtuvieron valores altos de resistividad a través de la prospección eléctrica, 57-990 ohms-m, por lo que se puede estimar que son rocas Terciarias sedimentarias del Paleoceno.

d. Plioceno Temprano a Plioceno Tardío

Bajo las condiciones Paleogeográficas como la mostrada en la Figura 4.1.14, la deposición de la Formación el Salto ha avanzado desde la edad del Plioceno. la existencia de fósiles de concha (Gastrópoda y Pelecípoda) indica que la situación marina era como una ensenada de poca profundidad.

En el área de Tipitapa, se confirmó la existencia de la Formación El Salto a la profundidad de 200 metros bajo el grupo Las Sierras, a través de una perforación (TP-8) llevada a cabo por las Naciones Unidas en 1973.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prospección eléctrica cerca del sitio de esa perforación en este estudio, la frontera entre el Grupo Las Sierras y la Formación El Salto estaba a 135 metros bajo la superficie del terreno. Los valores de resistividad eléctrica fueron de 28 ohm-m en el Grupo Las Sierras y de 1,3 ohm-m en la Formación El Salto. Valores bajos de resistividad eléctrica similares a éstos, que indican la existencia de la Formación El Salto se obtuvieron en los otros puntos de prospección y algunos de ellos se confirmaron a través de las pruebas de perforación del estudio. La descripción detallada de los resultados de las pruebas de perforación están en las secciones posteriores.

En la etapa temprana del Plioceno Tardío, aunque una parte principal de la cuenca sedimentaria se convirtió en planicie terrestre, todavía permanecía un canal marino angosto y

superficial a lo largo del margen noreste de la Depresión Nicaragüense y un lago interior de agua salada como muestra la Figura 4.1.15.

Casi al mismo tiempo, se iniciaron grandes erupciones volcánicas del Grupo Las Sierras cerca de la porción central de la cuenca y por otro lado, se dieron erupciones volcánicas esporádicas en el margen noreste de la Depresión Nicaragüense, Fig. 4.1.15.

e. Plioceno Temprano a Pleistoceno Medio

La mayor parte de las actividades volcánicas arriba mencionadas del Plio-Pleistoceno terminaron la mayor parte en la etapa temprana del Pleistoceno Medio. Una parte principal del grupo Las Sierras está compuesta de eyectas volcánicas con capas bien diferenciadas pero débilmente consolidadas de arenisca tobácea y limo. Se considera, además que el ambiente sedimentario del Grupo las Sierras Superior estaba principalmente bajo la condición de agua salada causada por la transgresión del Pleistoceno Temprano.

Después de la sedimentación del grupo Las Sierras Superior, ocurrió ampliamente en la zona de la Depresión Nicaragüense un movimiento geotectónico con levantamientos, fallas, plegamientos suaves y depresiones. Como consecuencia de éste geotectónico ambas áreas de la Planicie Costera del Pacífico y las Tierras Altas del Interior fueron relativamente levantadas, y la zona de la Depresión Nicaragüense sufrió una relativa subsidencia (Fig. 4.1.16). Sin embargo, una parte de las Sierras de Managua proyectada en la Depresión Nicaragüense permanece todavía como resultado de la subsidencia y forma un área montañosa con valles fuertemente erosionados.

Los principales sistemas de fallas formados por estos geotectónicos son:

Fallas Límites del Graben

Las Fallas del límite de la Depresión Nicaragüense están bien definidas como muestra la Figura 4.1.17. Al sur y al oeste del Lago de Managua, se extiende la escarpa de Falla de Mateare, 70 kilómetros a lo largo de la parte noreste de Las Sierras de Managua. La extensión de esta zona de fallas se puede trazar al

sureste por las fallas a lo largo del flanco noreste del anticlinal Rivas.

El sistema de fallas a lo largo del margen opuesto de la Depresión Nicaragüense es más regular y se puede trazar continuamente desde el Golfo de Fonseca hasta el extremo sureste de Nicaragua. En casi toda su longitud se puede marcar con una ligera interrupción entre las Tierras Altas del Interior y las costas de los lagos y los sedimentos aluviales de graben.

Fallas Oblicuas a la Depresión

Estos sistemas de fallas son comunes cerca de las dos márgenes de la Depresión Nicaragüense y dentro de las fajas de los volcanes Cuaternarios. Muchos de ellos son fracturas norte-sur y noreste-suroeste con menores desplazamientos y algunos de ellos controlan la sub-cadena de volcanes Cuaternarios (Fig 4.1.16).

Cadena Principal de Volcanes Cuaternarios

La cadena principal de volcanes Cuaternarios indica la existencia de una zona de fractura y tensión que se formó en relación con el desarrollo de la Depresión Nicaragüense arriba mencionada. La porción profunda de ésta zona de fractura puede alcanzar la capa de magma.

Como muestra la Figura 4.1.17 a lo largo de la mencionada Falla y Sistemas de Fracturas, las actividades volcánicas Cuaternarias han avanzado continuamente desde el Pleistoceno Medio al Reciente.

La importancia de las actividades volcánicas Cuaternarias ya han sido señaladas.

El terremoto de Managua del 23 de Diciembre de 1972 (5,6 grados en la escala de Richter, 6,2 de magnitud de onda superficial) tuvo un temblor secundario que afectó fuertemente una superficie aproximadamente de 27 kilómetros cuadrados del área central de Managua, que ocasionaron la muerte de más de 11.000 personas, 20.000 heridos y la destrucción del 75 % de las viviendas.

Se confirmó por estudios posteriores al terremoto que hubo al menos cuatro fallas sub-paralelas de desplazamientos horizontales de dirección noreste-suroeste distanciadas entre 270-1150 metros. Una parte de las fallas se desprendió en un sentido predominantemente siniestro (lateral izquierdo) durante el terremoto. Es muy evidente que estas fallas son primariamente de origen tectónico.

Cuadro 4.1.1 Datos recopilados sobre Topografía, Geología e Hidrología

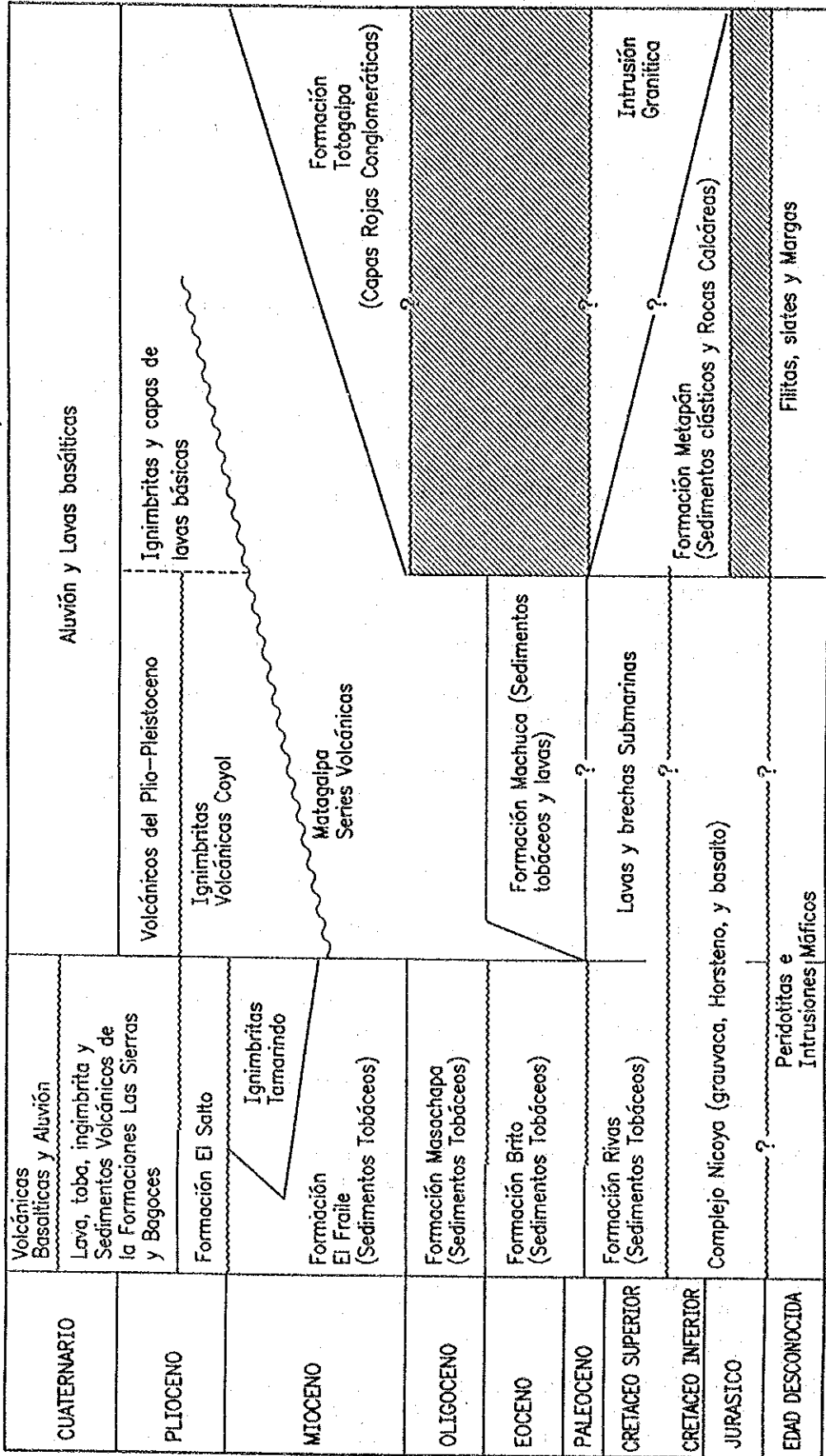
1. Satellite image and aero-photo.
 - 1) NASA LANDSAT-1 3 sheets (MSS Panchromatic)
 - 2) Aero-photo 1/25.000 59 sheets (Panchromatic)
2. Geological study reports and relevant data
 - 1) Physiography and Geology of Adjacent Region to the Nicaragua Canal Rout. By C. Willard Hayes. 1898.
 - 2) Petroleum Geology of Pacific Coast of Nicaragua
By: Dr Han Swolf. 1959.
 - 3) Volcanic History of Nicaragua
By Alexander Mcbirney and Howel Williams
University of California Publication in Geological Cience
Volume 55, 1965.
 - 4) Geology of Western Nicaragua (Photogeologic Evaluation).
By Thomas E. Bretz and others, 1969.
 - 5) The Geology of Western Nicaragua
Tax Improvement and Natural Resources Inventory Project
Nicaragua. Final Technical Report Volume IV, 1972.
 - 6) Geologic and Seismological Aspects of the Managua Nicaragua, Earthquake of December 23th, 1972 by R.D. Brown, Jr.
P.L Ward and George Plafker, 1973.
 - 7) Seismic and Fault. Hazard studies for Banco Central de Nicaragua. By Woodward-Lundgren and Associates, 1975.
 - 8) Estratigrafia y Tectonica de Managua, Nicaragua por Juan Kuang S. 1973. Instituto Geográfico Nacional.
 - 9) Estructura Geológica, Historia Tectonica y Morfología de America Central por: Gabriel Dengo. Instituto Centroamericano de Investigación Tecnología Industrial (ICATI) de Guatemala.
 - 10) Region de Managua, Tectonica y Sismicidad Ministerio de Economía, Industria y Comercio, 1973.
 - 11) Reporte Final del Proyecto de Recursos Geotermicos Etapa I Partes 5,6,8,9, para el Gobierno de Nicaragua. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Por George Keller y -- Norman Harthil, 1970-1971.
 - 12) Mapa Geologico Preliminar 1:1.000.000 Ministerio de Obras Públicas Instituto Geográfico Nacional, 1971.
 - 13) Mapa Geológico de Nicaragua 1:50.000 Hojas 2952-III, 2953-II 2952-II, 2952-IV, 2953-III, 2952-I.

- 14) República de Nicaragua 1:1.000.000.
 - 15) Nicaragua 1:250.000 Managua, Granada, San Carlos
 - 16) Nicaragua 1:50.000 Mateare (2952-IV) Tipitapa (2952-I), Nindirí (2952-II), Managua (2952-III), San Rafael del Sur (2951-IV), Masaya (2951-I).
3. Study Report and Relevant Data for Groundwater Development in the Study Area
- 1) Recursos de Aguas Subterráneas para Managua, 1971. By Hazen and Sawyer.
 - 2) Informe sobre el proyecto de la Segunda Etapa del Plan (1971). By Hazen and Sawyer-Chan.
 - 3) Investigaciones de aguas subterráneas en la Región del Pacífico de Nicaragua (1973) por Naciones Unidas.
 - 4) Hidrogeología Evaluación de recursos de agua subterránea área Los Brasiles-Chiltepe (1972) por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio.
 - 5) Mas Agua para Managua, 1971 por Hazen and Sawyer.
 - 6) Proyecto Mas Agua para la Nueva Managua Fase I (1979) por Montgomery-Chan.
 - 7) Proyecto mas agua para la Nueva Managua Fase III (1981) Montgomery-Chan.
 - 8) Parte I Plan Maestro de Mejoras y Ampliaciones al Sistema de Distribución. (1984) por Hidrotecnia S.A.-Hazen and Sawyer.
 - 9) Parte 2 Revisión del Esquema TISMA y Factibilidad de otras Fuentes de Suministro (1984).
 - 10) Parte 3 Primera Etapa del Plan Propuesto (1984) Hidrotecnia S.A.-Hazen and Sawyer.
 - 11) Parte 4 Desarrollo de Fuentes de Suministro de Agua (1988) Por Hidrotecnia S. A.
 - 12) Parte 5 Implementación y Factibilidad del Proyecto (1985) Hidrotecnia-Hazen and Sawyer.
 - 13) Informe Hidrogeologico 1990 U.S.R.-NICARAGUA
 - 14) Estudios Hidrogeologicos y de costos de Extracción del Agua Subterránea del Proyecto Los Brasiles por Proconsult Ingenieros S.A.
 - 15) Estudio Hidrogeologico y Evaluación de los Recursos de Agua Subterránea del área del Complejo de Desarrollo Azucarero Tipitapa-Malacatoya. (1984). Por Proconsult Ingenieros S.A.

