社会開発調査部報告書

611
61.8
SSS
LIBRARY

JICA LIBRARY
1122941 [6]

28676

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON (JICA)

INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL
REPUBLICA DE GUATEMALA

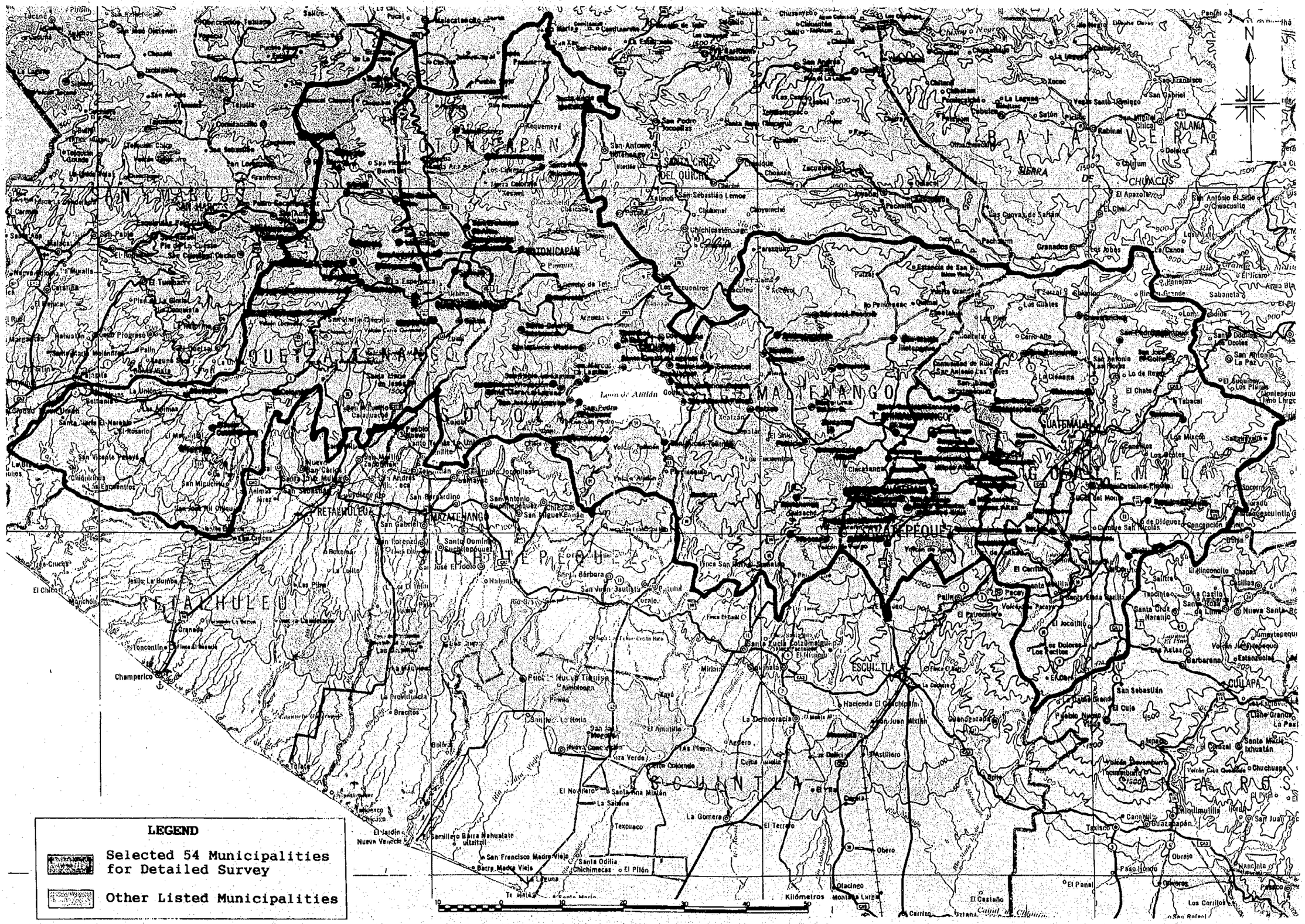
ESTUDIO SOBRE EL DESARROLLO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA

RESUMEN

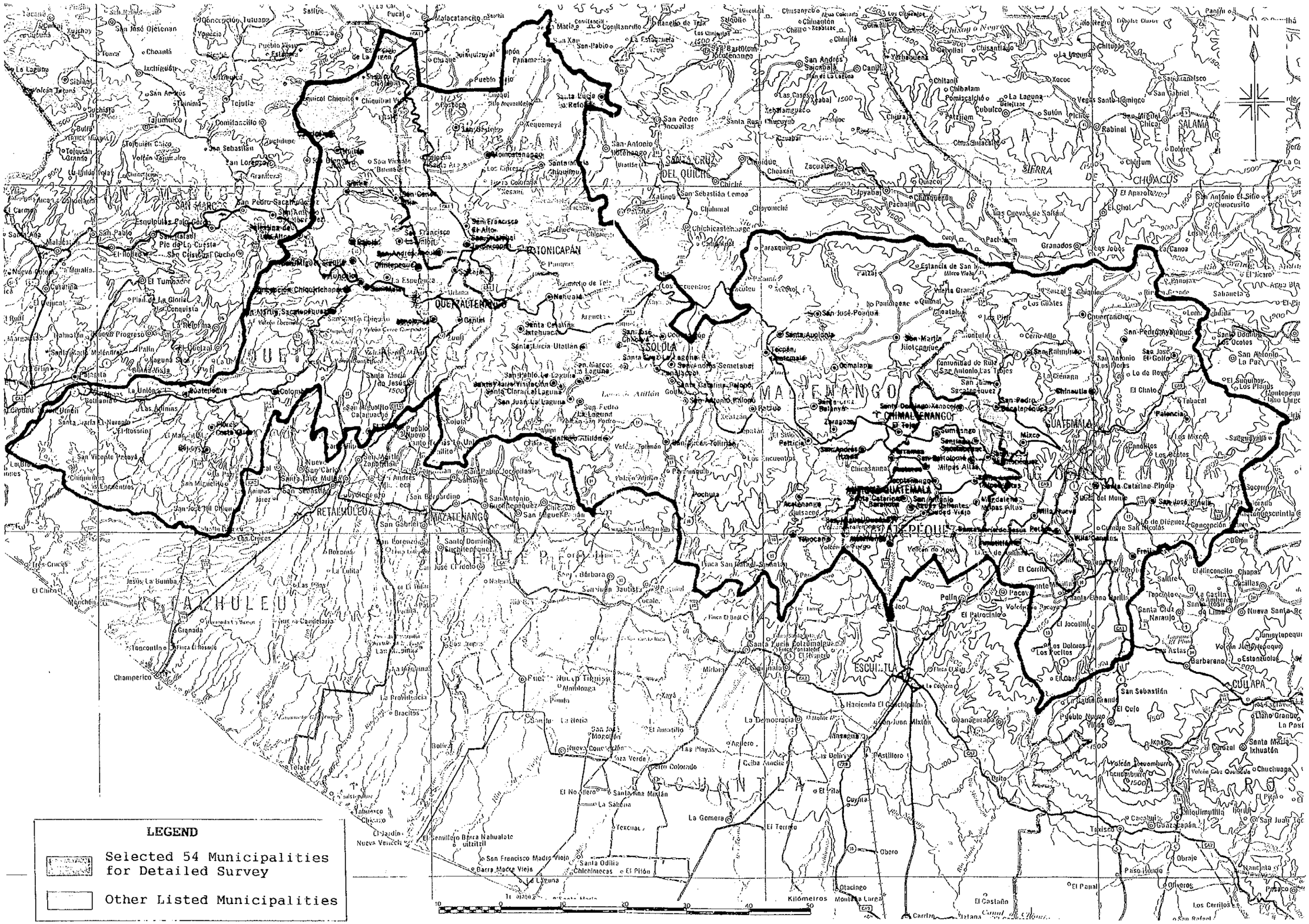
JULIO 1995

KOKUSAI KOGYO CO., LTD., TOKIO

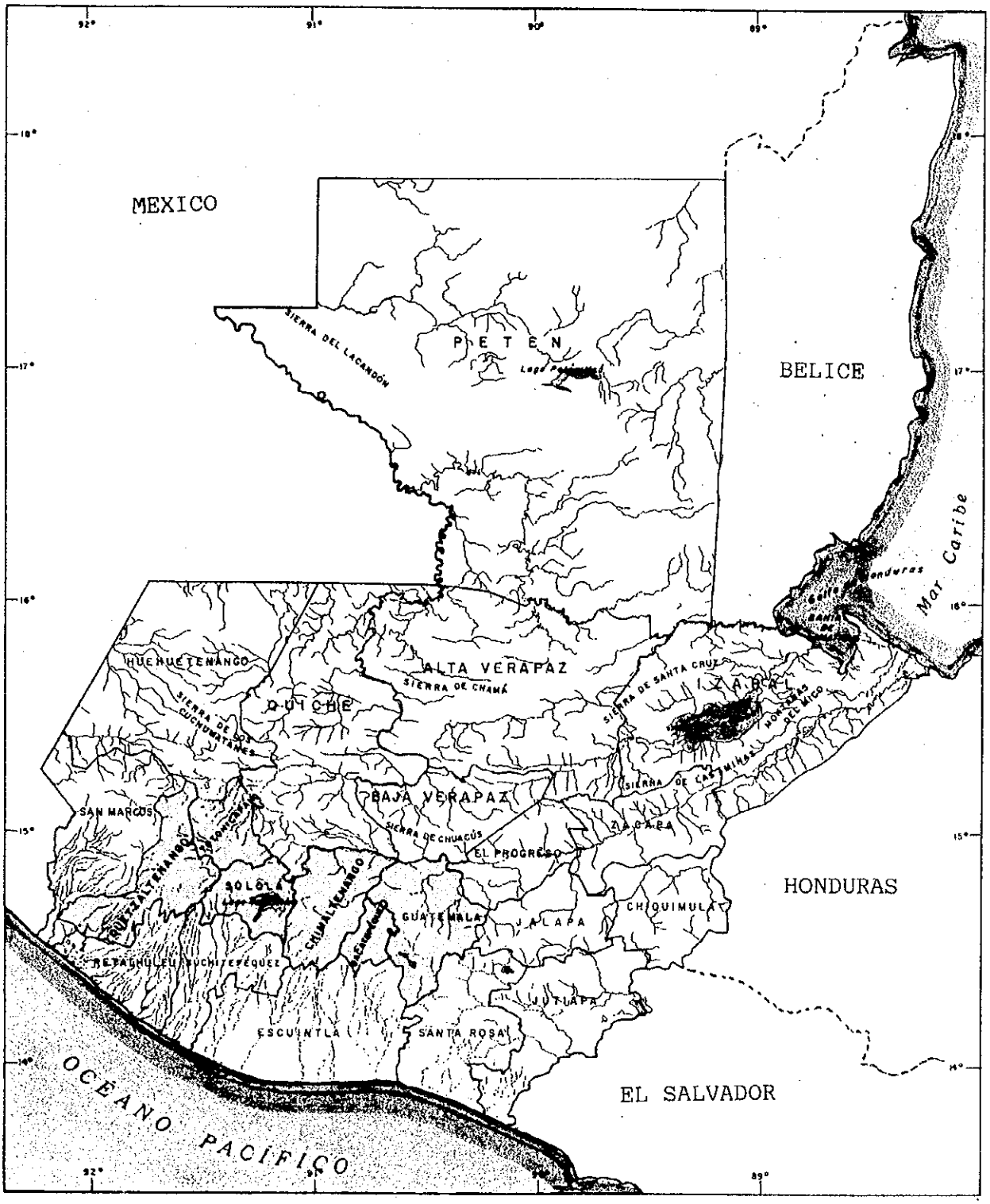
国際協力事業団
28676



Mapa de Ubicación del Area de Estudio



Mapa de Ubicación del Area de Estudio



Area de Estudio

CONTENIDO

Mapa de Ubicación del Area de Estudio

Página

1. INTRODUCCION 1
- 1.1 Generalidades 1
- 1.2 Bosquejo del Proyecto 2
- 1.3 Objetivos del Estudio 3
- 1.4 Area del Estudio 4
- 1.5 Componentes y Secuencia 4
- 1.6 Tecnología Aplicada 8
- 1.7 Equipo de Estudio 10

2. CONDICIONES GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO 15
- 2.1 Condiciones Naturales 15
- 2.2 Condiciones Socioeconómicas 27

3. ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL AREA DE ESTUDIO 58
- 3.1 Organización Administrativa 58
- 3.2 Calidad de Agua 60
- 3.3 Sistema de Abastecimiento de Agua 64
- 3.4 Operación y Mantenimiento de las Instalaciones 68

4 PROYECCION DE LA DEMANDA DE AGUA PARA EL AÑO 2010 76
- 4.1 Municipaios Candidatos para el Estudio Detallado 76
- 4.2 Población Proyectada 77
- 4.3 Demanda de Agua Proyectada 77

5. CATEGORIZACION DE LOS MUNICIPIOS CANDIDATOS PROPUESTOS 87
5.1 Criterios y Procedimientos de Categorización 87
5.2 Clasificación según Características Socioeconómicas 91
5.3 Clasificación según Potencial de Desarrollo de las Fuentes de Agua 92
5.4 Clasificación para la Formulación de Estrategia de Desarrollo de Fuentes de Agua 95
5.5 Priorización de los 10 Municipios para el Estudio de Factibilidad 97

6 ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE FUENTES DE AGUA POR CATEGORIZACION 104
6.1 Utilización de Agua Superficial 104
6.2 Utilización de Manantiales 106
6.3 Desarrollo del Acuífero poco Profundo 108
6.4 Desarrollo de Aguas Subterráneas 109

7. DESARROLLO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS 112
7.1 Estudio Hidrológico 112
7.2 Hidrogeología 133
7.3 Potencial de Desarrollo de Aguas Subterráneas 156

8. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL 165
8.1 Impactos Provocados por Pozos poco Profundos y Manantiales 165
8.2 Impacto Provocado por Aguas Servidas Domésticas 166
8.3 Impacto Provocado por Ruidos, Vibración, etc. de Construcción 169

9. PROYECTO DE SUMINISTRO DE AGUA EN LOS DIEZ MUNICIPIOS 171

9.1 Formulación del Proyecto en los 10 Municipios 171

9.2 Operación y Mantenimiento de las Instalaciones de Suministro.....178

9.3 Evaluación del Proyecto 180

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 196

10.1 Conclusiones 196

10.2 Recomendaciones 201

1. INTRODUCCION

1.1 Generalidades

Este es del Informe Final del "Estudio sobre el Desarrollo de las Aguas Subterráneas en el Altiplano Central de la República de Guatemala" (en adelante, referida como "el Estudio"), que ha sido ejecutado de acuerdo con el Alcance del Trabajo firmado entre el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en septiembre de 1993.

El Area del Estudio cubre seis Departamentos del Altiplano Central de Guatemala, donde se ubican los 96 municipios propuestos como sitios de Estudio.

El presente Estudio se inició en febrero de 1994, y concluyó en junio de 1995 con la entrega del Informe Final. El período del Estudio fue dividido en las dos fases siguientes.

Fase I (de febrero a julio de 1994):

- Categorización de los 96 municipios de acuerdo con la magnitud del déficit en el suministro de agua, condiciones socioeconómicas y disponibilidad de nuevas fuentes de agua

- Planificación preliminar del desarrollo de las fuentes de agua, según categorización

Fase II (de julio de 1994 a junio de 1995):

- Estudio de factibilidad de los 10 municipios prioritarios categorizados principalmente según el potencial del desarrollo de las aguas subterráneas

1.2 Antecedentes del Proyecto

Guatemala se sitúa al sur de la Península de Yucatán en la América Central y tiene una superficie territorial de 108,900 km2. La población total del año 1992 fue estimada en 9.9 millones de habitantes aproximadamente, de los cuales más del 40% se concentra en el "Altiplano Central" que incluye la ciudad capital de Guatemala.

El Altiplano Central ocupa alrededor de la décima parte de la superficie total del país y está compuesto por grupos de cuencas montañosas con elevaciones que oscilan entre los 800 y 2,400 metros sobre el nivel del mar. Esta región es favorecida con un clima y una precipitación anual moderada de 1,000 a 1,500 mm, y ofrece adecuadas condiciones para la producción agrícola y para la convivencia humana, siendo una de las regiones con mayor potencial de desarrollo económico, social y cultural del país.

No obstante, muchos municipios cuentan con un bajo nivel de servicio de suministro de agua, incluyendo las grandes ciudades del Altiplano Central. La cobertura media de los servicios en esta área, a excepción de la ciudad de Guatemala, fue de 69% aproximadamente en el año 1988; con una duración diaria de menos de 12 horas de abastecimiento de agua. Además, las principales fuentes de abastecimiento, que en muchos de los municipios son manantiales, se están haciendo cada vez más insuficientes frente al incremento de la población. En 1993, de los 96 principales

municipios del área, 29 no han recibido el volumen proyectado de 150 litros/hab./día. Es muy probable que para el año 2010, esta cifra se vea incrementada a 42 municipios, en el caso de que no fueran desarrolladas nuevas fuentes de agua. Se espera que las fuentes existentes sean reemplazadas en el futuro por las aguas subterráneas. Sin embargo, el desarrollo de los recursos hídricos subterráneos se encuentra hoy en día frente a una serie de dificultades tanto tecnológicas como financieras, debido a las características topográficas e hidrogeológicas de la región.

Con estos antecedentes, el Gobierno de la República de Guatemala solicitó al Gobierno del Japón, en enero de 1990, su cooperación para formular un plan de desarrollo de las fuentes de agua subterránea.