Quadro 4.1.2
Table 4.1.2

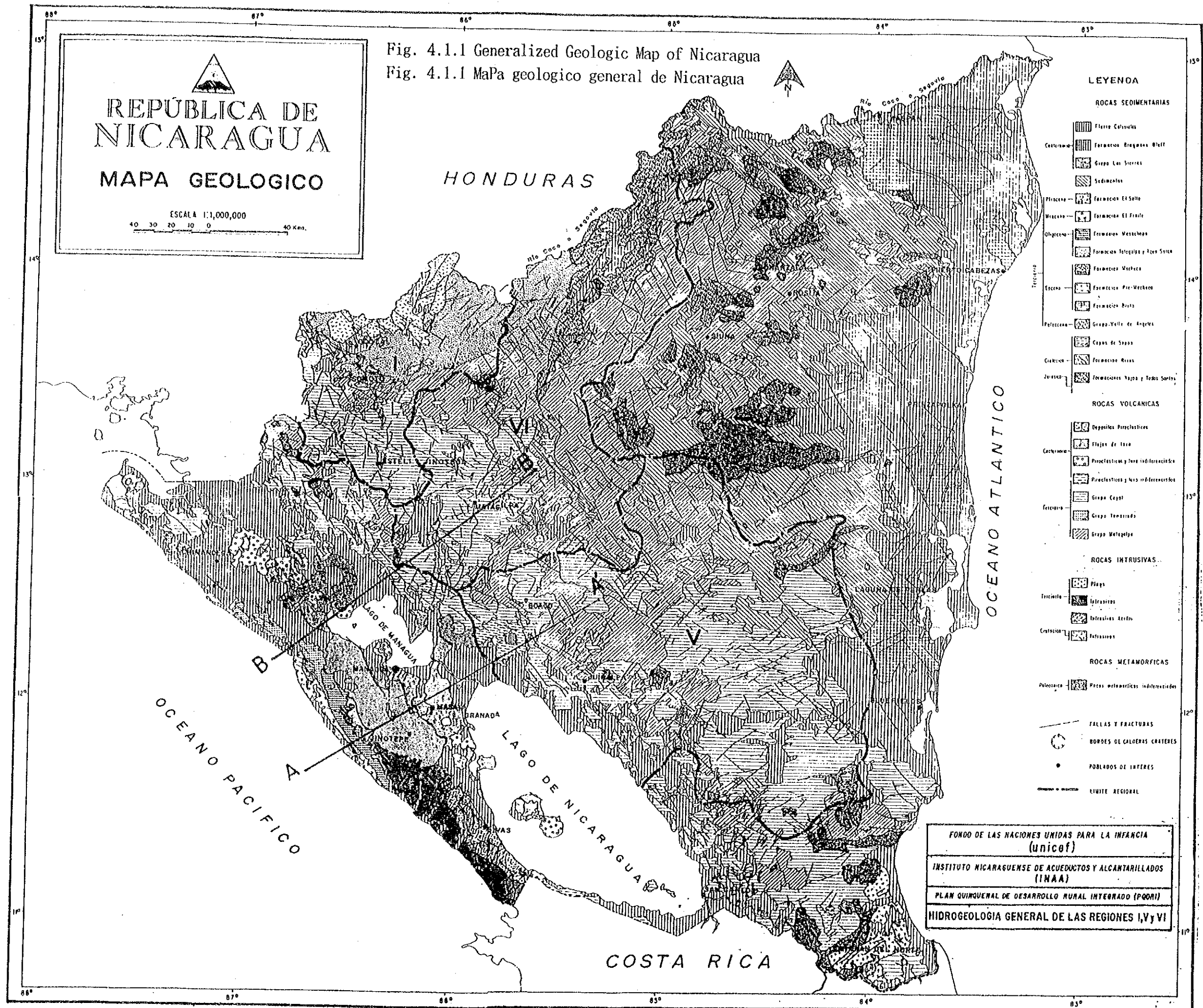
Relaciones estratigráficas de Nicaragua y regiones adyacentes
Stratigraphic Relations of Nicaragua and Adjacent Regions

OCCIDENTE de NICARAGUA y NORTE de COSTA RICA SURESTE y CENTRO de NICARAGUA NORTE de NICARAGUA y HONDURAS



Cuadro 4.1.3 Estratigrafía del área de estudio
Table 4.1.3 STRATIGRAPHY OF THE STUDY AREA

Edad Geológica GEOLOGIC AGE		Nombre de las Unidades Rocosas geológicas NAME OF GEOLOGIC ROCK UNITS	Litología LITHOLOGY
Cuaternario QUATERNARY	Holoceno HOLOCENE	Aluvio ALLUVIUM Q a l	Sedimentos arena y arcilla con material piroclástico, depósitos de escombros. SAND AND CLAY SEDIMENTS WITH PYROCLASTIC MATERIAL, DEBRIS DEPOSITS
		Volcánicos Holocénicos HOLOCENE VOLCANICS Q v H	Lavas Basálticas-Andesíticas BASALTIC-ANDESITIC LAVAS Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos. PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
	Pleistoceno PLEISTOCENE	Volcánicos Pleistocénicos PLEISTOCENE VOLCANICS Q v P	Depósitos piroclásticos caídos con flujos piroclásticos y lavas. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS WITH PYROCLASTIC FLOWS AND LAVAS.
		Volcánicos Apoyo APOYO VOLCANICS Q v A	Depósitos piroclásticos caídos y flujos (pomez) con lava dacítica. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS AND FLOWS (PUMICE) WITH DACITIC LAVAS
		Grupo Volcánico Masaya MASAYA GROUP VOLCANICS Q v M	Lavas basálticas (dura y porosa-auto brechada) BASALTIC LAVAS (HARD AND POROUS-AUTO BRECCIATED) Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caídos PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS
	Terciario TERTIARY	Plio-Pleistoceno	Grupo Superior Las Sierras UPPER LAS SIERRAS GROUP T Qps (S)
Grupo Medio Las Sierras MIDDLE LAS SIERRAS GROUP T Qps (M)			Aglomerado basáltico-andesítico, compacto brecha tobáceo, toba, flujo piroclástico. BASALTIC-ANDESITIC COMPACT AGGLOMERATE, TUFFBRECCIA, TUFF, PYROCLASTIC FLOW.
PLIO- PLEISTOCENE		Volcánicos Plio-Pleistocénicos PLIO-PLEISTOCENE VOLCANICS T Qpl	lavas basálticas andesíticas en las proximidades de las Calderas Masaya y Apoyo. BASALTIC-ANDESITIC LAVAS IN NEAR MASAYA AND APOYO CALDERAS.
Plioceno PLIOCENE- (EOCENE)		Formación El Salto y Sedimentos Terciarios EL SALTO FORMATION & OTHER TERTIARY SEDIMENTARY ROCKS T P S	TUFFACEOUS SANDSTONE & SILTSTONE WITH FOSSIL SHELLS. (BROWN TUFFACEOUS SHALES.)



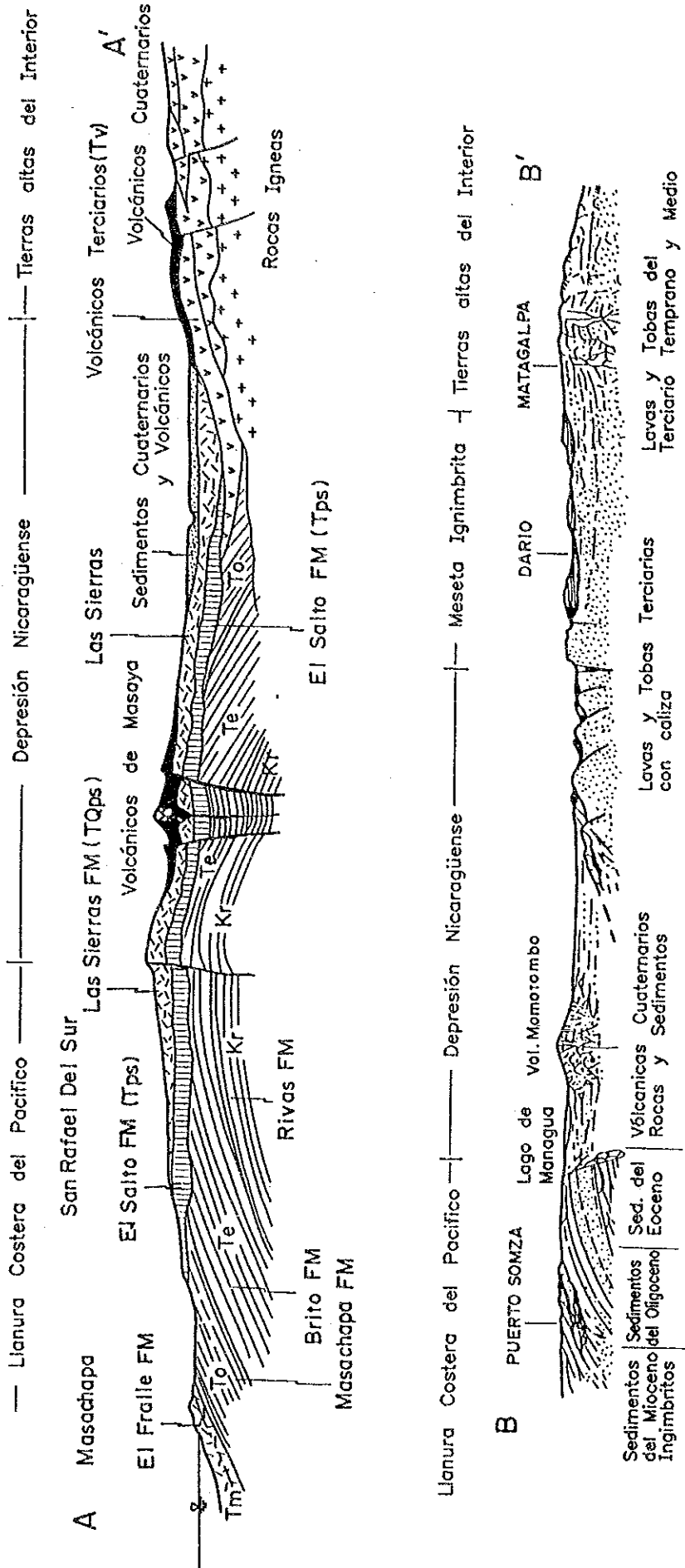


Fig. 4.1.2 Secciones transversales generales

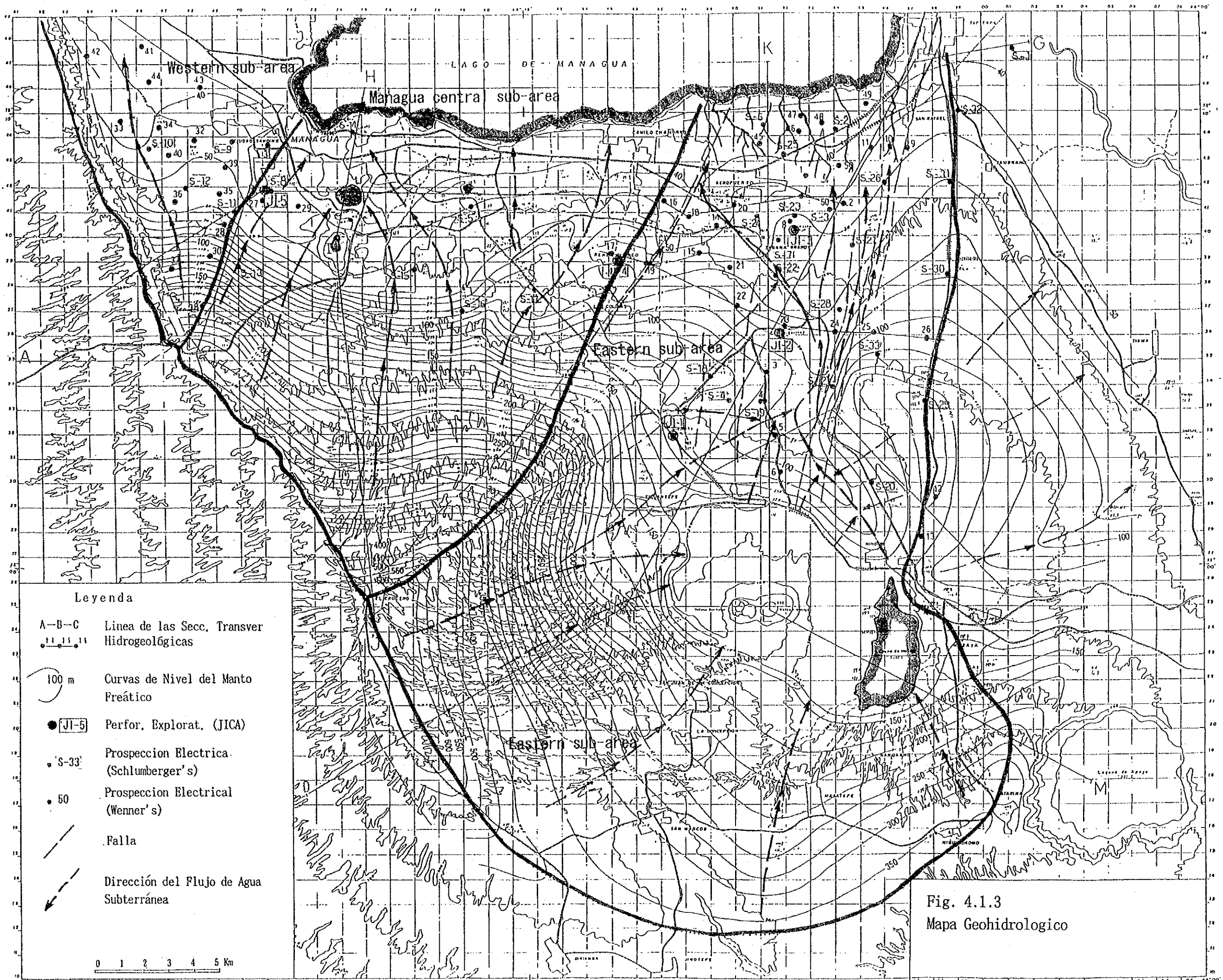
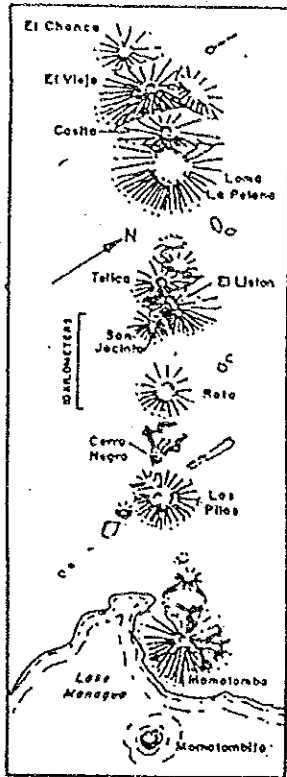


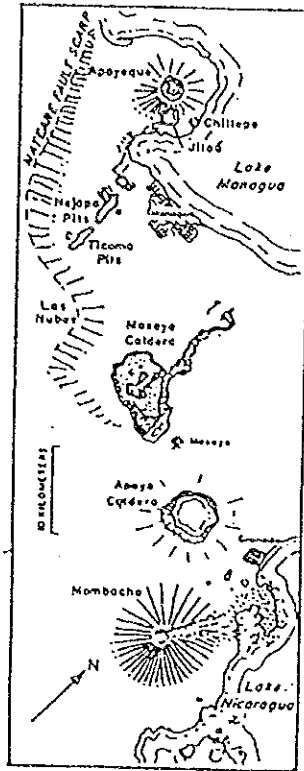
Fig. 4.1.3
Mapa Geohidrologico

Fig. 4.1.4



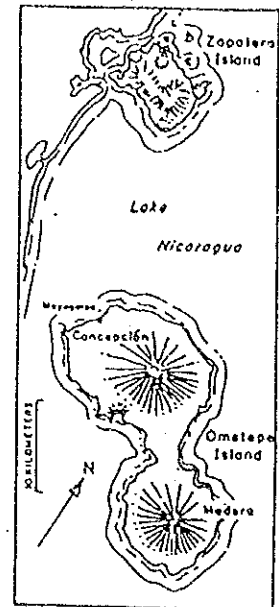
Volcanes de la cordillera de los Marrabios

Fig. 4.1.5

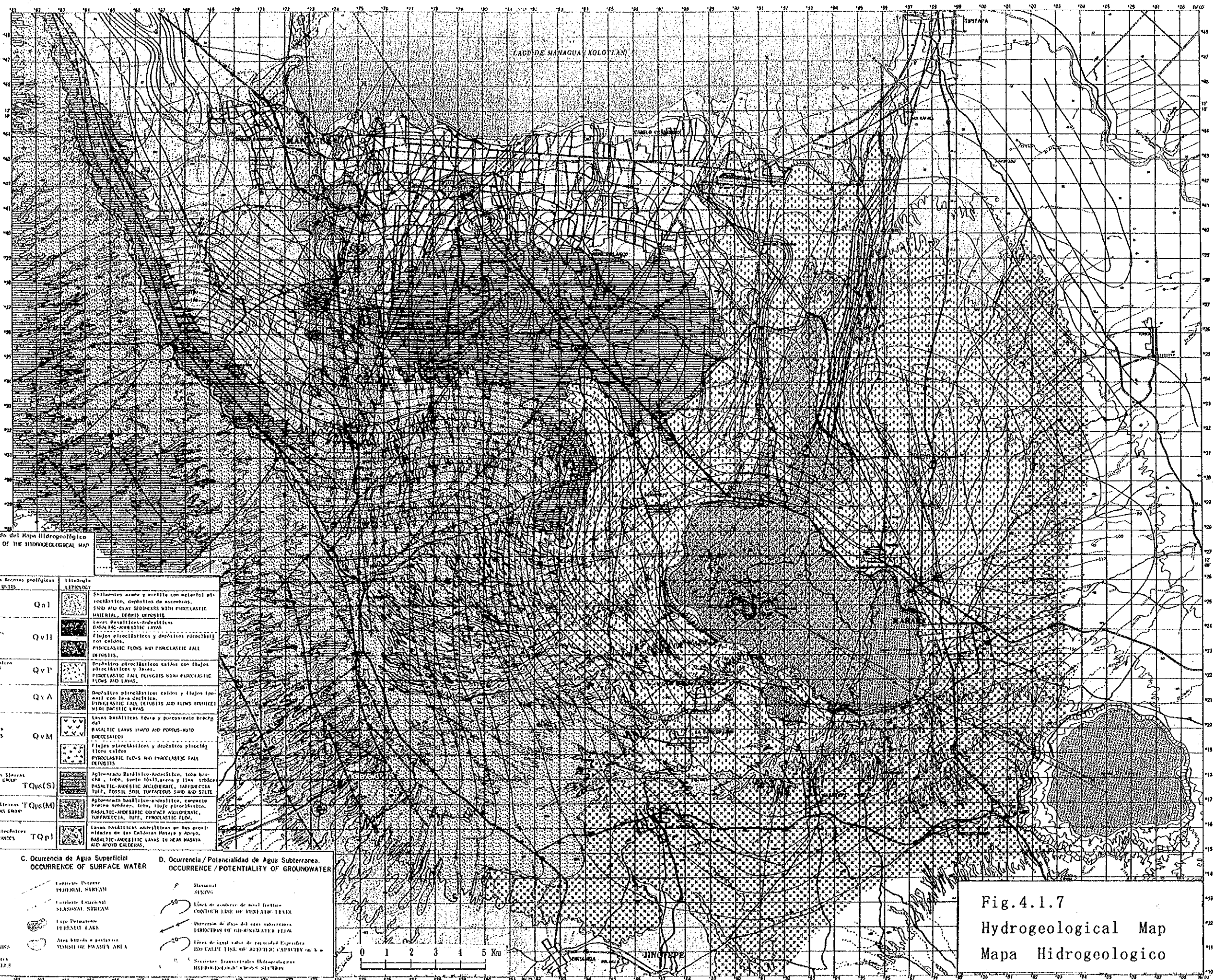


Volcanes situados entre el Lago de Managua y el Lago de Nicaragua .

Fig. 4.1.6



Volcanes del Lago de Nicaragua .



Legenda del Mapa Hidrogeológico
LEGEND OF THE HYDROGEOLOGICAL MAP

**A. Estratigrafía y Litología
STRATIGRAPHY AND LITHOLOGY**

Era Geológica GEOLOGIC ERA	Nombre de las Unidades Rocas geológicas NAME OF GEOLOGIC ROCK UNITS	Litología LITHOLOGY	
Cuaternario QUATERNARY	Aluvión ALLUVIUM	Qa1	Sedimentos arena y arcilla con material piroclástico, depósitos de escorias. SAND AND CLAY SEDIMENTS WITH PYROCLASTIC MATERIAL. (EOLIC DEPOSITS)
	Volcánicos Holocénicos HOLOCENE VOLCANICS	QvH	Lavas basálticas-andesíticas BASALTIC-ANDESITIC LAVAS Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos con cenizas. PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS.
	Volcánicos Pleistocénicos PLEISTOCENE VOLCANICS	QvP	Depósitos piroclásticos caldos con flujos piroclásticos y lavas. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS WITH PYROCLASTIC FLOWS AND LAVAS.
	Volcánicos Anegados ANEGADO VOLCANICS	QvA	Depósitos piroclásticos caldos y flujos lavas con lava escudilla. PYROCLASTIC FALL DEPOSITS AND FLOWS INTERCALATED WITH ANDSITIC LAVAS.
Pleistoceno PLEISTOCENE	Grupo Volcánico Masaya MASAYA GROUP VOLCANICS	QvM	Lavas basálticas lavas y porfiritos andesíticos BASALTIC LAVAS (LAVAS) AND PORPHYRY-ANDESITIC PORPHYRIES Flujos piroclásticos y depósitos piroclásticos caldos PYROCLASTIC FLOWS AND PYROCLASTIC FALL DEPOSITS
	Grupo Superior Las Sierritas SUPERIOR LAS SIERRITAS GROUP	TQps(S)	Aglomerado Basáltico-Andesítico, toba brucha, toba, suelo fértil, arena y limo, tobaesca, BASALTIC-ANDESITIC AGGLOMERATE, TUFF, FERTILE SOIL, TUFFACEOUS SAND AND SILT.
Pleistoceno PLEISTOCENE	Grupo Inferior Las Sierritas INFERIOR LAS SIERRITAS GROUP	TQps(M)	Aglomerado basáltico-andesítico, concretion arena, toba, toba, flujos piroclásticos, BASALTIC-ANDESITIC AGGLOMERATE, CONCRETION, SAND, ANDSITIC FLOWS, TUFF, PYROCLASTIC FLOWS.
	Volcánicos Plio-Pleistocénicos PLIO-PLEISTOCENE VOLCANICS	TQpl	Lavas basálticas andesíticas en las proximidades de las Calderas Masaya y Apoye, BASALTIC-ANDESITIC LAVAS IN NEAR MASAYA AND APOYE CALDERAS.

**B. Estructura Geológica
GEOLOGICAL STRUCTURE**

- Reque y Rotamiento STRIKES AND DIP
- Sistema de Falla FAULT SYSTEM
- Eje de Simetría SYMMETRY AXIS
- Cuenca y Calderas Volcánicas VOLCANIC CONES AND CHIMNEYS
- Paredes de Calderas y Cristales CALDERA AND CRATER WALLS

**C. Ocurrencia de Agua Superficial
OCCURRENCE OF SURFACE WATER**

- Cuencas de Agua
RIBBON STREAM
- Cuencas Estacionales
SEASONAL STREAM
- Lago Perenne PERMANENT LAKE
- Área húmeda o pantanosa MARSH OR SWAMPY AREA

**D. Ocurrencia / Potencialidad de Agua Subterránea
OCCURRENCE / POTENTIALITY OF GROUNDWATER**

- Aluvión ALLUVIUM
- Línea de contorno de nivel freático
CONTOUR LINE OF WATER TABLE
- Ubicación de flujo del agua subterránea
DIRECTION OF GROUNDWATER FLOW
- Línea de igual valor de capacidad específica
ISOCALIT LINE OF SPECIFIC CAPACITY (m³)
- Estaciones Transversales Hidrogeológicas
HYDROGEOLOGICAL CROSS-SECTIONS

Fig. 4.1.7
Hydrogeological Map
Mapa Hidrogeológico

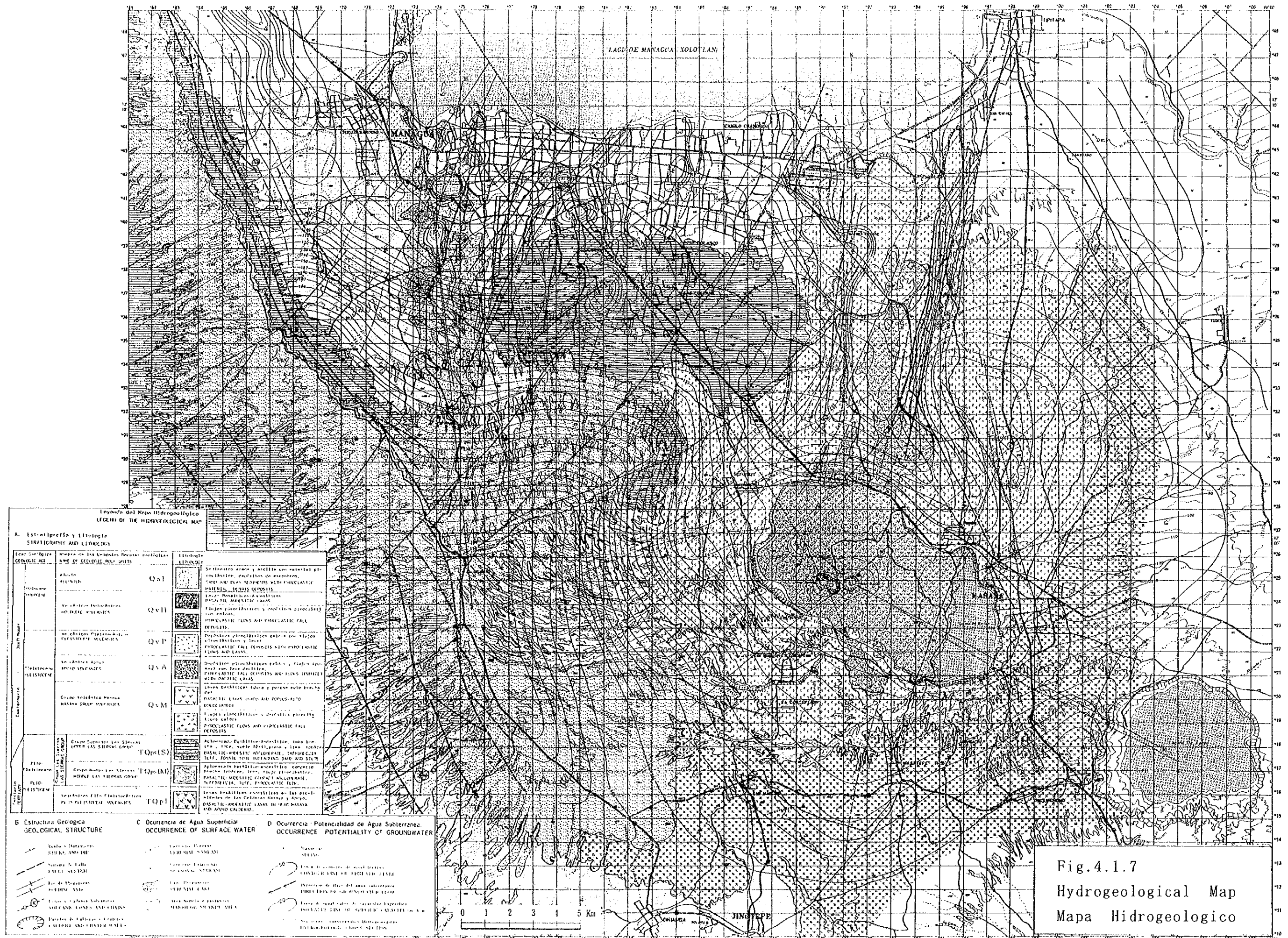
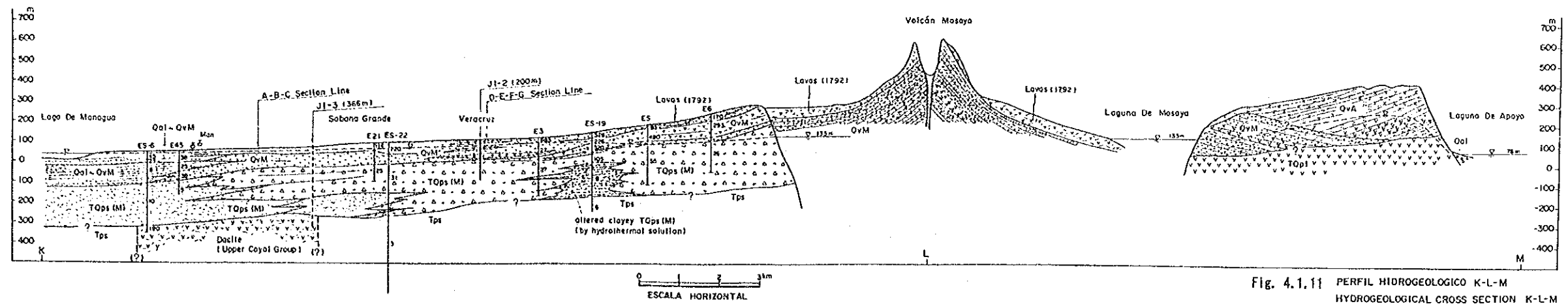
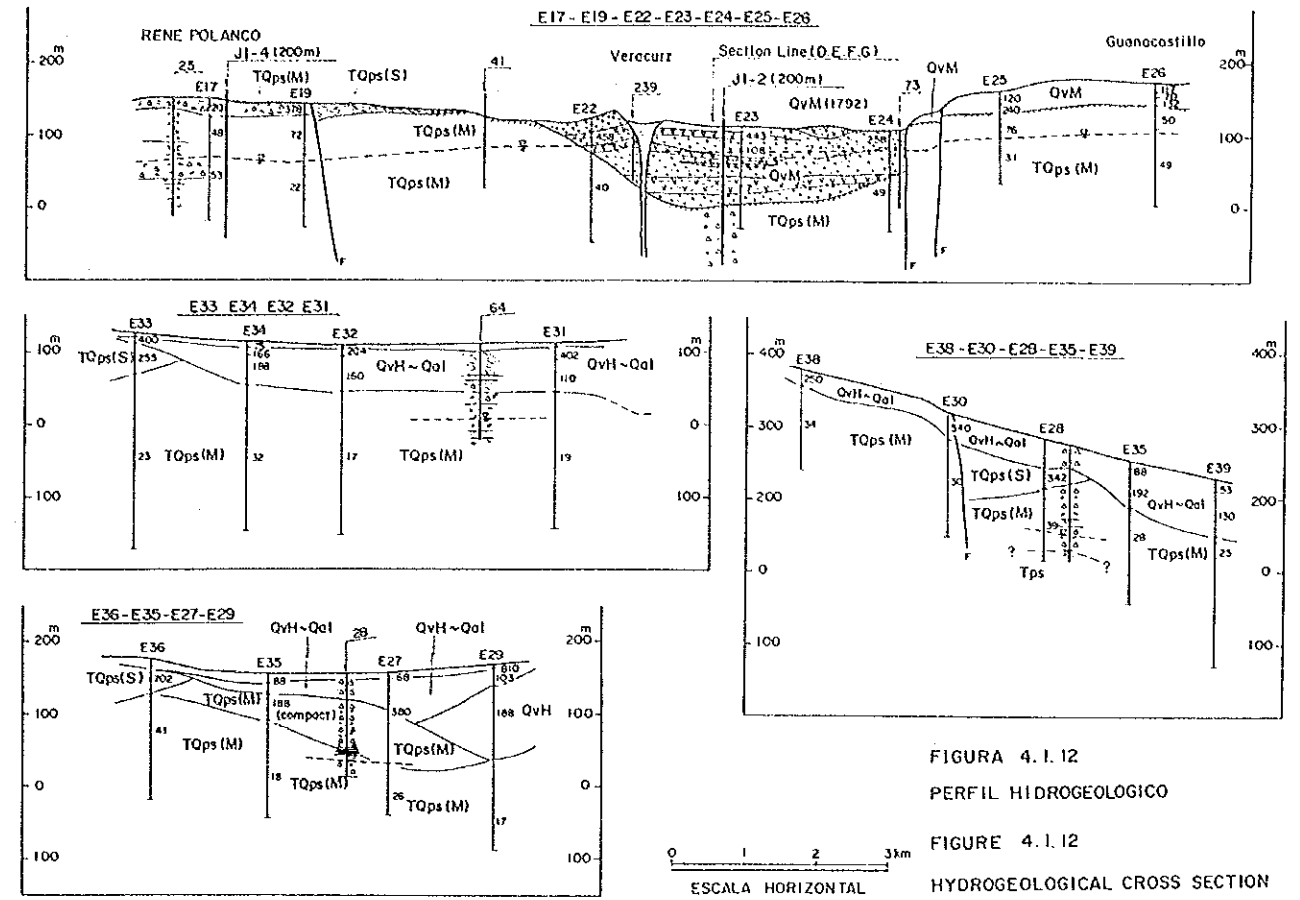
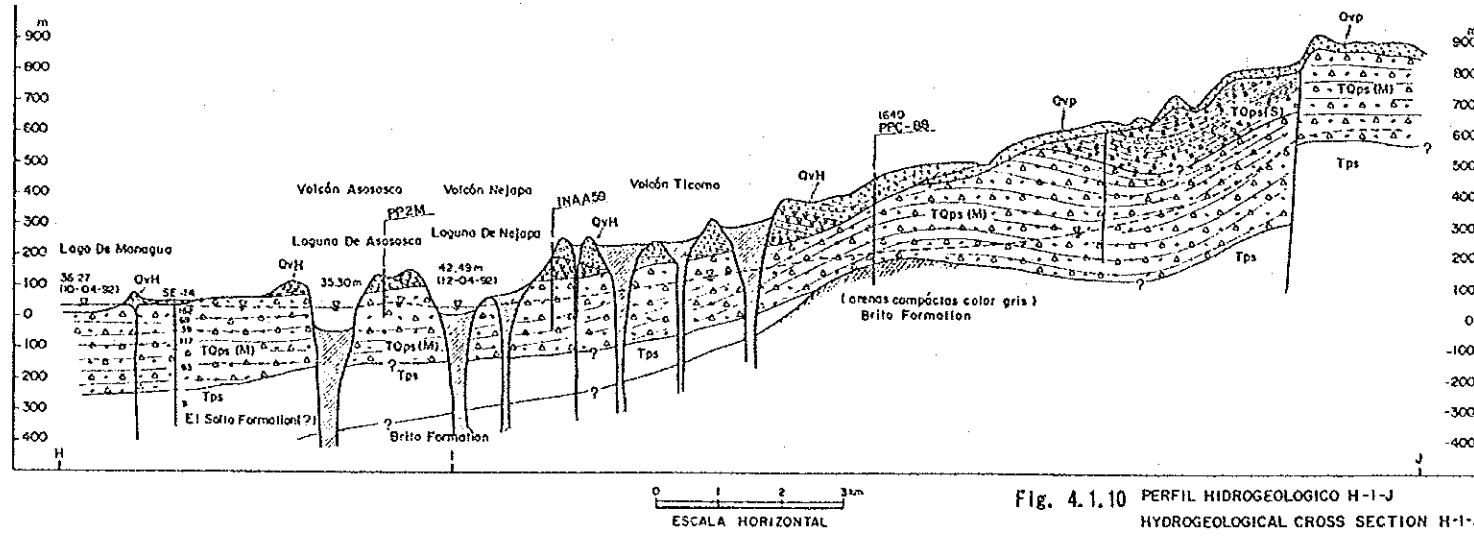