En respuesta a esta petición, JICA envió a Guatemala en mayo y septiembre de 1993, un equipo de estudio preliminar y formuló el Alcance de Trabajo (S/W) relacionado con la implementación del estudio de desarrollo de las aguas subterráneas.

1.3 Objetivos del Estudio

Los objetivos del presente Estudio fueron los siguientes:

1) Formular un plan de desarrollo de las aguas subterráneas en los municipios candidatos del "Area de Estudio" y categorizar los 96 municipios según su potencial de desarrollo de las fuentes y demanda de agua, así como la situación socioeconómica

2) Formular un plan de suministro de agua y un estudio de factibilidad para los 10 municipios prioritarios

3) Realizar la transferencia tecnológica al personal de contraparte durante la ejecución del Estudio

1.4 Area del Estudio

El Area del Estudio comprende los seis Departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala de la región del Altiplano Central, excluyendo la ciudad de Guatemala.

La Fase I del Estudio abarcó los 96 municipios y sus alrededores indicados en el mapa de ubicación. Mientras tanto, en la Fase II, el estudio fue enfocado particularmente en los 10 municipios prioritarios y se llevó a cabo el estudio de factibilidad.

1.5 Componentes y Secuencia

El objetivo primordial del presente Estudio es formular un plan de desarrollo de los recursos hídricos capaces de satisfacer la demanda creciente de los municipios propuestos. El sistema de suministro actual depende mayormente de las aguas de los manantiales, particularmente, de aquellos situados a una elevación mayor que las áreas de servicio, lo que permite reducir considerablemente los costos de operación y mantenimiento. Sin embargo, estas fuentes han sido completamente explotados, dejando sólo un margen muy reducido para el desarrollo de nuevos manantiales. Por lo tanto, las nuevas fuentes alternativas pueden pensarse en:

- Desarrollo de manantiales ubicados a una cota menor
- Colección de las aguas subterráneas del acuífero poco profundo mediante la construcción de pozos o galerías de infiltración

Sin embargo, existe una serie de dificultades en la explotación, a saber:

- El potencial de desarrollo de nuevas fuentes no siempre es suficiente
- Calidad de agua deteriorada, en particular de las aguas superficiales
- Costos elevados de operación y mantenimiento, en especial, en los sistemas de suministro de agua con bombeo motorizado.

De este modo, la Fase I del presente Estudio fue enfocado en los siguientes 3 grandes componentes.

1) Estudio sobre el desarrollo de las fuentes de agua con énfasis en las aguas subterráneas, incluyendo:
- Hidrogeología
- Meteorología, hidrología y calidad de agua

2) Estudio socioeconómico, incluyendo:
- Demanda de agua
- Sistema de suministro de agua actual y el nivel de servicio
- Ambiente social
- Deseos de la comunidad local por el mejoramiento del servicio y capacidad económica para sufragar los costos de operación y mantenimiento

3) Categorización y priorización de los municipios para la formulación de la estrategia del desarrollo de las fuentes de agua fundamentada sobre los resultados de los dos componentes de estudio mencionados

En la Fase II, por su lado, el estudio de factibilidad para el proyecto de suministro de agua en los 10 municipios seleccionados fue ejecutado incluyendo los 3 siguientes

componentes.

1) Verificación de las condiciones hidrogeológicas a través de las investigaciones hidrológicas e hidrogeológicas detalladas, incluyendo las de perforación exploratoria y prueba de bombeo

2) Diseño de las instalaciones de toma (pozos), conducción y distribución de agua en los 10 municipios, y la formulación de un plan de mejoramiento (del sistema de distribución)

3) Evaluación del proyecto incluyendo la estimación de costos

En la Figura 1.3.1 se muestra el diagrama de flujo de Estudio con los temas del trabajo, mientras que en la Figura 1.3.2 se presenta el cronograma del Estudio.

A continuación se describe a grandes rasgos el avance del Estudio según fases.

Fase I:
La duración fue de 6 meses y medio, entre enero y julio de 1994. Los primeros cuatro meses fueron dedicados a la recopilación y análisis de datos, y estudios detallados de 49 municipios que fueron escogidos de los 96 municipios iniciales en términos de las condiciones socioeconómicas e hidrogeológicas. Se preparó el Informe de Avance (1) y se sostuvo una serie de discusiones en los primeros días del mes de junio en Guatemala.

Los datos e informaciones recolectados fueron llevados al Japón, donde se sometieron al análisis y procesamiento a fin de establecer una estrategia del desarrollo de las fuentes de agua. Se preparó el Informe Intermedio resumiendo los resultados obtenidos y se preparó el plan tentativo para los diez

municipios seleccionados para ejecutar el estudio de factibilidad en la Fase II.

Fase II:

La duración fue de nueve meses y medio, desde julio de 1994 hasta mayo de 1995. Los primeros cinco meses desde julio a diciembre fueron dedicados a realizar las investigaciones hidrológicas e hidrogeológicas para la preparación del mapa hidrogelógico, y a recolectar los datos adicionales necesarios para efectuar el estudio de factibilidad en los 10 municipios seleccionados. El Informe de Avance (2) fue preparado antes de finalizar estos cinco meses.

Después de tres meses de realizar trabajos analíticos en el Japón desde enero de 1995, se preparó el Borrador del Informe Final cubriendo todas las áreas del Estudio. Las conclusiones y los resultados fueron sometidos a consideración de los oficiales guatemaltecos en mayo de 1995.

Entrega del Informe Final:

Dentro de un mes de haber recibido los comentarios de los oficiales del Gobierno de Guatemala sobre el Borrador del Informe Final, fue preparado el Informe Final que fue entregado por JICA al Gobierno de Guatemala a través de los canales diplomáticos. Con esta entrega, se dió por concluido el presente Estudio.

1.6 Tecnología Aplicada

Las siguientes tecnologías fueron aplicadas en el transcurso del presente Estudio.

a. Estudio del potencial de desarrollo de las fuentes de agua (en especial, subterránea)

a-1 Hidrogeología

(Fase I)

- Revisión de los estudios, informes e informaciones geológicas disponibles
- Interpretación de las fotografías aéreas (topografía y geología)
- Reconocimiento geológico del terreno
- Revisión de los registros de perforación existentes (litología y tasas de bombeo)
- Prospección geofísica (sondeo de resistividad eléctrica) para la clasificación de los estratos geológicos y sondeo de profundidad)
- Entrevistas sobre el grado de utilización de las fuentes (manantiales y aguas subterráneas)

(Fase II)

- Reconocimiento hidrogeológico detallado del terreno
- Interpretación de las fotografías aéreas
- Sondeo de resistividad eléctrica
- Prueba de perforación y sondeo geofísico
- Prueba de bombeo para determinar los parámetros hidráulicos de los acuíferos

a-2 Hidrología

(Fase I)

- Recopilación y revisión de los datos meteorológicos
- Recopilación y ordenamiento de los datos de descarga
- Análisis preliminar del balance hídrico según cuencas
- Observaciones de flujos de los ríos para localizar las estaciones de medición de caudal
- Medición de la descarga de los manantiales
- Análisis de la calidad de agua (pH, conductividad eléctrica)

(Fase II)

- Instalación de los medidores automáticos del nivel de agua en los pozos perforados y monitoreo del nivel freático
- Medición de las descargas de los manantiales y de los ríos
- Análisis de la calidad de agua

b. Estudio del medio ambiente social y de las condiciones socioeconómicas en la Fase I

b-1 Medio ambiente social y sistemas existentes de suministro de agua

- Recopilación y revisión de las informaciones de cada municipio
- Distribución y recuperación de los cuestionarios
- Entrevistas sobre el nivel actual de servicio, deseos por el mejoramiento del nivel de servicio y capacidad económica para cubrir los costos de operación y mantenimiento
- Inspección de las instalaciones existentes de toma de agua, conducción, almacenamiento y distribución
- Entrevistas sobre el uso de las aguas (doméstico, agrícola e industrial)

- Estudio sobre los aspectos de saneamiento mediante entrevistas y el análisis de calidad de agua

b-2 Aspectos socioeconómicas
- Recopilación y revisión de las estadísticas financieras
- Entrevistas a las autoridades municipales sobre los asuntos financieros
- Entrevista sobre las industrias y nivel de ingresos en cada municipio, así como la capacidad financiera para pagar la tarifa de servicio de agua

c. Estudio sobre el diseño de los sistemas de suministro de agua en la Fase II
- Estudio sobre el consumo doméstico de agua
- Medición de la producción de agua para el uso doméstico
- Estudio de la topografía y del uso de las tierras a lo largo de las líneas de conducción propuestas
- Capacidad de los tanques de distribución
- Estimación de costos de materiales para la construcción de las instalaciones
- Estimación de costos de construcción, operación y mantenimiento de las instalaciones

1.7 Equipo de Estudio

Con el fin de agilizar el desarrollo del Estudio y realizar efectivamente la transferencia tecnológica, el INFOM organizó un grupo de supervisión y coordinación, y un grupo de la contraparte para formar el "Equipo de Estudio" conjunto INFOM/JICA. El equipo estuvo integrado por los siguientes miembros:

Miembros guatemaltecos:

a) Miembros del grupo de supervisión y coordinación:

Lic. Gustavo Leal	Gerente General del INFOM
Ing. Tofic Abularach	Asesor de la Gerencia
Ing Carlos Salvatierra	Jefe del Depto. de Operación y Mantenimiento
Ing. Ulrich Seifert	Jefe de la Sección de Operación
Ing. Adán Pocasangre	Asesor Técnico

b) Miembros de contraparte:

Ing. Rafael Girón	Coordinador, INFOM
Ing. Nelson Díaz	Ingeniero Civil
Lcda. María del Rosario Alcantara	Bioquímica

Miembros japoneses de JICA:

Ing. Kunio Fujiwara	Jefe del Equipo JICA / Desarrollo de Agua Subterránea
Ing. Atsuo Kanda	Jefe Adjunto / Hidrogeología, Ambiente Natural
Ing. Masatoshi Tanaka	Geofísica / Hidrología A, Perforación Exploratoria A
Ing. Akiko Mukade	Calidad de Agua, Ambiente Sanitario
Ing. Shuji Arakawa	Instalaciones de Suministro de Agua
Ing. Masaharu Kina	Estudio socioeconómico A
Ing. Masaru Obara	Estudio socioeconómico B

Ing. Masayuki Ogata	Perforación Exploratoria B
Ms. Xiomara Yamaguchi	Apoyo Administrativo de la Fase I
Ing. Valerio Gutiérrez	Apoyo Administrativo de la Fase II

Figura 1.3.1 Diagrama de Flujo del Plan de Operación

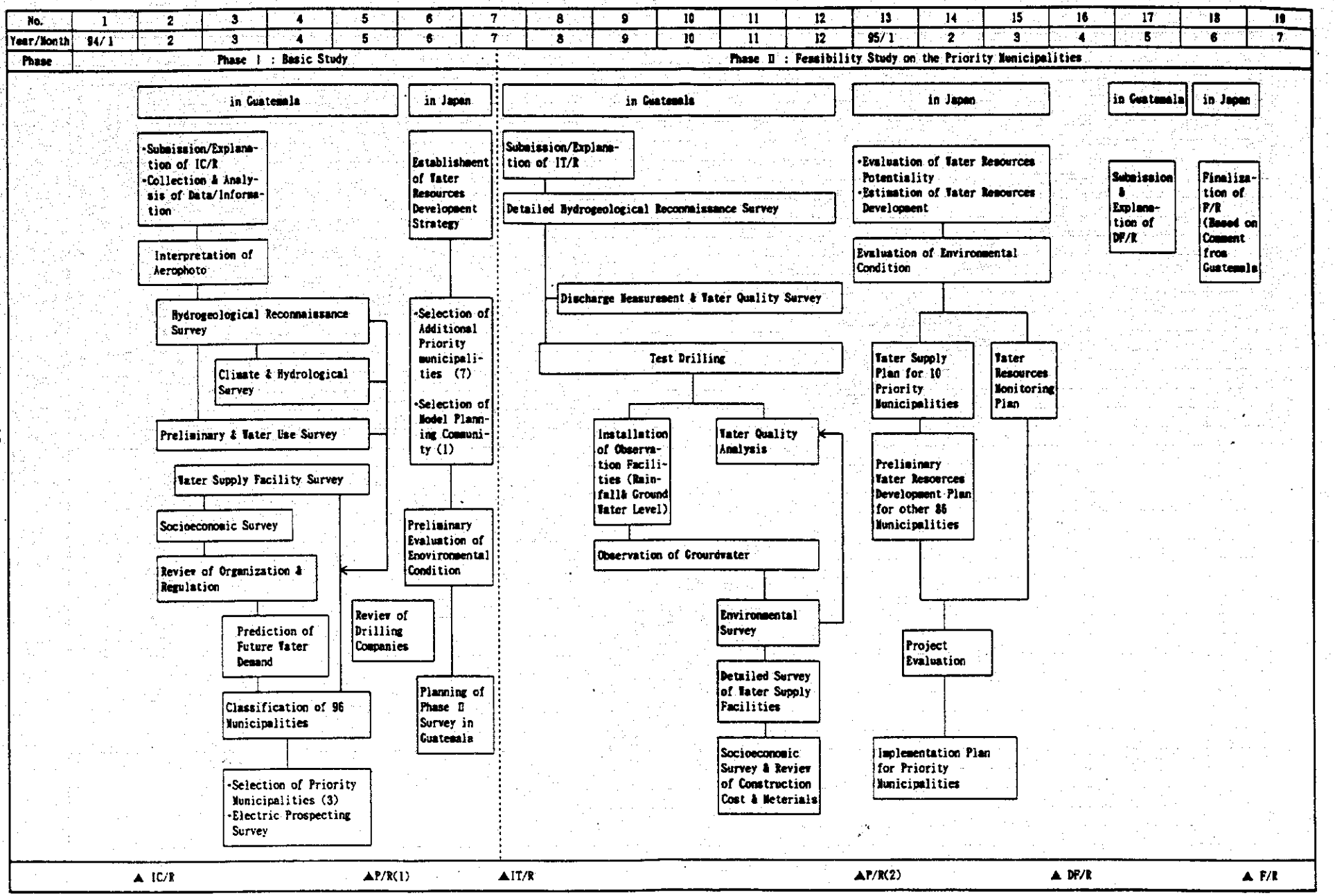
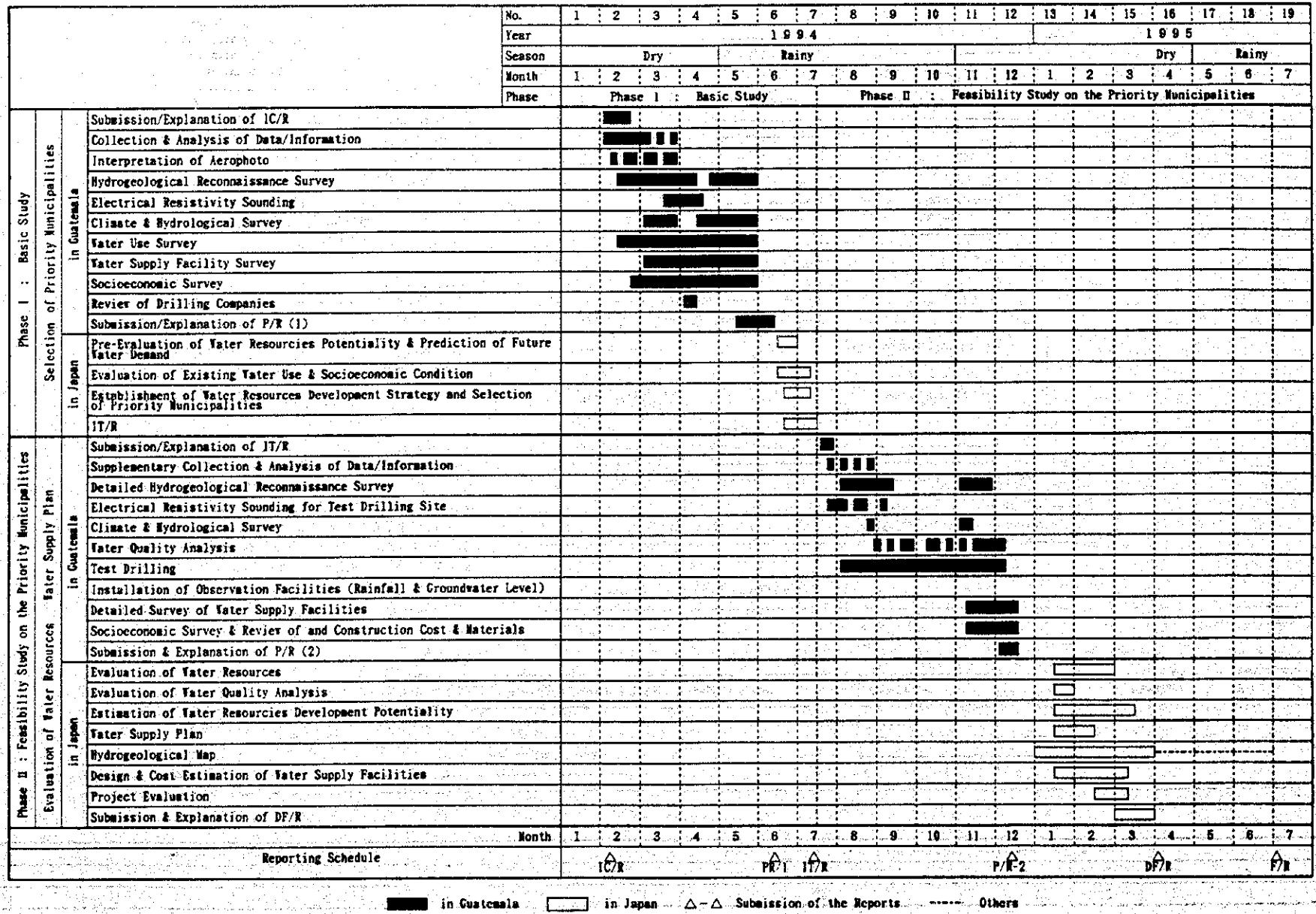


Figura 1.3.2 Cronograma de Actividades



2. CONDICIONES GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Condiciones Naturales

2.1.1 Topografía

Guatemala se localiza aproximadamente entre las latitudes norte 14° y 18°, y longitudes oeste 88° y 92°. Situándose al sur de México y al noroeste de Honduras y El Salvador, sobre el istmo de Centro América, ocupa una superficie de 108,899 km2, entre los Océanos Atlántico y Pacífico.