Fig.4.1.7
Hydrogeological Map
Mapa Hidrogeológico



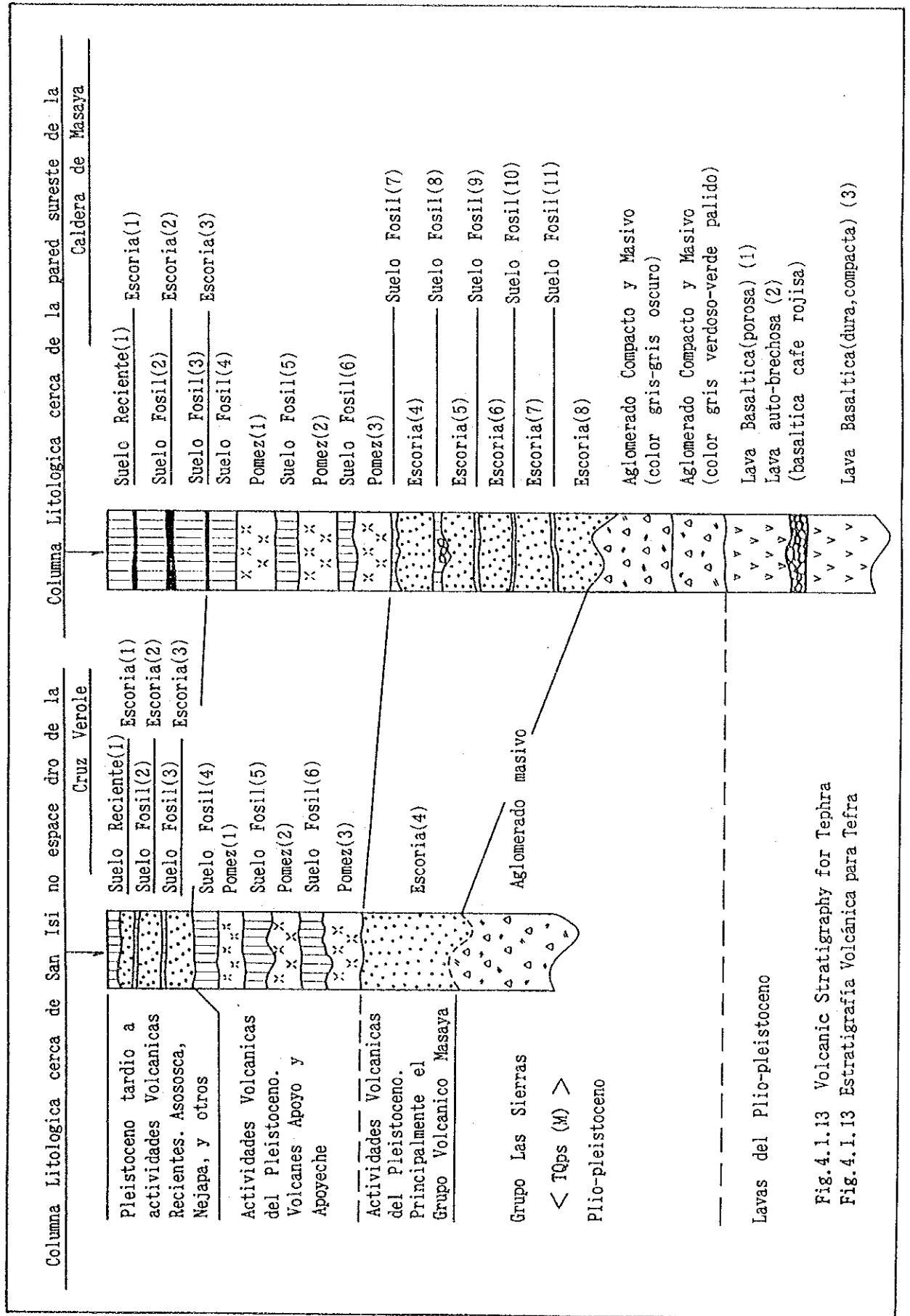


Fig.4.1.13 Volcanic Stratigraphy for Tephra
 Fig.4.1.13 Estratigrafía Volcánica para Tefra

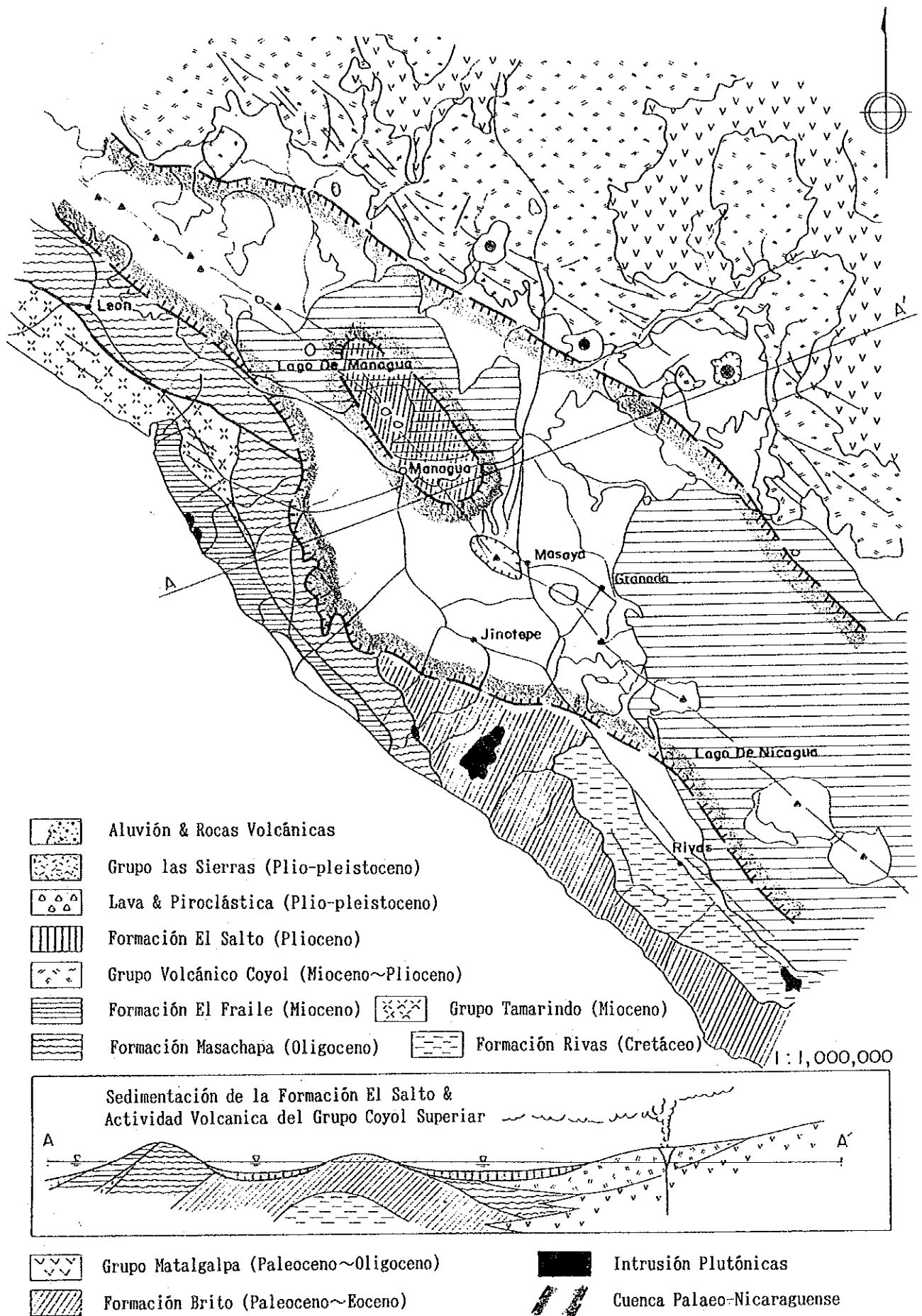


Fig. 4.1.14 Palaeogeographical Map (Early Pliocene)
 Mapa Paleogr3fico (Inicio del Plioceno)

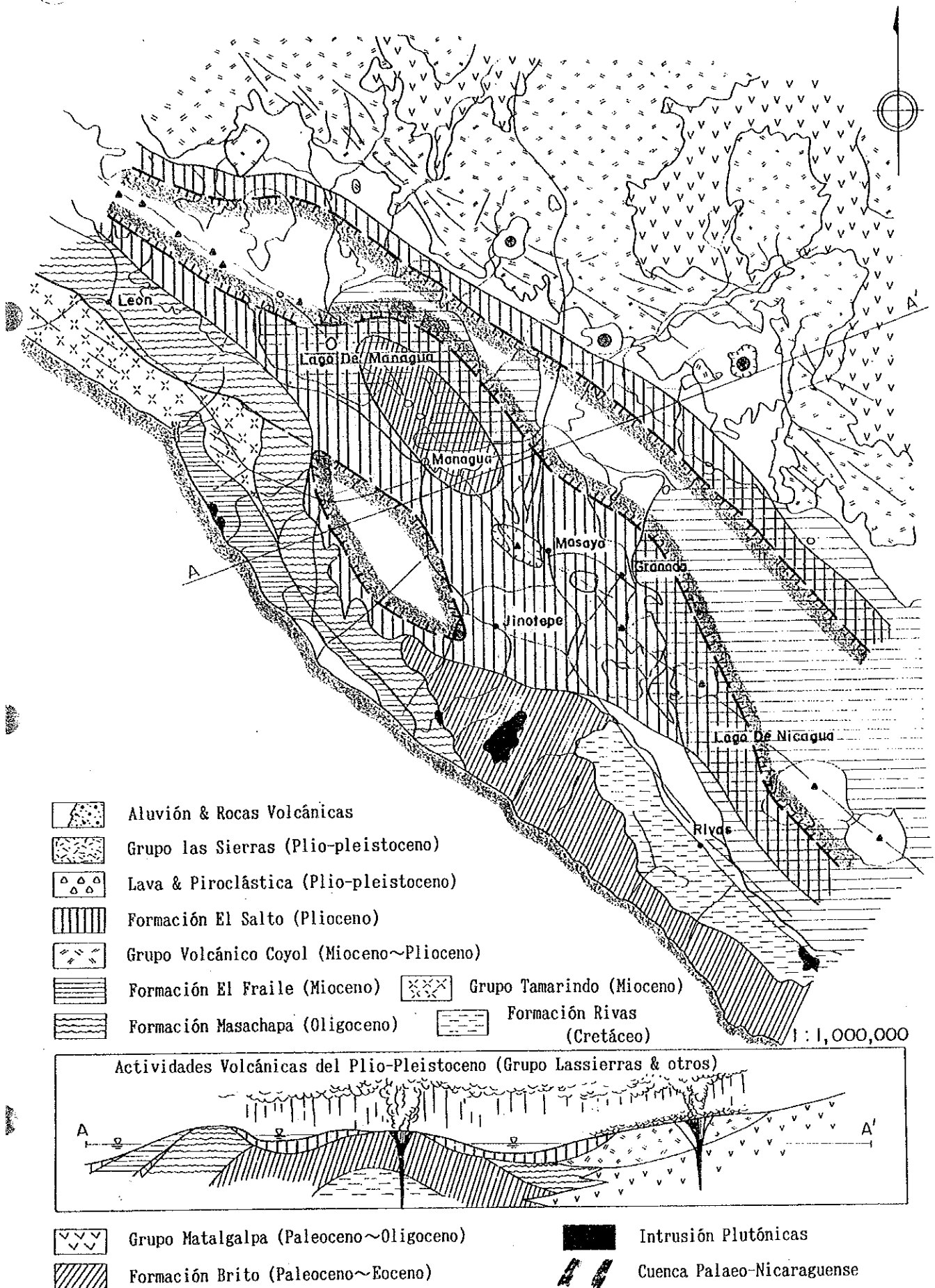


Fig. 4.1.15 Palaeogeographical Map (Late Pliocene)
 Mapa Paleográfico (Plioceno Tardío)