El territorio nacional se divide en 3 zonas geológicas y geográficas. La llanura costera en la parte sur, el Altiplano Central y la planicie boscosa en el norte. El Area de Estudio está localizada en la parte del Altiplano Central.

El altiplano central ocupa alrededor de una décima parte de la superficie total del país y se compone de la cadena montañosa de la Sierra Madre y los Cuchumatanes con rangos de elevación que oscilan entre 600 metros en el sureste hasta más de 3,000 metros en el noroeste. Estas montañas del altiplano abarcan numerosas cuencas y una cadena de volcanes jóvenes extendiéndose en dirección noroeste-sureste a lo largo de la margen suroeste del Altiplano Central. Los volcanes más altos de la cadena son: Tajumulco (4,220 m., que es el pico más alto en Centro América), Acatenango (de 3,960 m.) y el volcán de Fuego (3,835 m.).

El Area de Estudio está localizada en el suroeste del Altiplano Central, y consiste principalmente de rocas volcánicas del Neogeno y del Cuaternario que cubren un área de 8,658 km2.

El área se divide en 9 principales cuencas de aguas intermontañosas, correspondientes casi a las cuencas subterráneas, las cuales están catalogadas en este estudio como

sigue: (Véase también la Figura 2.1.1)

a) Cuenca del Río Samalá (Quetzaltenango-Totonicapán)
b) Cuenca de los ríos Negro y Chixoy (Totonicapán)
c) Cuenca del Lago de Atitlán (Sololá)
d) Cuenca del Río Coyolate (Chimaltenango)
e) Cuenca del Río Pixcayá (Chimaltenango-Guatemala)
f) Cuenca del Río Guacalate (Sacatepéquez)
g) Cuenca del Río Las Vacas / Lago de Amatitlán (Guatemala)
h) Cuenca del Río Los Plátanos (Guatemala)
i) Cuenca del Río Aguacapa (Guatemala)

Los ríos que drenan desde la zona montañosa central hacia el mar Caribe, tales como el Chixoy o Negro, el Pixcayá, Las Vacas y el Río Los Plátanos, tienen una corriente relativamente lenta, mientras que aquellos que drenan hacia el Océano Pacífico como son el Samala, el Coyolate, el Guacalate y el Aguacapa, son generalmente de flujo rápido.

Los Lagos Atitlán y Amatitlán, que ofrecen hermosos paisajes, son lagos de caldera formados por actividades volcánicas durante el Pleistoceno. El Lago de Atitlán forma una cuenca semicerrada.

2.1.2 Geología

Las principales rocas del Area de Estudio pueden ser clasificadas hidrogeológicamente en 3 grupos: el grupo de basamento, el grupo volcánico terciario y el volcánico cuaternario, en orden ascendente.

El grupo de basamento está constituido por las rocas metamórficas, series de cretáceos y por las rocas intrusivas, y se categoriza hidrogeológicamente como el basamento impermeable de las cuencas de las aguas subterráneas.

Las rocas metamórficas compuestas de filitas y esquistos son probablemente del Paleozoico Superior, y están expuestas, principalmente, en el límite noroeste del Area de Estudio.

La serie del Cretáceo se divide, litológicamente, en 3 subgrupos, a saber: calcáreo inferior, b) volcánico medio (rocas basálticas, y c) clástico superior. El calcáreo inferior consiste en rocas calcáreas y dolomíticas del período Cretáceo Temprano, y ocurre en forma masiva con ligera estratificación. Este subgrupo está parcialmente fallado y fracturado, y forma zonas acuíferas, cuyo grosor puede llegar hasta 500 metros, en algunos lugares. El subgrupo volcánico medio consiste principalmente en lava basáltica fracturada con materiales piroclásticos y su grosor se estima en 350 metros. Finalmente, el subgrupo clástico superior consiste en conglomerados, roca terrosa (gray wacke) y radiolaritas calcáreas, con un grosor estimado de 450 metros. Se considera que éste pertenece al Cretáceo Tardío.

Las rocas intrusivas compuestas de granodiorita, diorita de cuarzo y monzonita de cuarzo se presentan generalmente como cuerpos de rocas masivas. La edad geológica de sus intrusiones, en el Area de Estudio, se considera que es del Cretáceo Tardío o Paleoceno.

El grupo volcánico terciario consta totalmente de materiales volcánicos del Mioceno al Paleoceno, y se divide en 2 subgrupos: el inferior y el superior.

El subgrupo inferior está compuesto, principalmente, de lateritas (traquiandesitas), tobas soldadas dacíticas; mientras que el subgrupo superior consiste en lavas piroclásticas riolíticas, andesíticas a basálticas, lodo volcánico y toba.

El espesor del grupo volcánico terciario es variable dependiendo de su origen en el área de erupción volcánica. Las rocas de este grupo están altamente fracturadas, y forman los acuíferos locales.

El grupo volcánico cuaternario se divide en 3 subgrupos: el volcánico pleistocénico, el volcánico holocénico y el de depósitos aluviales.

El Volcánico del Pleistoceno (Qp) se compone, principalmente, de sedimentos de pómez (tipos piroclásticos de flujos y de caída). Generalmente, estos sedimentos de pómez están solidificados y parcialmente acompañados de depósitos lacustres. La parte principal de las cuencas intermontañosas en el Area de Estudio, está llena de estos sedimentos, que forman las principales capas o estratos del acuífero (acuífero principal).

El Volcánico del Holoceno (Qv), compuesto de flujos de lava, flujos de lodo volcánico (depósitos), tobas, conos y cúpulas, se distribuye a lo largo de la cadena volcánica en dirección NO-SE, cerca de la margen suroeste del Altiplano Central.

Los depósitos aluviales (Qa) yacen principalmente a lo largo de los valles y de las riberas lacustres, y se componen de sedimentos secundarios de los materiales volcánicos ya mencionados.

2.1.3 Clima

El Area de Estudio abarca 6 departamentos, a saber: Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Totonicapán y Quetzaltenango, de este a oeste. La mayor parte del área pertenece al Altiplano Central, con excepción de la parte sur de Quetzaltenango.

La elevación del Altiplano Central varía de 1,500 a 3,000 m.s.n.m. La ciudad de Guatemala se ubica a una altitud de 1,500 m.s.n.m. y Quetzaltenango a 2,500 m.s.n.m. Los municipios del Area de Estudio se clasifican climatológicamente en tierras altas y tropical, según su ubicación.

La temperatura media varía de un mínimo de 18.8°C en enero, hasta un máximo de 22.2°C en abril, según los datos de la Estación Potrero; y de un mínimo de 11°C en enero a un máximo de 14.7°C en mayo en la Estación Labor Ovalle.

Generalmente, los meses de mayo a octubre corresponden a la época de lluvia. Tal como se muestra en la Figura 2.1.2, la precipitación mensual tiene dos picos, (en junio y septiembre). En la mayoría de los municipios candidatos en el Area de Estudio, la precipitación anual varía entre 1,000 y 1,200 mm., con excepción de las áreas del sur de Quetzaltenango, (Colomba, etc.) donde ocurre más de 3,000 mm.

En el siguiente cuadro se resumen la temperatura media, máxima y la mínima, así como la precipitación anual registradas en las cuatro estaciones: INSIVUMEH, Santa Cruz Balanyá, Labor Ovalle y San Jerónimo, que se ubican respectivamente al este, centro, oeste y sur del Area de Estudio.

Estación (m.s.n.m.)	Precipitación anual (mm)	Temp.Media Máxima Mínima(°C)	Temp.(°C) Máxima mensual	Temp.(°C) Mínima mensual
INSIVUMEH Guatemala (1,502)	1,200	18.3 24.4 14.0	19.8 (Abril)	16.5 (Dic.)
Sta. Cruz Balanyá Chimaltenango (2,080)	970	16.3 22.6 9.5	17.8 (Mayo)	14.4 (Enero)
Labor Ovalle, Quetzaltenango (2,380)	840	13.3 21.7 5.8	14.7 (Mayo)	11.0 (Enero)
San Jerónimo, Quetzaltenango (1,000)	3,842	22.9 27.7 18.0	28.5 (Abril)	16.5 (Enero)

2.1.4 Uso de la Tierra

Se estudió el uso actual de las tierras en el Altiplano Central.

Se preparó un mapa de uso de la tierra en el Area de Estudio en base a los datos y los mapas (de escala 1:500,000) proporcionados por IGM y las informaciones recolectadas a través de las encuestas llevadas a cabo por el equipo de estudio.