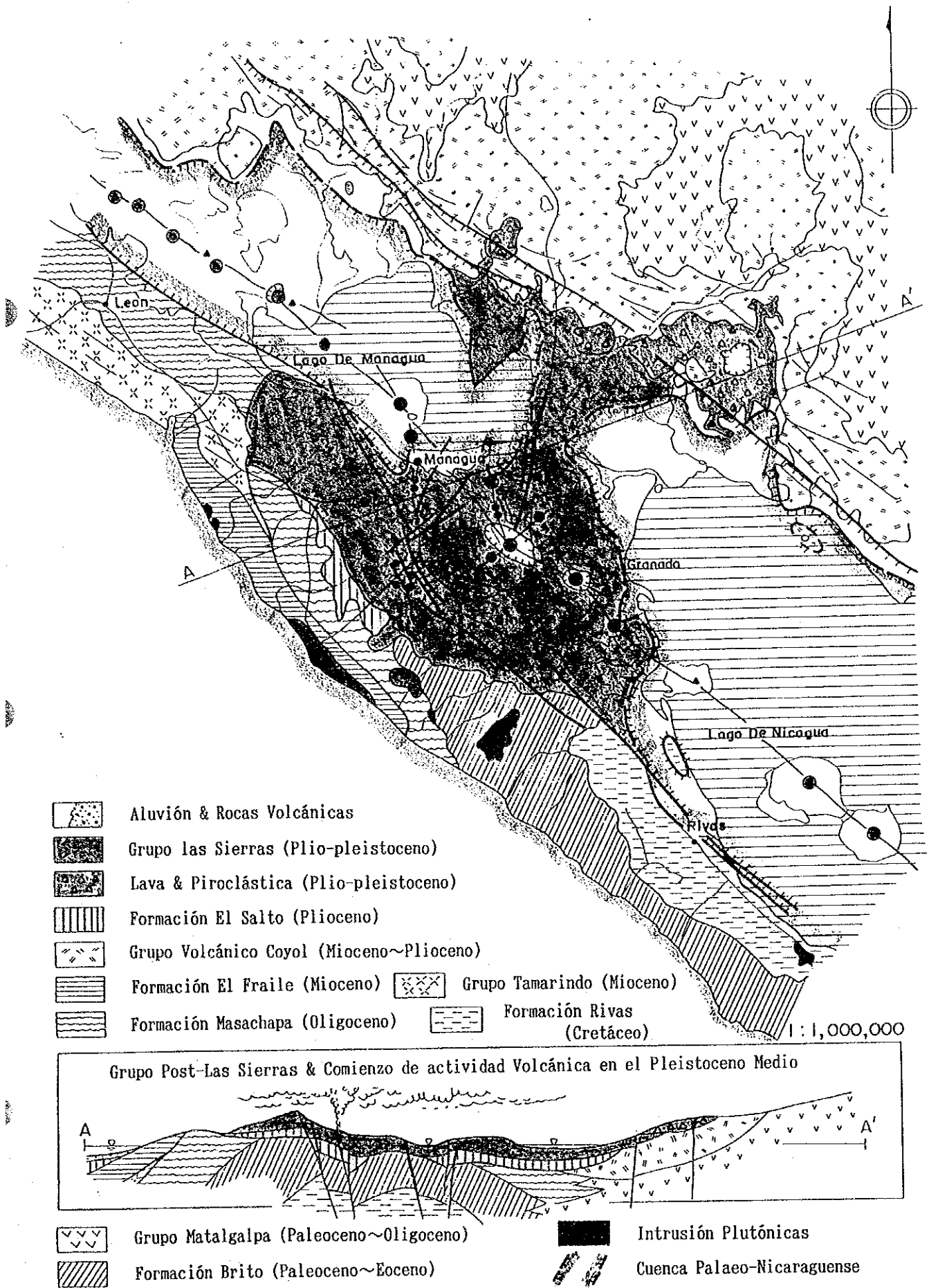


Fig. 4.1.16 Palaeogeographical Map (Middle Pleistocene)
 Mapa Paleográfico (Mediados del Pleistoceno)

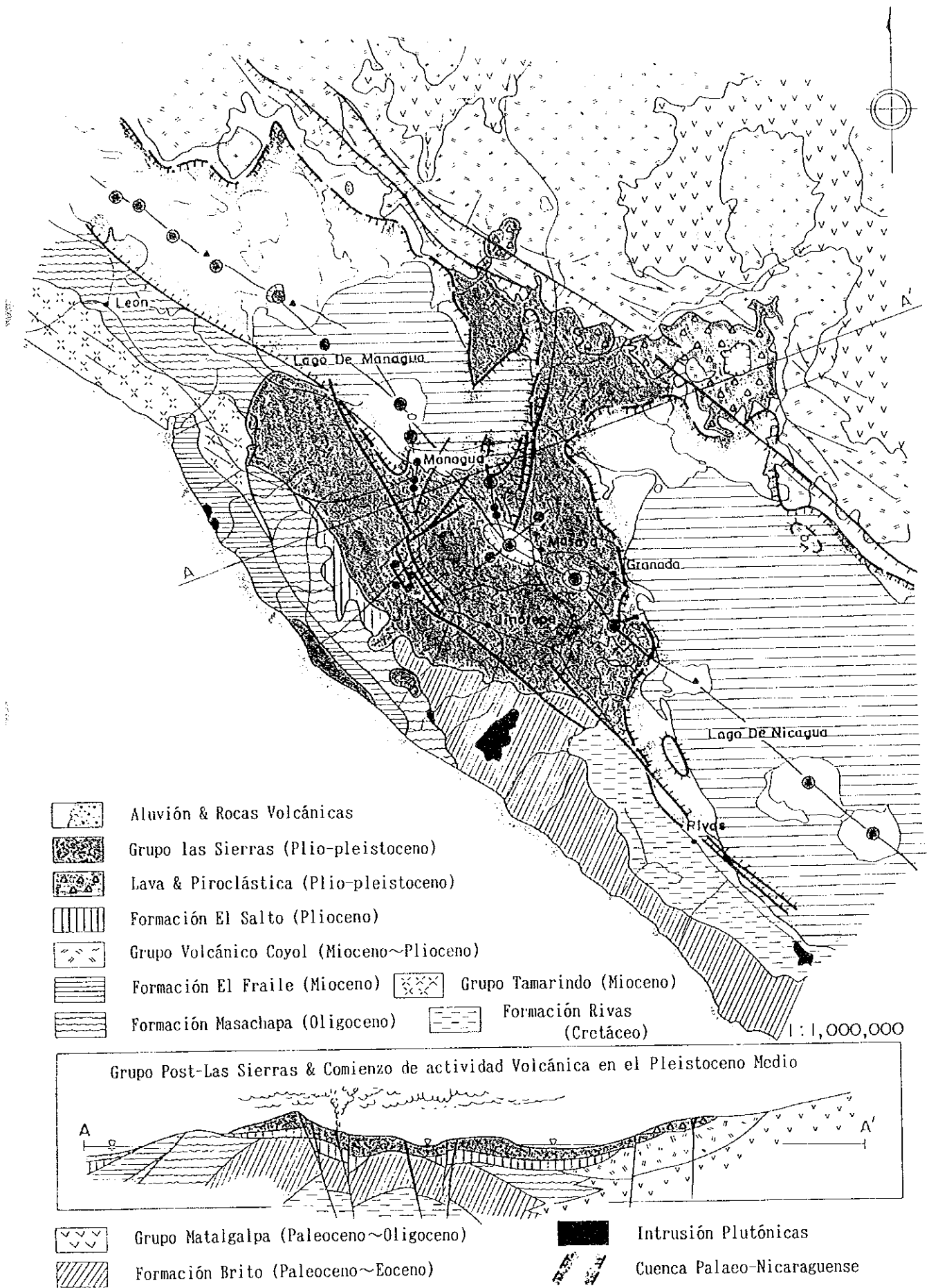


Fig. 4.1.16 Palaeogeographical Map (Middle Pleistocene)
 Mapa Paleográfico (Mediados del Pleistoceno)

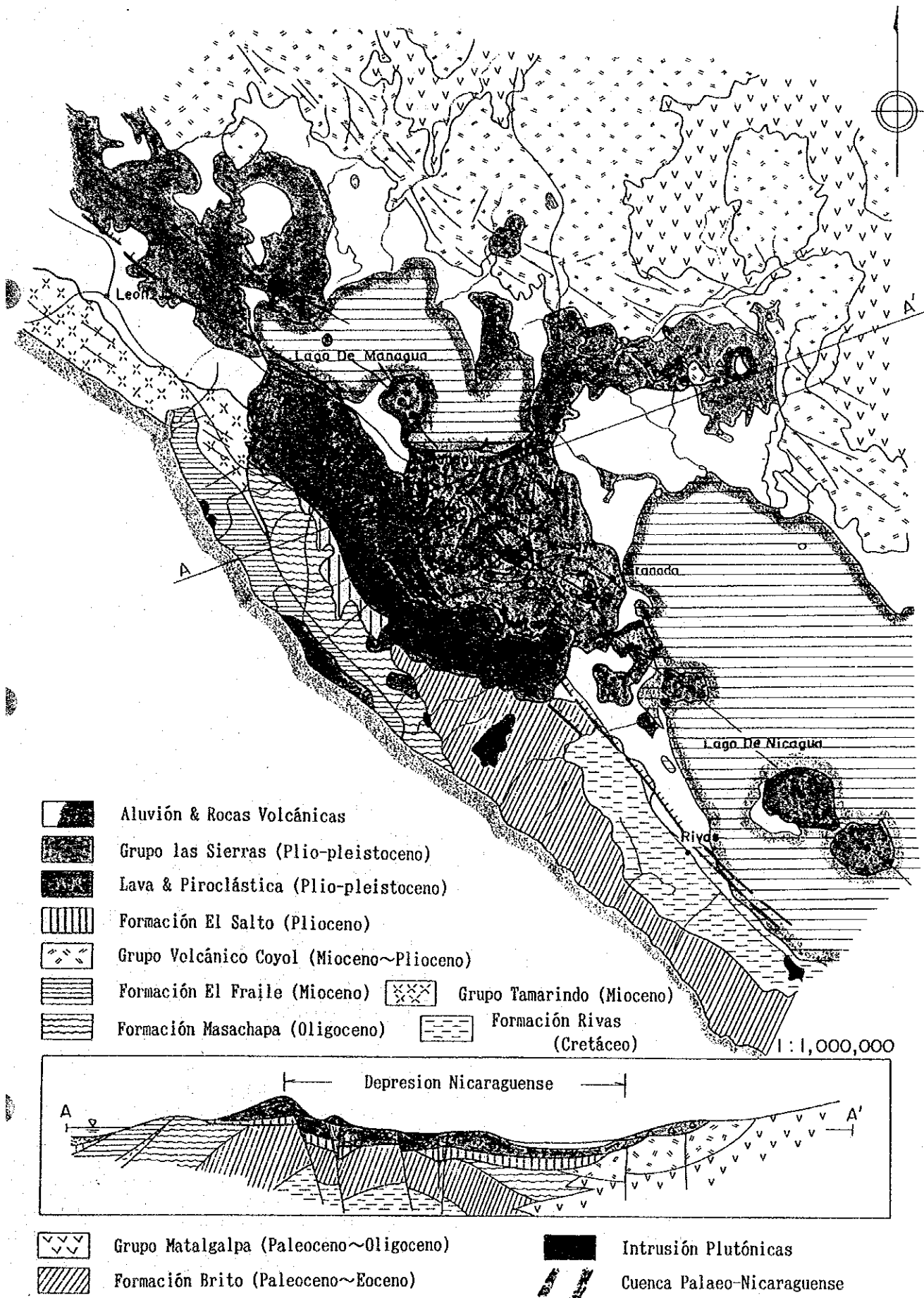


Fig. 4.1.17 Palaeogeographical Map (Late Pleistocene to Recent)
 Mapa Paleogr3fico (Plioceno Tardío al-Reciente)

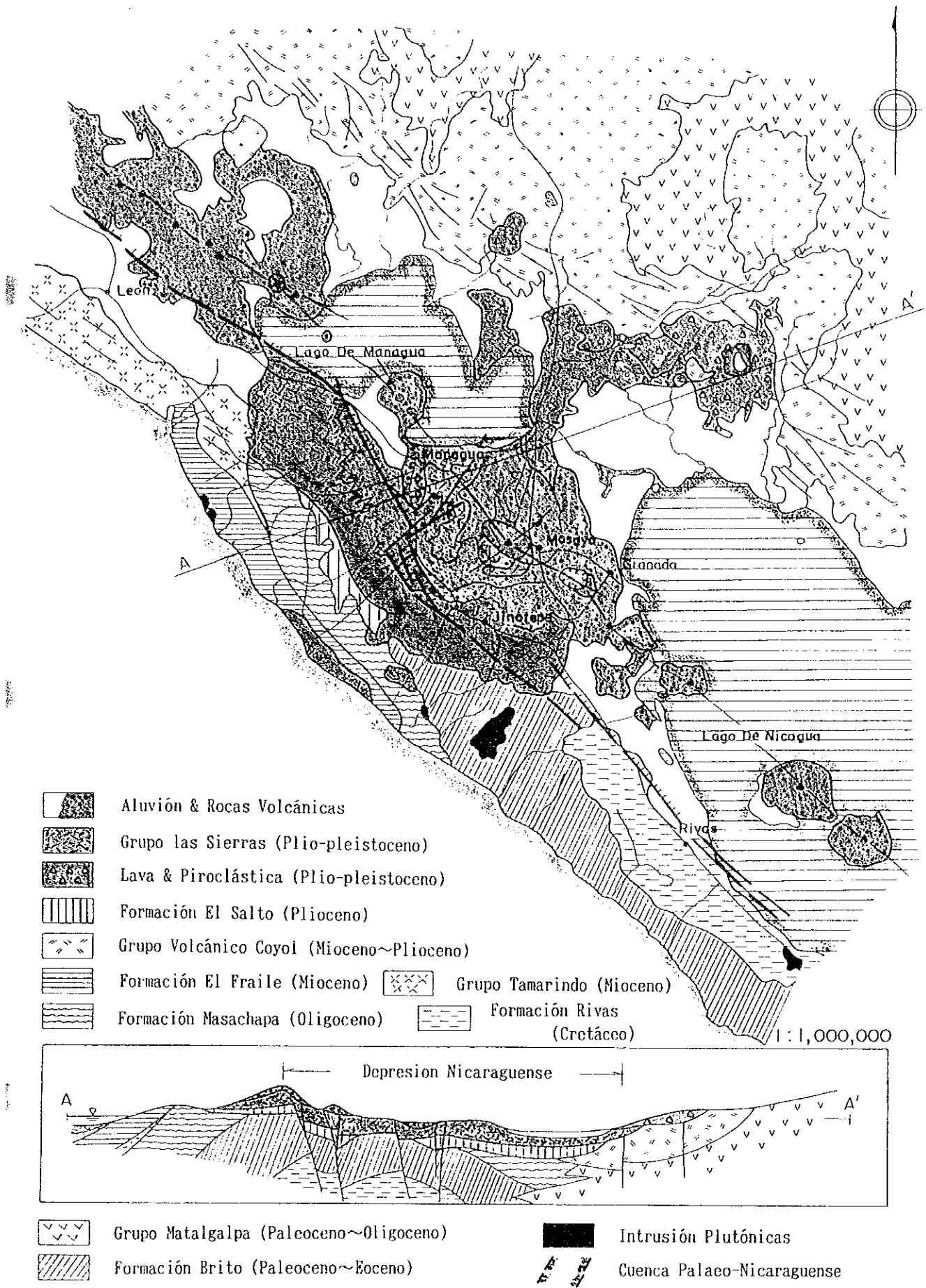


Fig. 4.1.17 Palaeogeographical Map (Late Pleistocene to Recent)
 Mapa Paleogr3fico (Plioceno Tardío al-Reciente)

4.2 Clima

4.2.1 Estación Meteorológica

Los datos fueron obtenidos fundamentalmente del Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA) y del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

Doce estaciones situadas prácticamente en todo el Area de Estudio fueron sometidas a investigación como muestra la Fig. 4.2.1. La estación que se encontraba a menor altura estaba a 56 metros sobre el nivel del mar en A.C. Sandino (Aeropuerto) y la de mayor a 910 metros en Hacienda Casa Colorada. El Cuadro 4.2.1 muestra la localización, tiempo de observación y temas estudiados en cada estación. El tiempo de observación es muy corto y se han producido pérdidas de registros en numerosos casos. Solamente en la estación de A.C. Sandino y Masatepe se obtuvieron registros continuos y precisos.