La superficie total del Area de Estudio se estima en 8,643 km2., que abarcan los departamentos de Guatemala (2,126 km2), Chimaltenango (1,979 km2), Sololá (1,061 km2), Totonicapán (1,061 km2) y Quetzaltenango (1,951 km2).

La tierra se clasifica en las cinco categorías siguientes, según su modalidad de uso:

*	Areas cultivadas:	áreas cultivadas y agrícolas
*	Pastos y matorrales:	incluyendo tierras para pastar, matorrales y arbustos.
*	Area forestal:	bosques, incluyendo vegetación densa y bosques esporádicos
*	Espejos de agua:	lagos, lagunas, estanques, pantanos, etc.
*	Otros:	incluyen áreas arenosas y rocosas

Como se observa en el mapa del uso de la tierra (Fig. 2.1.3), las áreas categorizadas como "pastos y matorrales" son las que predominan en el Area de Estudio (41.9%), a las que les siguen las "áreas cultivadas" (35.6%). El departamento de Guatemala es el que tiene mayor extensión de áreas cultivadas (41.9%), mientras que el departamento con mayor extensión de "pastos y matorrales" es Chimaltenango, con el 25.4%.

En el Cuadro 2.1.1 se resumen las principales categorías del uso de la tierra en cada departamento.

Según el mismo, las tierras agrícolas, pastos y matorrales cubren en conjunto un 77.5% del Area de Estudio, lo que indica que un buen porcentaje de los habitantes locales se dedican esencialmente a la agricultura, y a la ganadería en menor escala.

Debido a la falta de disponibilidad de las informaciones sobre el uso de la tierra a nivel municipal, se decidió omitir el estudio más detallado y se limitó a hacer una breve descripción generalizada de la clasificación de uso de la tierra, como sigue:

Los patrones que rigen el uso de la tierra en casi todos los municipios estudiados (49) son similares, con la excepción de las cabeceras municipales próximos la ciudad de Guatemala, tales como Mixco, Villa Nueva, Santa Catarina Pinula (que se hallan más urbanizadas y ligadas cultural y socioeconómicamente al Area Metropolitana), y parte de los municipios de Villa Canales, Fraijanes y Chinautla. Muchas de las tierras agrícolas están distribuidas en el resto de los municipios.

Las ciudades se caracterizan básicamente por la localización de la "plaza" en su centro, la cual se encuentra rodeada de iglesias, oficinas públicas y algunas tiendas comerciales, asociadas a pequeños edificios, revelando en conjunto una arquitectura colonial y sus patrones de urbanización. Muchas aldeas están diseminadas alrededor de la cabecera municipal.

Generalmente, las áreas que circunscriben las cabeceras municipales están dominadas por tierras agrícolas (mini-fincas), pastos y/o matorrales.

Específicamente, las áreas que rodean las cabeceras municipales de San Juan Sacatepéquez y San Pedro Sacatepéquez en el departamento de Guatemala, se caracterizan por el uso de la tierra en agricultura, en especial en horticultura, de manera muy activa.

Las áreas aledañas al municipio de Almolonga en Quetzaltenango, son zonas más productivas en lo que a verduras se refieren. Estos productos son destinados a los mercados más provechosos en términos de ganancias, como la ciudad de Guatemala o hasta los países vecinos.

El café es otro producto muy importante que se cultiva en las grandes plantaciones que rodean los municipios de Colomba, Flores Costa Cuca y Génova.

Sin embargo, los relieves escarpados y la altura constituyen un obstáculo para ampliar las tierras agrícolas (con excepción de pequeñas fincas) en lugares como Huitán, Palestina de los Altos y Santa Catarina Ixtahuacán, etc.

Por otro lado, las características topográficas del Area de Estudio, en las que predominan las montañas altas, constituyen otro factor limitante para impulsar la urbanización de los municipios. No obstante, las prácticas tradicionales que heredaron los habitantes del Altiplano Central, permitirían continuar expandiendo sus áreas de cultivo.

Cuadro 2.1.1 Uso de la Tierra

Department	Cultivated Area		Pasture and Shrub Area		Forest Area		Wetland Area		Others		Total km²
	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	
Guatemala	1,285	38.0	707	21.6	19	1.2	115	40.4	-	-	2,166
Sacatepéquez	134	3.9	266	8.1	65	4.0	-	-	-	-	465
Chimaltenango	520	15.4	915	27.9	522	32.4	-	-	22	24.4	1,979
Sololá	481	14.2	135	4.1	276	17.1	167	58.6	33	36.7	1,092
Totonicapán	348	10.3	454	13.9	228	14.2	-	-	-	-	1,030
Quetzaltenango	615	18.2	797	24.4	501	31.1	3	1.0	35	38.9	1.951
Total	3,383	100.0	3,274	100.0	1,611	100.0	325	100.0	90	100.0	8,683
%	39.2		37.9		18.6		3.3		1.0		100.0