4.2.2 Temperatura, Humedad y Evaporación

El perfil de la condición climática mensual se muestra en el Cuadro 4.2.2. Como indica la media mensual, la temperatura de cada estación no varía demasiado a lo largo del año. En la estación de A.C. Sandino la temperatura menor es de 25,6 grados centígrados en diciembre y la mayor 28,8 grados centígrados en abril. Esta diferencia se incrementa en lugares más elevados, así en la estación de Masatepe, la temperatura menor es de 23,1 grados centígrados en enero y la mayor de 26,0 grados centígrados en mayo.

La humedad varía del 65% al 84% en las estaciones más elevadas mientras en las menos elevadas esta variación es del 70% al 89%. El valor mínimo se registra en marzo aumentando progresivamente hasta septiembre.

La evaporación anual oscila de 1.807 mm a 2.691 mm y prácticamente corresponde con la altura a la que se encuentran las estaciones. El valor máximo se produce en el mes de marzo que coincide con el mes más seco.

4.2.3 Pluviosidad

(1) Generalidades

El Cuadro 4.2.3 y la Fig. 4.2.2 muestran la distribución mensual de las precipitaciones. La estación húmeda se concentra principalmente de mayo a octubre. En algunas ocasiones llueve incluso en noviembre aunque poca cantidad. Los máximos mensuales se producen en mayo, septiembre y octubre, la pluviosidad mensual varía de 150 mm a 350 mm dependiendo de las condiciones estacionales. Las precipitaciones de junio y julio son siempre menores que en otros meses de lluvia variando entre 100 mm - 200 mm.

Más del 70% de la precipitación anual se concentra en la temporada de lluvia. La Fig. 4.2.3 muestra la relación existente entre la pluviosidad y la altura de cada estación. La media anual se corresponde prácticamente con esta relación directa. La Fig. 4.2.4. refleja la variación anual de la pluviosidad en cuatro estaciones de medición: Managua Plantel, A.C. Sandino, Masatepe y Casa Colorada. La precipitación anual en la estación de A.C. Sandino es como media 1.100 mm, variando de año a año desde 800 mm hasta 1.400 mm.

La pluviosidad anual media en la estación de Masatepe es aproximadamente 1.500 mm variando de año a año desde 800 mm hasta 2.000 mm. Comparando la pluviosidad media de 5 años se observa una precipitación superior, que puede correlacionarse con el coeficiente calculado para la media total, sin embargo este coeficiente no se correlaciona para años secos como 1976-1979.

Por otra parte, es difícil reseñar si existe una tendencia creciente o decreciente para la pluviosidad anual.

(2) Control y Pluviosidad mensual para 1992

Un pluviómetro fue instalado en La Concepción. El Cuadro que aparece a continuación resume la pluviosidad obtenida en esta estación y otros registros suministrados por INETER. Los detalles del monitorio se muestran en el Informe de Apoyo.

Unidad: mm

Precipitación en 1992

Estación	ELEV. (m)	MAR.	ABR.	MAY	JUN.	JUL.	AG.	SEP.	OCT.	TOTAL
La Concepción	540	0	0	80	255	147	44	138	262	926
Aeropuerto	56	0	0	87	159	139	62	143	111	701
Masaya	210	1	0	85	252	166	50	203	116	873
San Isidro	290	0	0	89	291	115	86			
Masatepe	450	1	29	128	-	148	64			
Casa Colorada	910	0	35	64	188	133	79	166		

Estos resultados muestran las siguientes conclusiones para las condiciones pluviométricas del año 1992:

- (a) Este año es relativamente más seco que otros.
- (b) La precipitación diaria máxima fue 206 mm en La Concepción en octubre, el segundo valor máximo fue aproximadamente 60 mm en A.C. Sandino (aeropuerto) y San Isidro en mayo y en Masaya en octubre.
- (c) La pluviosidad varía dependiendo de las condiciones locales, sin embargo la pluviosidad anual es prácticamente lineal a la elevación exceptuando en la estación de Casa Colorada.

(3) Relación entre las Estaciones

Tomando como base las pluviosidades obtenidas por INETER, se calculó la pluviosidad por áreas para 1972-1991. Teniendo en cuenta que muchos registros fueron extraviados o no fueron tomados, estos datos se tuvieron que estimar en base a los registros de otras estaciones. En general, la pluviosidad anual y la elevación de las estaciones de observación prácticamente mantienen una relación lineal. De acuerdo con esto, una relación de registros históricos de cada estación fue seleccionada para ser analizada como se muestra a continuación.

Reg.No.	Estación	Elev.(m)
27	Aeropuerto	56
50	Asososca	50
45	Las Jinotepes	470
46	La Primavera	600
47	Casa Colorada	910
49	Masatepe	450
115	Masaya	250

Coeficiente de Correlación (%)							
	27	50	45	46	47	49	115
27	*	*	*	*	*	*	*
50	80	*	*	*	*	*	*
45	69	85	*	*	*	*	*
46	65	88	91	*	*	*	*
47	54	70	85	77	*	*	*
49	75	83	81	83	71	*	*
115	84	82	-	66	44	83	*

Límite de confianza 95%

Estos resultados muestran la precipitación anual en la estación de Casa Colorada la que no tiene buena correlación con otras y la estación del Aeropuerto no está relacionada con la estación de las sierras de Managua.

(4) Isoyeta Anual

La isoyeta aparece en la Fig. 4.2.1. El contorno de la línea se estima básicamente usando condiciones topográficas. Existe una línea de 1.100 mm desde la laguna de Asososca a el área de Sabana Grande, y una línea de 1.300 mm desde Ticuantepe al lago Masaya. Se considera que la Sierra de Managua tiene la mayor pluviosidad de la zona estudiada, alrededor de 1.600-1.700mm. En esta área montañosa y sus alrededores, como La Concepción y Masatepe se comparan las condiciones de precipitación; las características topográficas afectan considerablemente la precipitación en un área.

(5) Probabilidad de Precipitación

Para realizar el análisis de probabilidad por el método de trazo de puntos de Hazen se hizo uso de 29 y 21 registros de la precipitación anual de las estaciones A.C. Sandino y Masatepe respectivamente. La Fig. 4.2.5 y 4.2.6 muestra el cálculo con el método de puntos de Hazen en cada estación. Se logró una probabilidad del 50 %, 1.100 mm y 1.400 mm en las estaciones A.C. Sandino y Masatepe respectivamente.

La probabilidad de precipitación anual de 20, 33, 50, 67, 80 % en ambas estaciones y la precipitación estimada Para otras estaciones se muestra en el Cuadro 4.2.4. Estos valores se usaron para la predicción futura con el Modelo de Simulación.

4.2.4 Evapotranspiración

La evapotranspiración potencial se considera generalmente como un 80% de la evaporación medida en una cacerola clase A.

El siguiente Cuadro resume la evapotranspiración potencial anual y la pluviometría en las estaciones de A.C. Sandino (aeropuerto), Masaya y Masatepe.

Unidad: mm

Año	Aeropuerto		Masaya		Masatepe	
	ET	Precipitación	ET	Precipitación	ET	Precipitación
1970	1776	1082	-	-	1470	2155
1971	2001	1276	-	-	1333	1701
1972	1757	694	-	-	1509	1198
1973	1873	1742	-	-	1610	1986
1974	1727	856	-	-	1435	1502
1975	1770	1365	-	-	1332	1466
1976	2045	744	-	-	1417	827
1977	2066	816	-	-	1456	915
1978	1936	1008	1667	1110	1424	1093
1979	1794	1058	-	-	-	-
1980	1870	1448	-	-	1321	1445
1981	1996	1286	1480	1721	1454	1541
1982	2121	1352	1536	1532	1384	1688
1983	2060	807	1687	1204	1520	1289
1984	2068	1151	1613	1346	1488	1448
1985	1967	1260	1664	1138	1540	1200
1986	1873	774	1560	902	1509	1235
1987	1963	1103	1756	1458	-	-
1988	1734	2185	1648	1964	-	-

ET: evapotranspiración

La evapotranspiración potencial por sí misma es superior a la precipitación anual. Se considera que la evapotranspiración continúa incluso en la estación seca y consume un alto porcentaje de la pluviosidad.

Cuadro 4.2.1 Estaciones Meteorológicas

	Estación	No. de Reg.	Lat.	Long.	Elev. (m)	Periodo	Puntos
1	Managua de Plantel	22	12.09	86.17	60	52-81	PTEH
2	A.C. Sandiano	27	12.08	86.1	56	58-89	PTHEHV
3	Las Jinotepes	43	12.09	86.09	60	62-66	PTEH
4	La Primavera	45	12.04	86.19	470	63-84	P
5	Casa Colorada	46	12.01	86.14	600	63-89	P
6	Masatepe	47	11.58	86.18	910	63-90	P
7	Asososca	49	11.54	86.08	450	63-87	PTHEHV
8	RURD	50	12.53	86.18	80	63-89	P
9	SAIMSA	89	12.06	86.16	200	72-88	PTHVSE
10	Campos Azules	104	11.57	86.05	310	72-73	P
11	Masaya	115	15.59	86.06	250	77-89	PHET
12	Campos Azules	129	11.53	86.08	470	83-89	PTHEHV

- *** Puntos de Observación
P: Precipitación (mm)
T: Temperatura Media (°C)
E: Evaporación (mm)
H: Humedad Relativa (%)
S: Horas de Sol
V: Velocidad del Viento (m/seg)

Cuadro 4.2.2 Perfil de Las Condiciones Climatológicas

ESTACION: MANCORA PUERTO DE CAJATEPE													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	53-61	2	2	6	11	141	205	111	113	203	244	53	8
PRECIPITACION (mm)		24.6	27.2	28	29	29.2	27.8	21.5	27.9	27.8	27	27	27
TEMPERATURA MEDIA (C)		228	236	272	284	283	337	262	205	186	164	179	195
EVAPORACION (mm)		71	70	68	64	73	76	77	77	77	78	74	72
HUMEDAD RELATIVA (%)													
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) h=8 m													
ESTACION: A.C.SARDINO													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	54-69	4	2	4	6	128	208	143	146	207	205	51	11
PRECIPITACION (mm)		25.8	26.6	27.9	28.8	28.7	26.8	26.4	26.5	26.3	26.1	26	25.6
TEMPERATURA MEDIA (C)		215	235	266	288	312	348	365	360	345	345	351	376
EVAPORACION (mm)		71	67	68	65	72	82	82	82	84	84	80	75
HUMEDAD RELATIVA (%)		227.3	231.6	265.1	236.7	208.3	147.6	164.6	185.4	171.5	187.5	210.8	223.1
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) h=8 m		3.2	3.6	3.8	3.6	3.8	2.8	2.1	2.4	2.2	1.8	1.4	1.8
ESTACION: SANTA ROSA													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	62-66	2	1	6	3	144	280	148	170	191	240	52	24
PRECIPITACION (mm)		27.2	28.2	28.9	29.7	28.1	27.6	28.7	28.6	28.3	27.5	27.2	
TEMPERATURA MEDIA (C)		243	258	333	273	297	385	350	311	358	368	371	393
EVAPORACION (mm)		74	75	74	75	68	76	75	74	82	81	81	78
HUMEDAD RELATIVA (%)													
ESTACION: LAS JINETES													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	63-64	5	1	6	26	154	243	127	156	178	215	49	13
PRECIPITACION (mm)													
ESTACION: LA PRIMAVERA													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	63-65	13	5	7	19	383	225	176	163	253	231	64	29
PRECIPITACION (mm)													
ESTACION: HACIENDA CASA CUERADA													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	63-96	18	16	16	26	217	282	161	185	345	306	125	43
PRECIPITACION (mm)													

ESTACION: MASATEPE													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	63-67	15	6	7	19	207	211	164	188	288	255	91	32
PRECIPITACION (mm)		23.1	23.8	24.9	25.8	26	24.8	24.5	24.6	24.5	24.1	23.6	23.2
TEMPERATURA MEDIA (C)		151	178	236	242	308	321	319	332	319	316	319	332
EVAPORACION (mm)		80	76	73	72	76	85	86	85	87	87	85	82
HUMEDAD RELATIVA (%)		245.9	238.6	267.3	247.9	206	127.6	160.6	168.3	162.8	161.6	205.7	224.9
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) h=8 m		1.4	1.5	1.5	1.6	1.1	1.1	1.2	1	0.8	0.8	0.9	1.4
ESTACION: ASOSUCA													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	63-69	2	6	3	15	164	195	103	125	289	217	49	7
PRECIPITACION (mm)													
ESTACION: S. U.R.D.													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	72-88	4	2	7	15	187	175	130	159	212	204	48	5
PRECIPITACION (mm)		25.2	26.9	27.8	28.7	28.4	27	26.7	26.4	26.4	26.9	26.2	
TEMPERATURA MEDIA (C)		243	271	323	318	268	173	198	196	170	185	175	212
EVAPORACION (mm)		65	62	59	59	66	77	76	78	80	79	74	69
HUMEDAD RELATIVA (%)		259.5	246.2	269.5	248	201.7	166.4	178.8	196.9	179	204.5	230.2	246.4
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) h=8 m		5.1	5.3	5.2	4.9	3.6	3.2	4.1	3.5	2.8	2.7	3.3	4.2
ESTACION: SAHNSA													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	72-73	6	0	0	6	308	411	353	380	310	520	98	3
PRECIPITACION (mm)													
ESTACION: MSAVA													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	77-89	7	4	4	7	174	212	186	289	244	255	62	15
PRECIPITACION (mm)		25	25.9	27	27.9	28.1	26.5	26	26.4	26	25.8	25.5	25
TEMPERATURA MEDIA (C)		172	194	243	238	282	347	345	358	328	335	334	344
EVAPORACION (mm)		71	67	64	61	67	80	81	81	82	82	80	75
HUMEDAD RELATIVA (%)													
ESTACION: CAPOS AZULES													
PARAMETROS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	
PERIODO	83-89	9	48	5	4	152	287	214	216	252	269	90	45
PRECIPITACION (mm)		22.7	23.4	24.3	25.5	25.6	24.3	23.8	23.6	23.7	23.6	23.5	22.8
TEMPERATURA MEDIA (C)		161	151	224	206	199	129	139	123	116	131	117	131
EVAPORACION (mm)		81	75	71	70	77	87	87	86	89	87	86	84
HUMEDAD RELATIVA (%)		267.8	240.2	264.5	239.8	229.5	172.6	166.7	186.1	179.3	207.4	196.1	207.8
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO (m/s) h=8 m		5.3	4.9	3.5	3.7	3.2	3.2	3.2	3.7	3.7	3.6	3.2	3.6

Cuadro 4.2.3 Precipitación Mensual

ESTACION	PERIODO	ELEVACION	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	TOTAL
PLANTEL DE CARRETERA	52-81	60 MSNM	2	2	6	11	141	205	111	113	203	244	53	8	1099
A. C. SANDINO	58-89	56 MSNM	4	2	4	6	128	208	141	146	207	205	51	11	1113
SANTA ROSA	62-73, 83-86	60 MSNM	2	1	0	3	144	200	148	170	191	240	52	26	1177
LAS JINOTEPES	63-84	360 MSNM	5	1	0	26	154	243	127	156	228	215	49	13	1217
LA PRIMAVERA	63-89	600 MSNM	13	5	7	19	183	235	176	163	253	231	68	29	1382
HACIENDA CASA COLORADA	63-90	910 MSNM	18	10	10	26	217	292	161	185	345	306	125	43	1738
MASATEPE	63-87	450 MSNM	15	6	7	19	207	211	164	184	298	255	91	32	1489
ASOSOSCA	63-89	80 MSNM	2	0	3	15	164	195	103	125	209	217	49	7	1089
R. U. R. D.	72-88	200 MSNM	4	2	7	15	167	175	130	159	212	204	48	5	1148
SAINSA	72-73	310 MSNM	0	0	0	0	154	206	177	190	155	260	98	2	1242
MASAYA	77-89	250 MSNM	7	4	4	7	174	212	186	209	244	255	62	15	1379
CAMPOS AZULES	83-89	470 MSNM	9	48	5	4	152	267	214	216	252	269	90	45	1571

Cuadro 4.2.4 Precipitación Probable

Cálculo de Probabilidad

(1) Aeropuerto N=29

No.	Precip.(%)
1	2185 98.27
2	1742. 94.82
3	1448 91.37
4	1423. 87.93
5	1383. 84.48
6	1368. 81.03
7	1365 77.58
8	1352. 74.13
9	1286. 70.68
10	1276. 67.24
11	1267. 63.79
12	1260. 60.34
13	1151. 56.89
14	1103 53.44
15	1082 50
16	1058. 46.55
17	1008. 43.10
18	935.5 39.65
19	856 36.20
20	822.2 32.75
21	816.1 29.31
22	806.7 25.86
23	780.7 22.41
24	776.2 18.96
25	774.2 15.51
26	763.3 12.06
27	746.6 8.620
28	744.4 5.172
29	693.5 1.724

Av. 1113.

(2) Precipit N=21

No.	Precip.(%)
1	2155 97.81
2	2068 92.85
3	1986 88.09
4	1875 83.33
5	1846 78.57
6	1834 73.80
7	1701 69.04
8	1688 64.28
9	1541 59.52
10	1502 54.76
11	1466 50
12	1448 45.23
13	1289 40.47
14	1235 35.71
15	1200 30.95
16	1198 26.19
17	1178 21.42
18	1093 16.66
19	1068 11.90
20	915 7.142
21	827 2.380

Av. 1481.

Precipitación Probable por Hazon Plot

Localización de Bloque No.	Unidad:mm				
	No-excedente		Excedente		
	20%	33%	50%	67%	80%
1. Asososca	880	980	1100	1250	1350
2. Las Jinotepes	960	1070	1200	1360	1470
3. La Primavera	1100	1250	1400	1650	1800
4. Casa Colorada	1180	1340	1500	1770	1930
5. A.C. Sandino	880	980	1100	1250	1350
6. Ave. of 5&7	960	1070	1200	1360	1470
7. Masaya	1040	1160	1300	1480	1600
8. Masatepe	1100	1250	1400	1650	1800

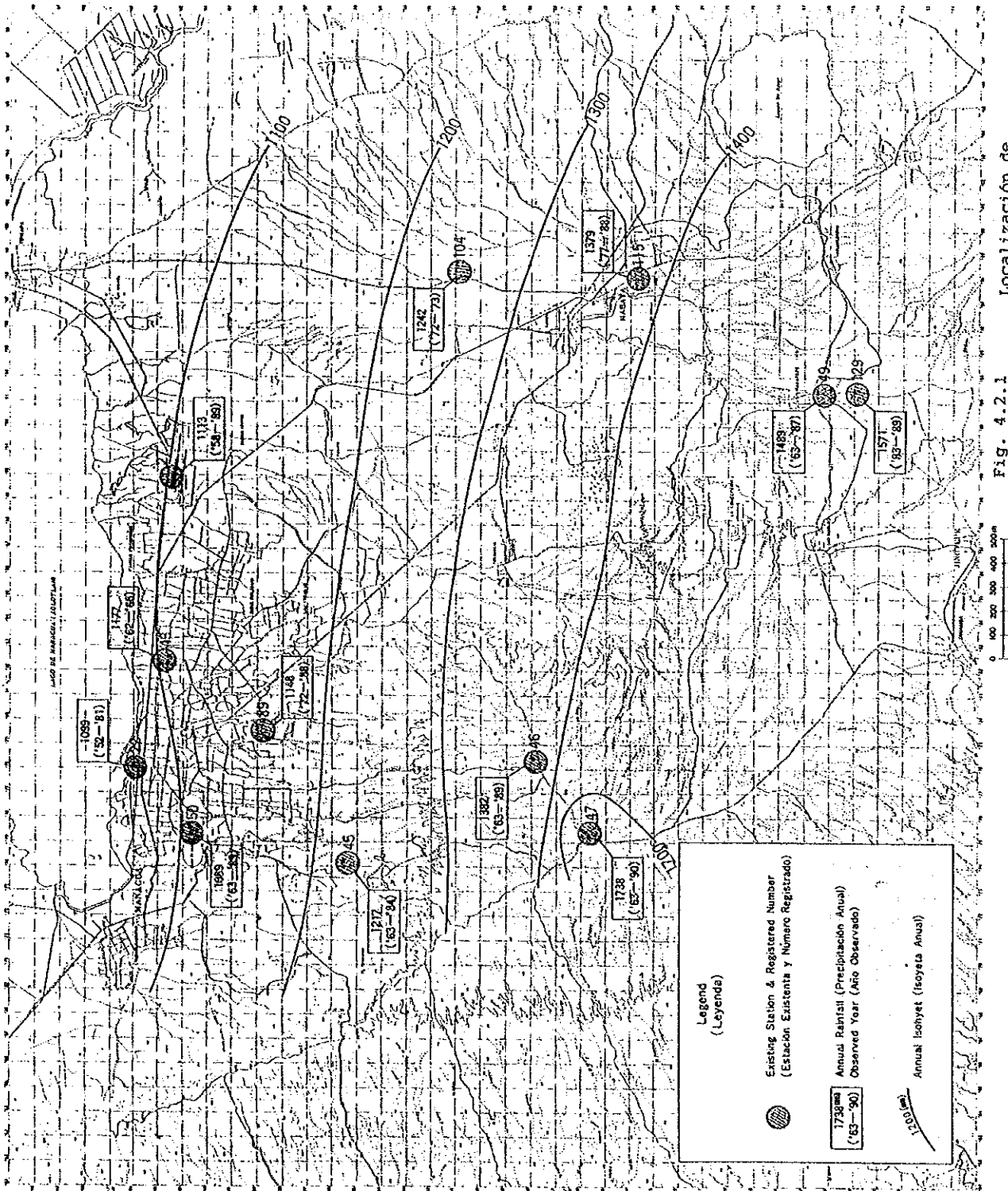
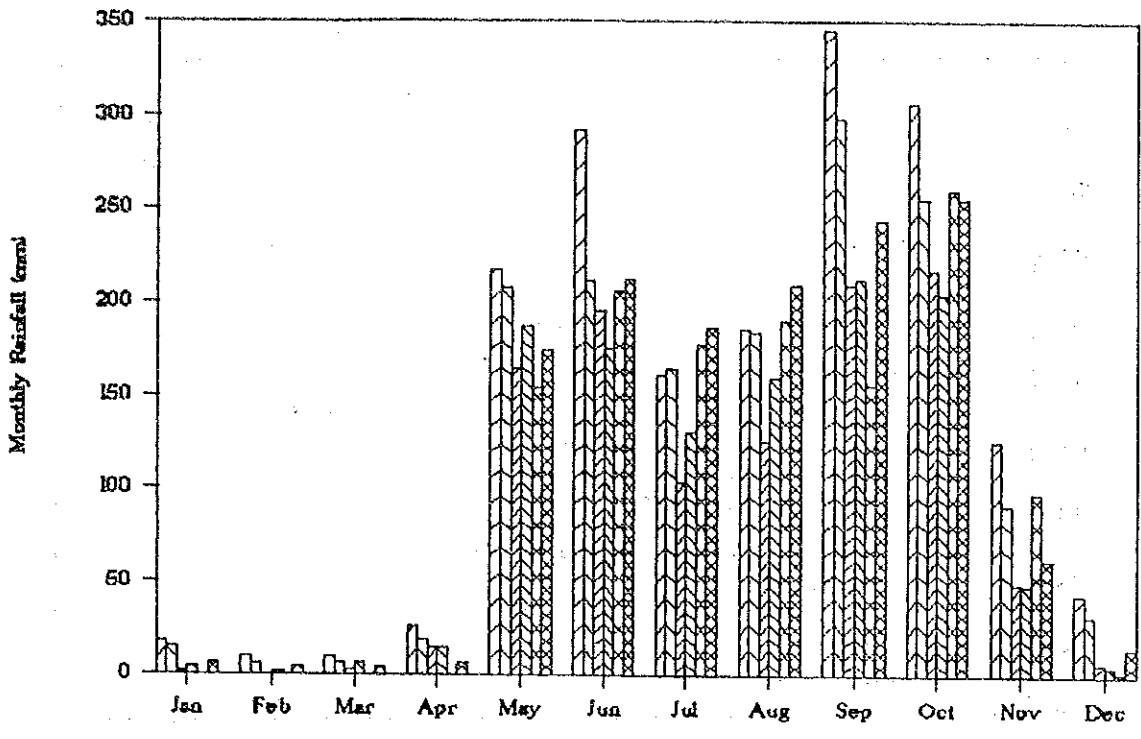
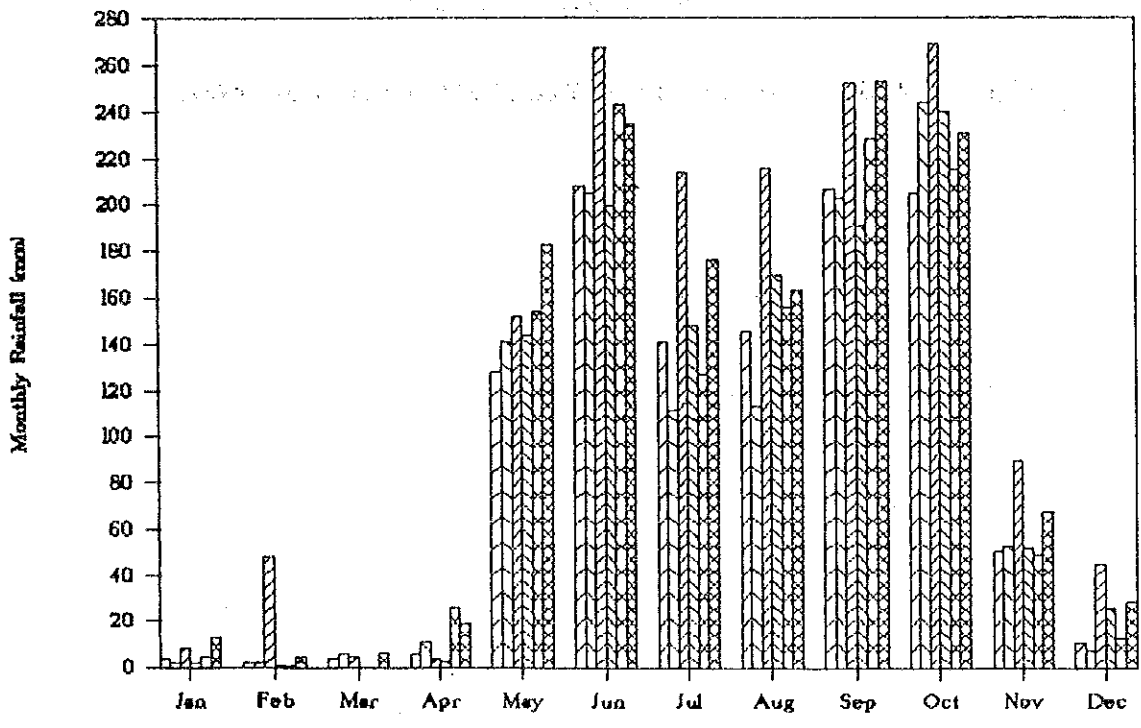