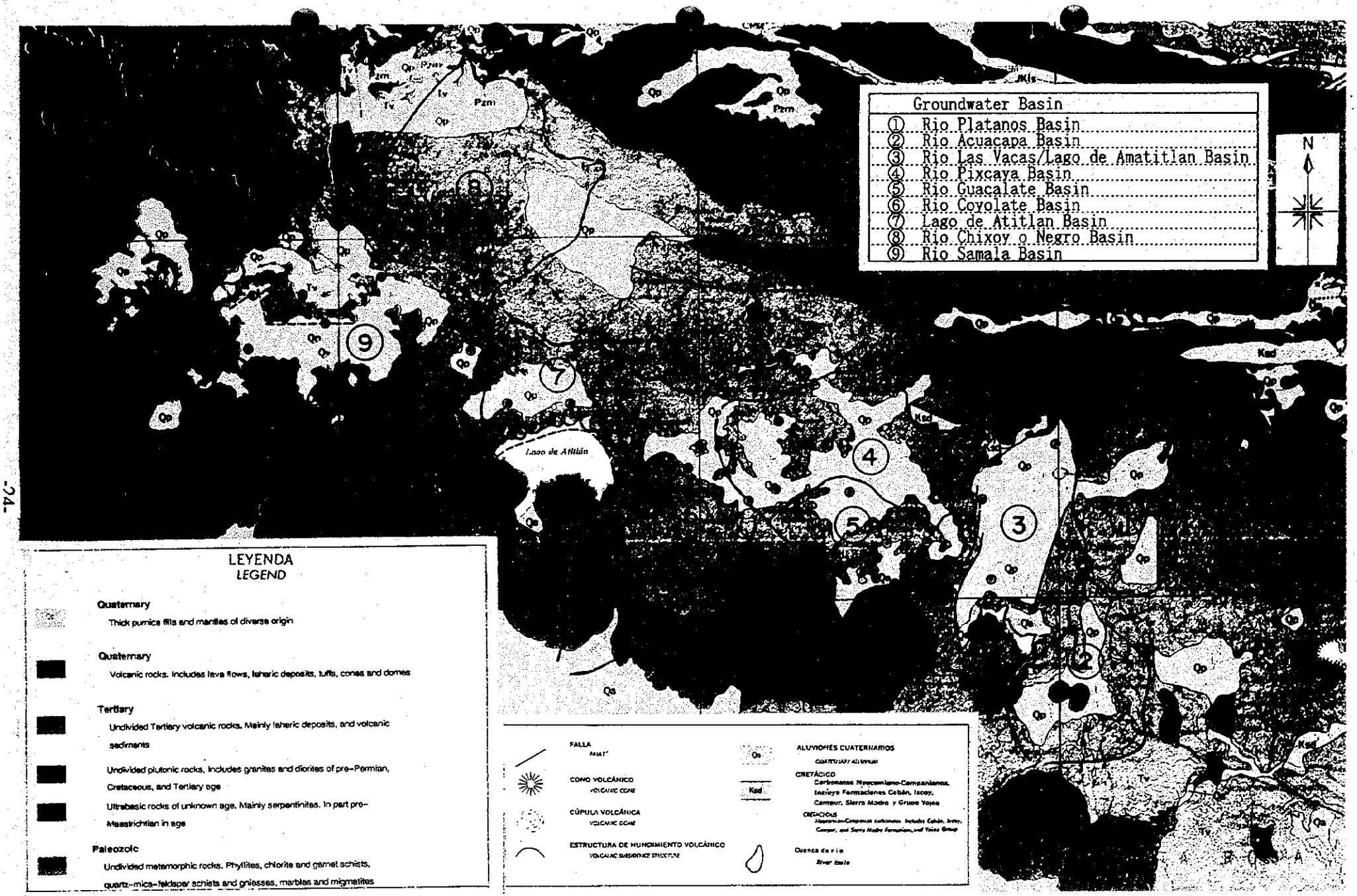


Figura 2.1.1 Mapa Geológico del Area de Estudio

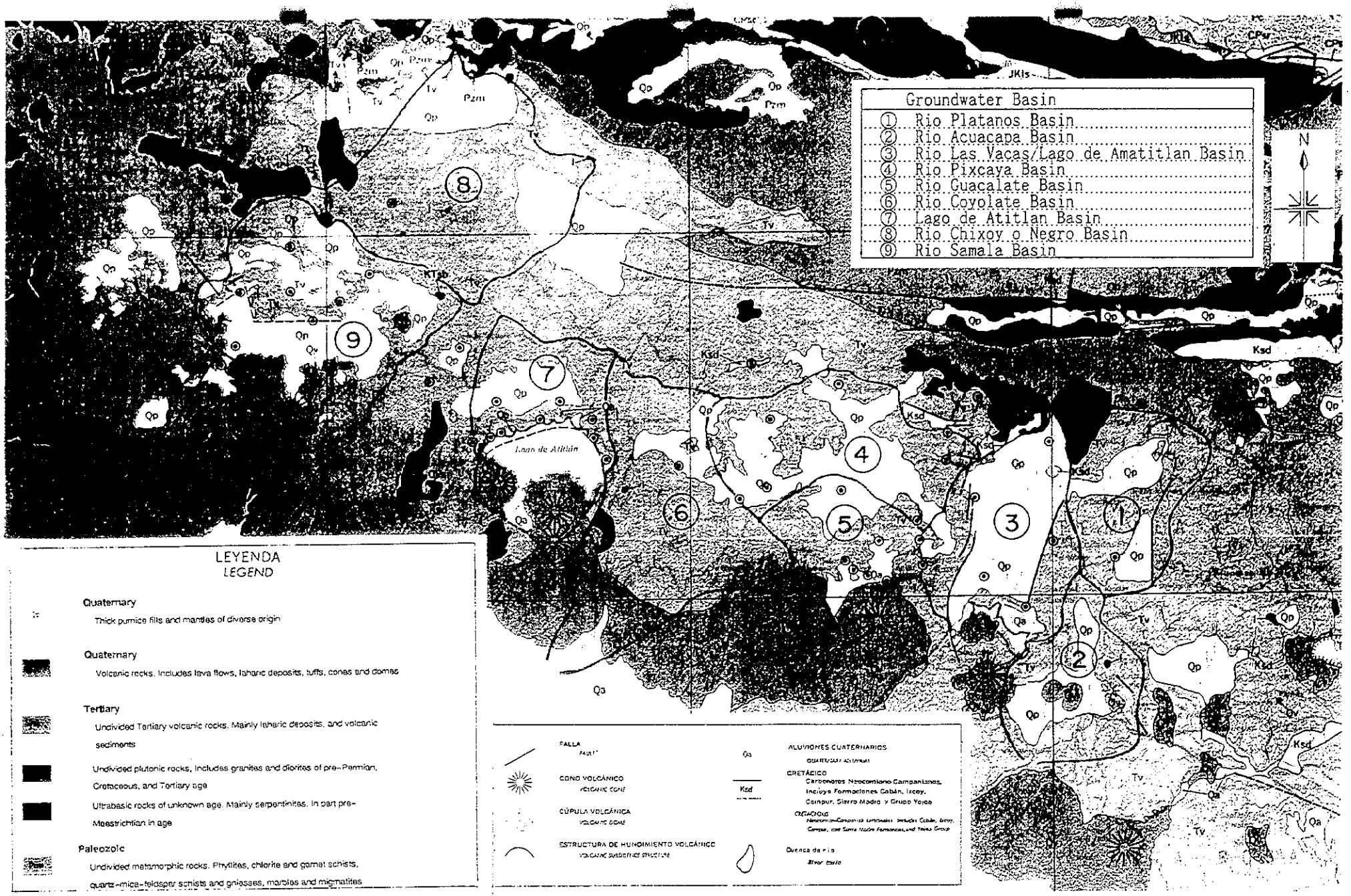


Figura 2.1.1 Mapa Geológico del Area de Estudio

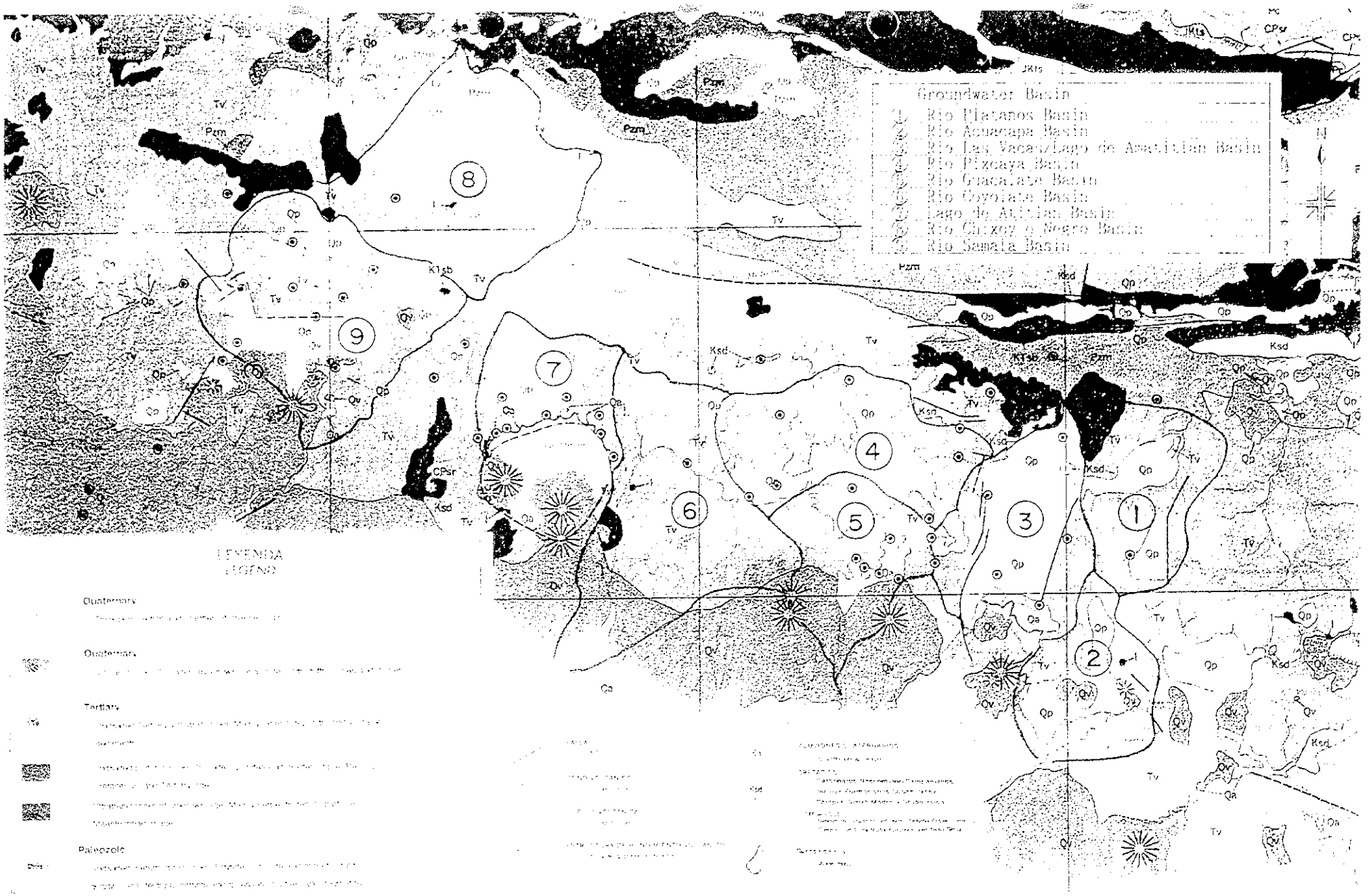


Figura 2.1.1 Mapa Geológico del Area de Estudio

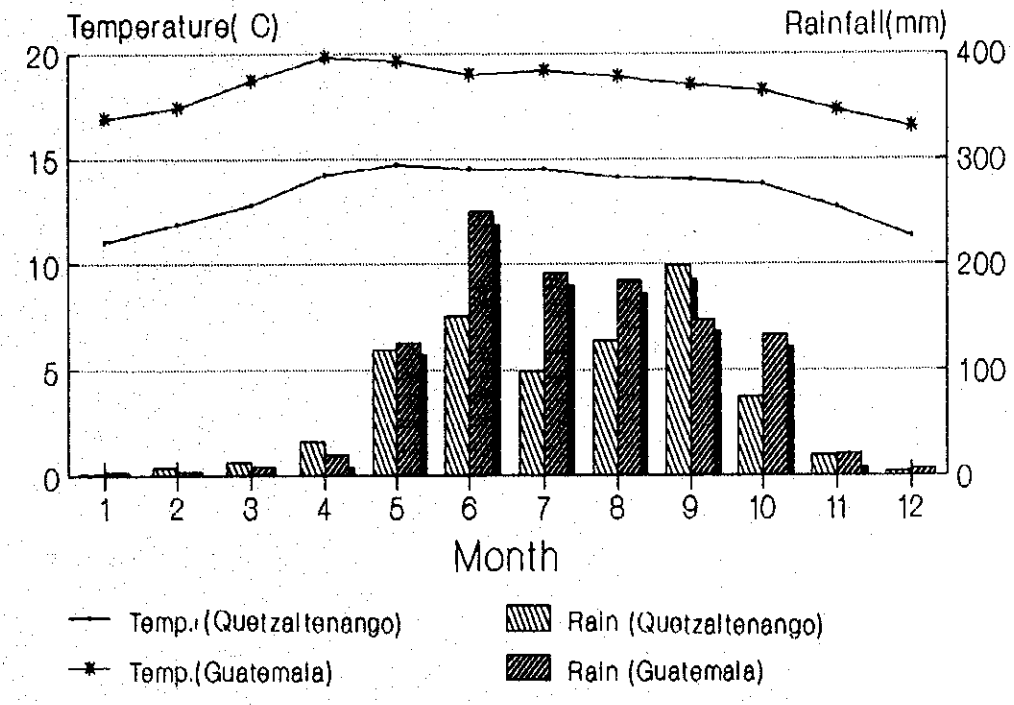


Figura 2.1.2 Precipitación Mensual

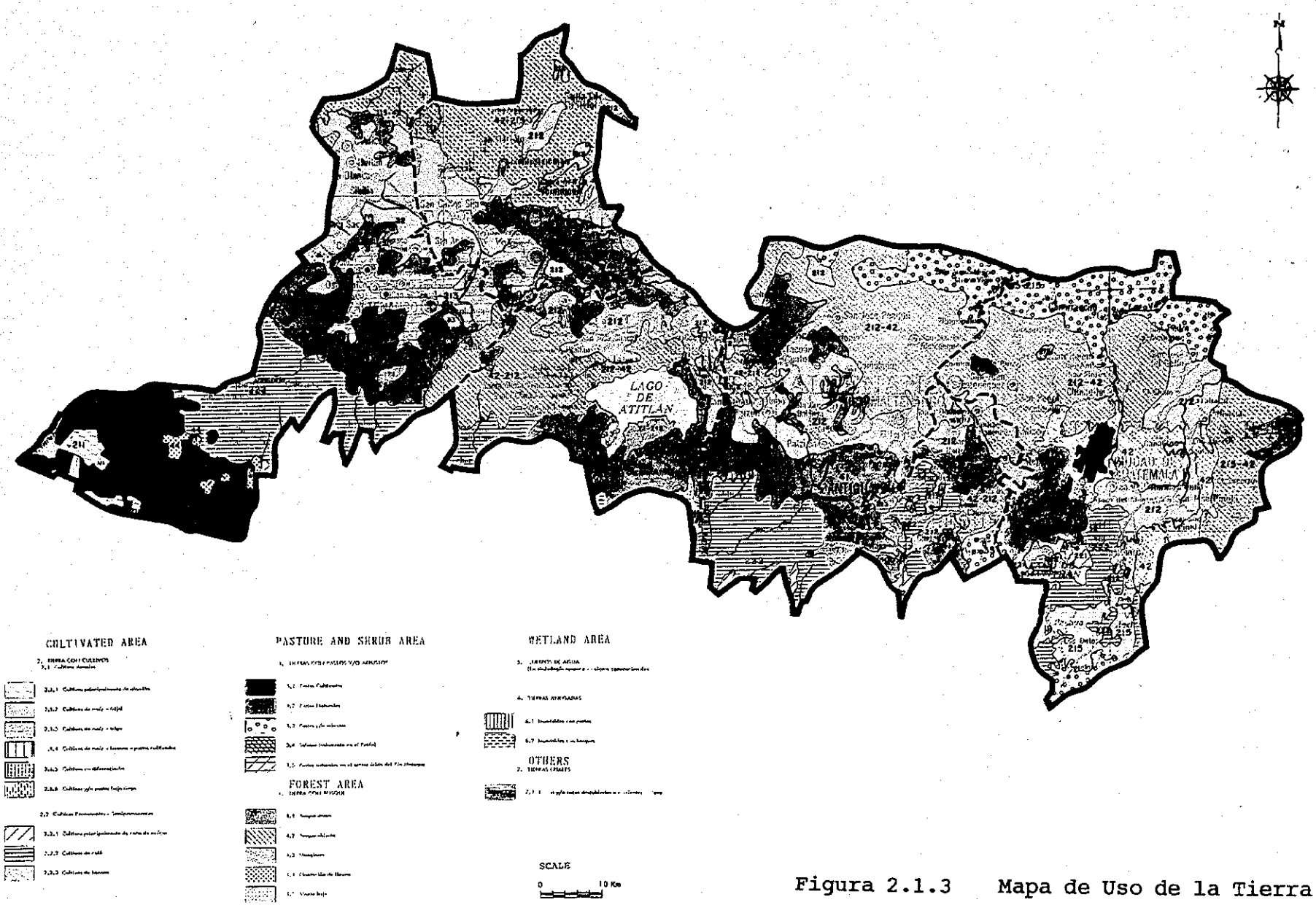


Figura 2.1.3 Mapa de Uso de la Tierra

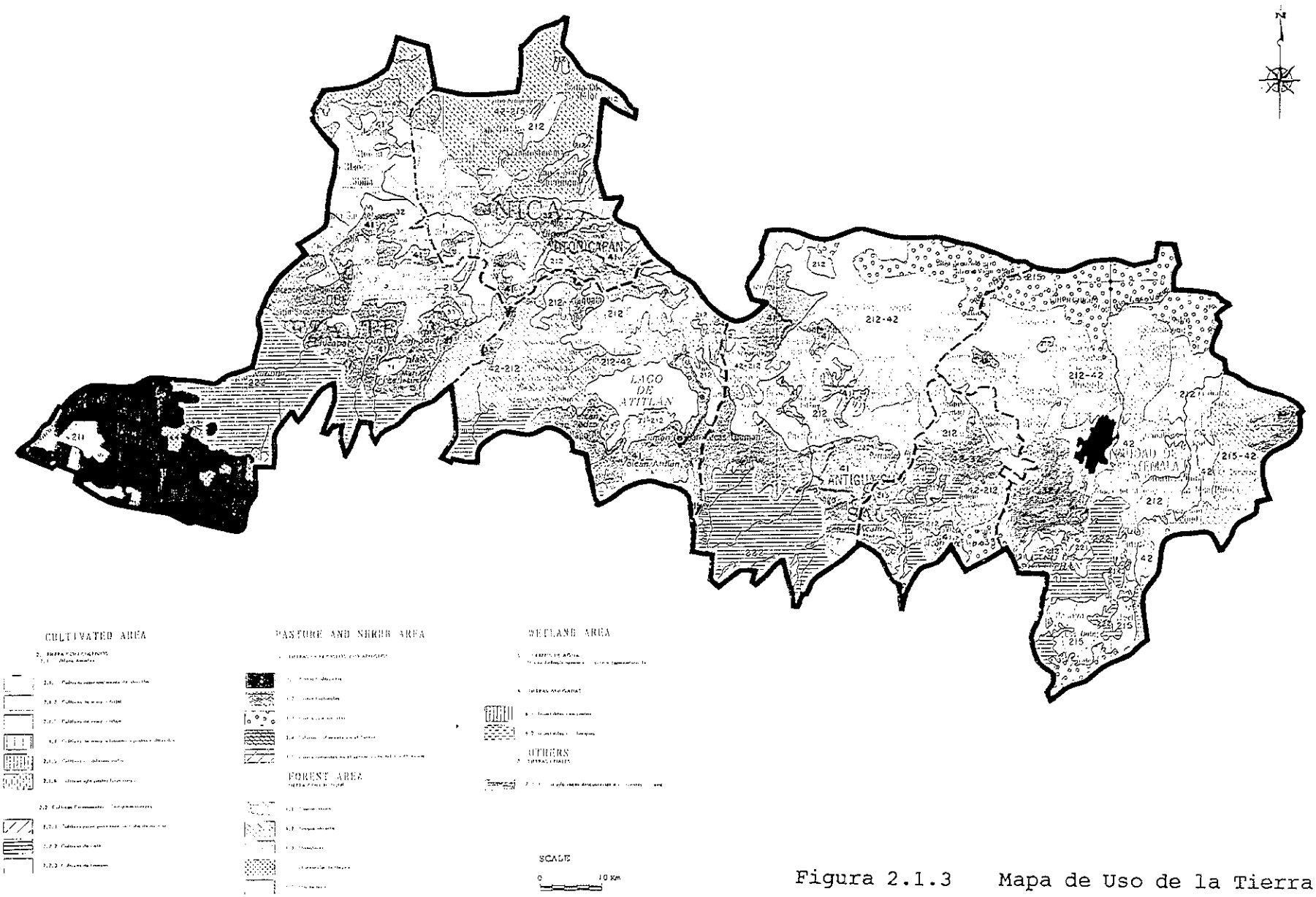


Figura 2.1.3 Mapa de Uso de la Tierra