Fig. 4.2.1 Localización de las Estaciones Meteorológicas



47
 49
 60
 89
 104
 115



21
 22
 29
 43
 45
 46

Fig. 4.2.2 Precipitación Mensual

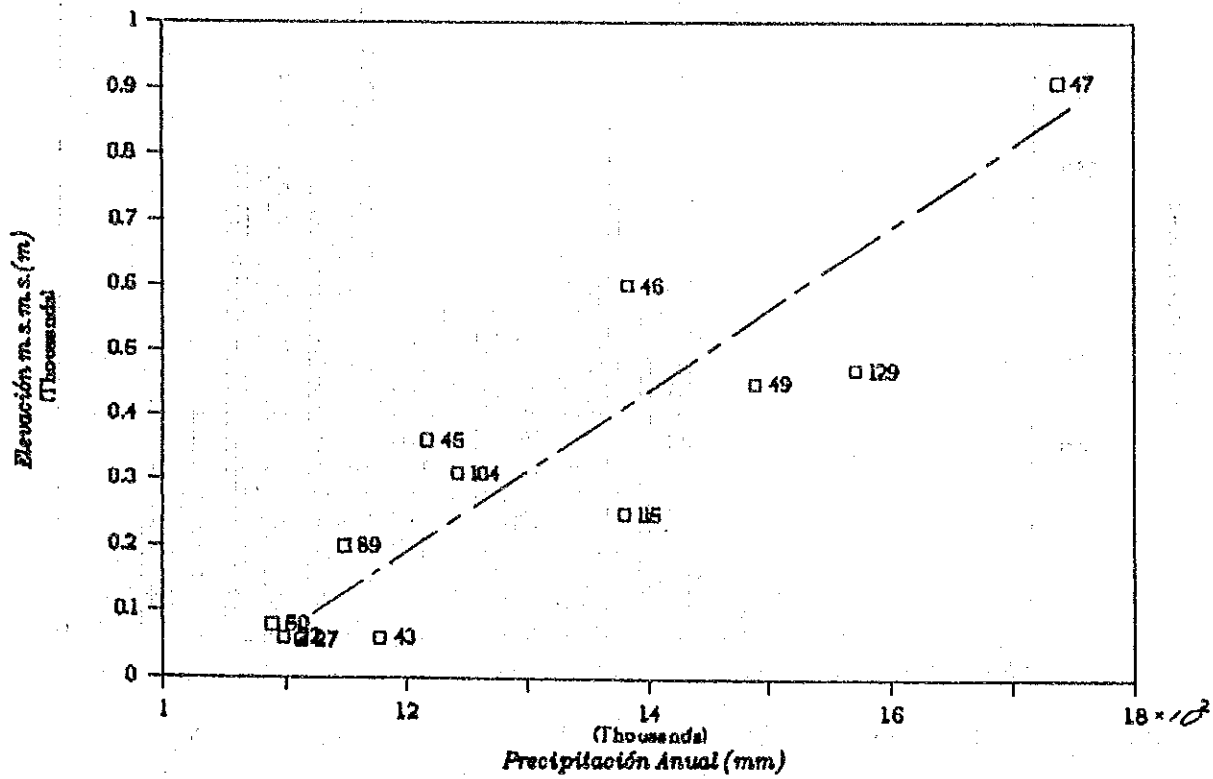


Fig. 4.2.3 Elevación y Precipitación por Año

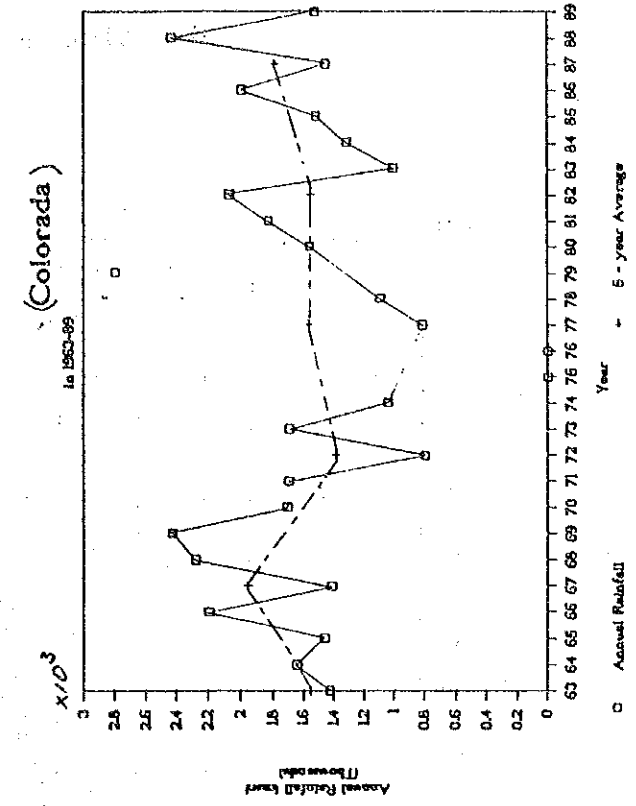
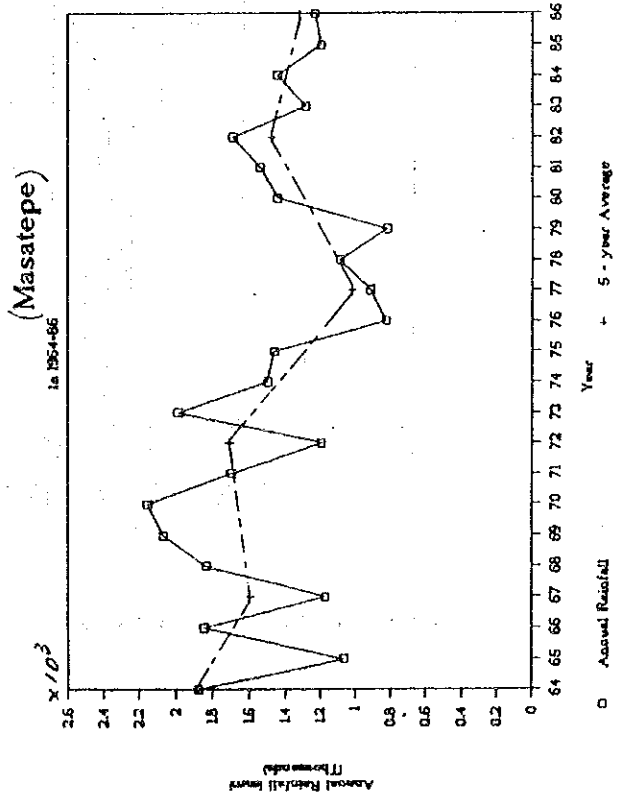
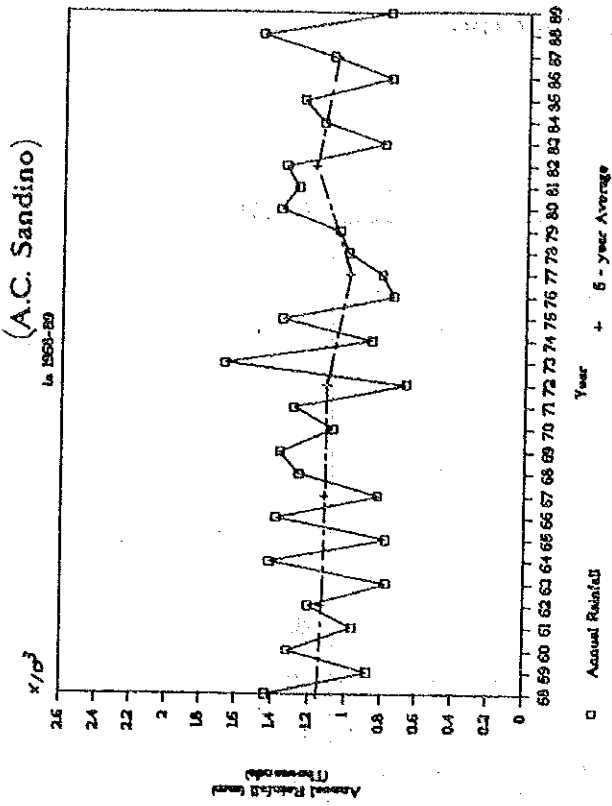
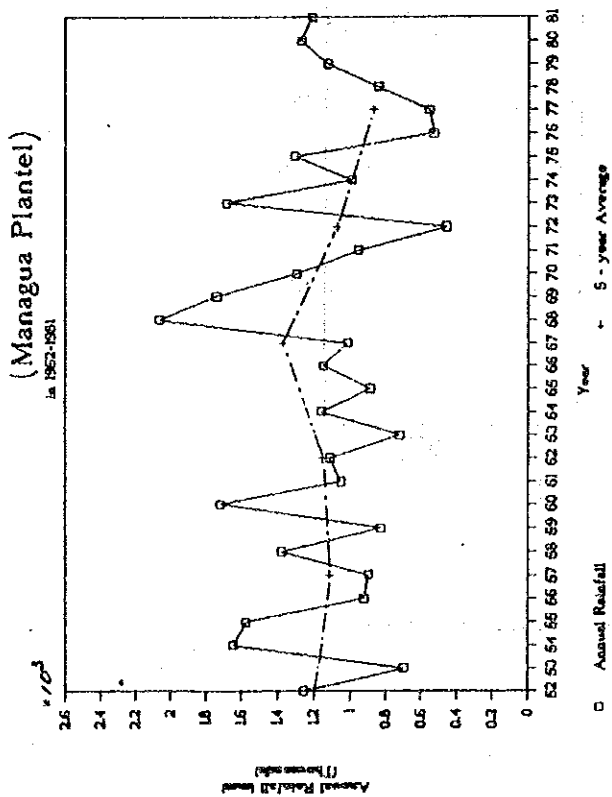


Fig. 4.2.4 Precipitación Anual de Largo Plazo

Estación A.C. Sandino

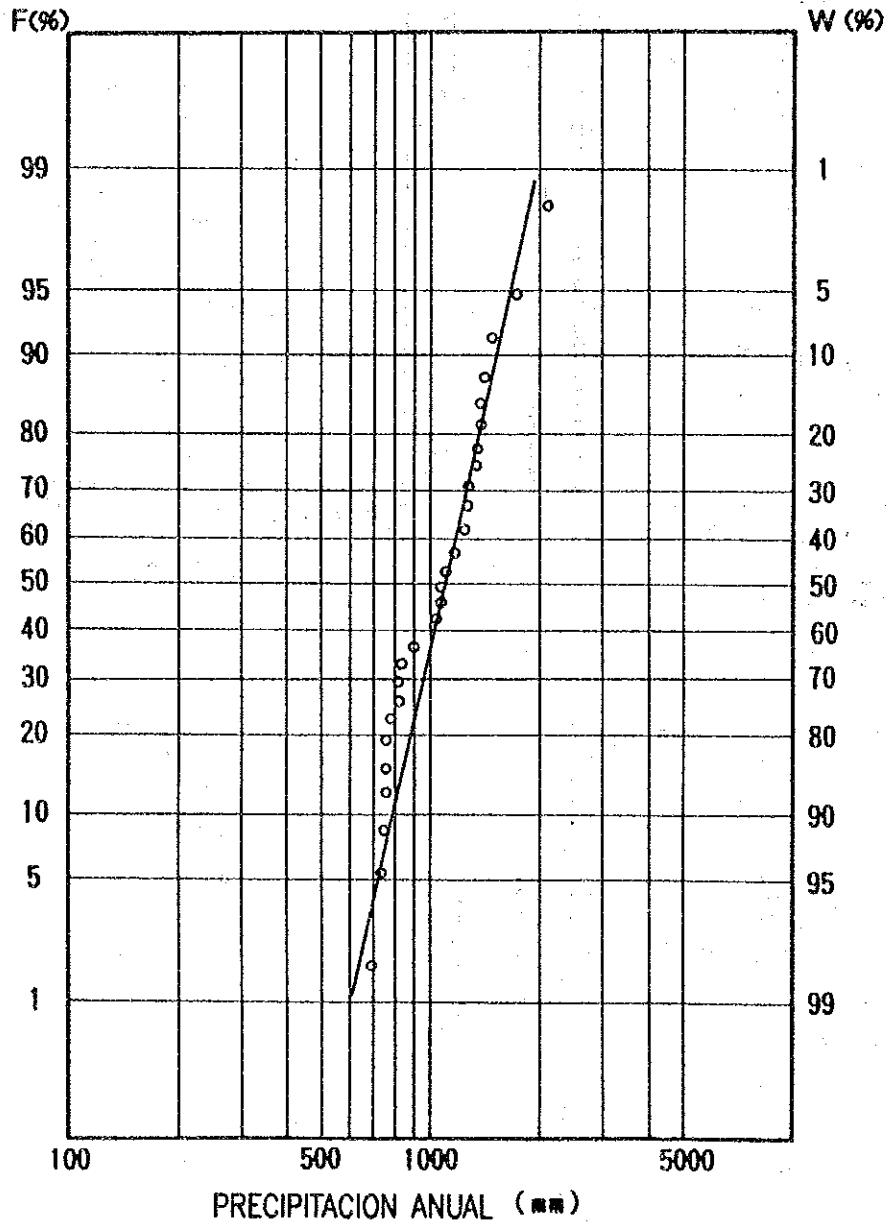


Fig. 4.2.5 Precipitación Probable (1)

Estación Masatepe

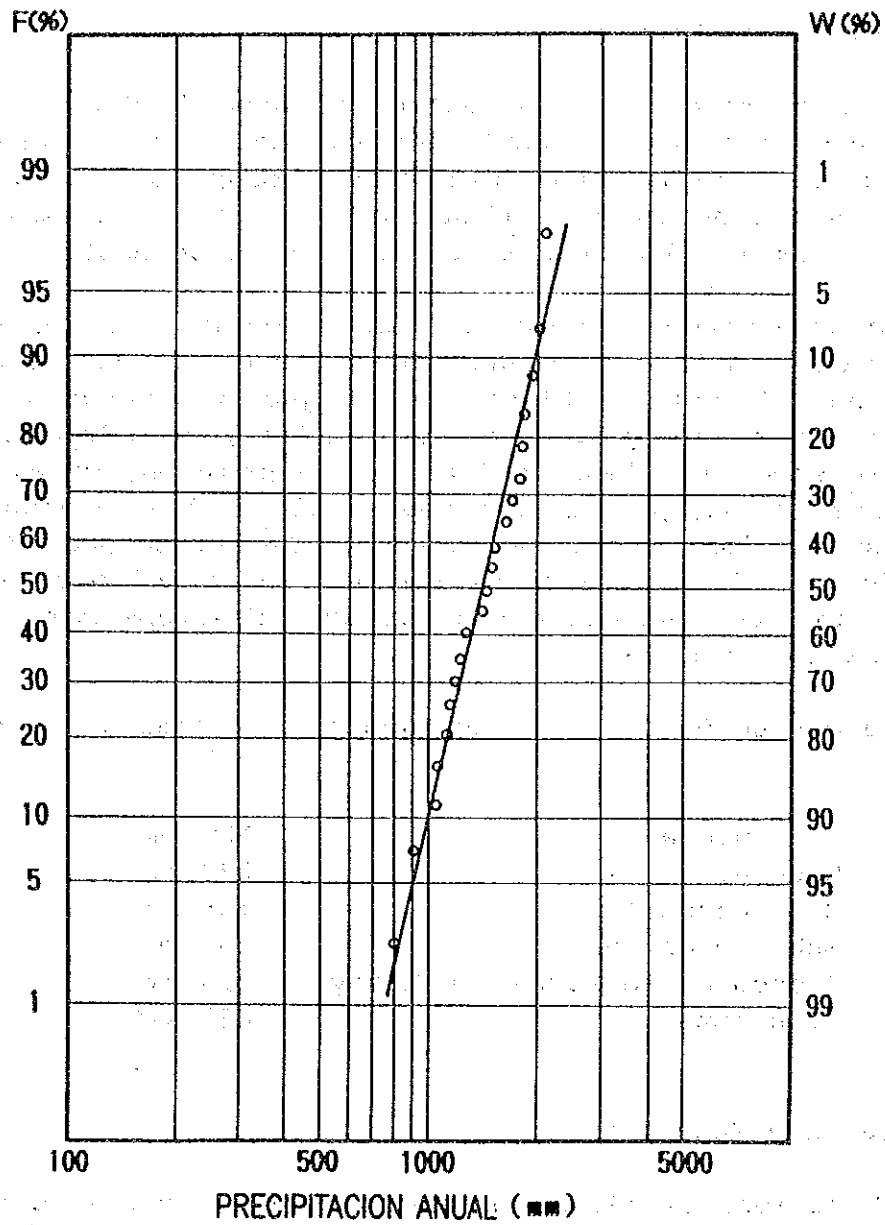


Fig. 4.2.5 Precipitación Probable (2)

4.3 Agua Superficial

4.3.1 Condiciones Generales

El agua superficial ubicada dentro del Area de Estudio consta de lagos ríos estacionales y manantiales. Las ubicación y la topografía se mencionó de manera breve en la Sección 4.1.

(1) Sistema de Drenaje

El sistema de drenaje dentro del Area de Estudio descansa casi sobre la cuenca de captación sur del lago de Managua (Sub-cuenca de Lago de Managua) como se muestra en la Fig. 4.3.1. Esta cuenca de captación está resumida en cuatro sistemas de sub-drenaje llamados Sub-cuencas I, II, III y IV de oeste a este.

La sub-cuenca I cubre el área occidental, desde la Ciudad Sandino en la orilla occidental hasta la Laguna de Asososca. La sub-cuenca II cubre la Ciudad de Managua incluyendo a la Laguna de Asososca, Nejapa y Tiscapa hasta el Aeropuerto Internacional. La sub-cuenca III tiene un área muy angosta en los alrededores de Sabana Grande, pero se extiende hacia el área montañosa en la parte sur de las Sierras de Managua. La sub-cuenca IV cubre el área de las tierras bajas de Sabana Grande del área sur de la cuenca sur, la cual cubre San Marcos y Masatepe como captación de la Laguna de Masaya.

La captación de cada sub-cuenca se resume de la siguiente forma:

- Sub-cuenca I	120 km ²
- Sub-cuenca II	222 km ²
- Sub-cuenca III	136 km ²
- Sub-cuenca IV	183 km ²
- Cuenca de la Laguna de Masaya	219 km ²
- Area total	880 km ²

(2) Lagos y Manantiales

En la zona estudiada existen principalmente seis lagos. La información general y las alturas estudiadas se presentan en el siguiente cuadro: