BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

CICIMAR

RELACION RECURSO AGUA, POBLACION Y CORREDOR TURISTICO DE SAN JOSE DEL CABO, B.C.S., MEXICO.

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA

MARIA **ISABEL PUY Y ALQUIZA**

LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, ABRIL DE 1995

I N D I C E

Página

RESUMEN
AGRADECIMIENTOS
LISTA DE TABLAS
LISTA DE FIGURAS
I.INTRODUCCION 1
a.Ubicación y Vías de acceso 3
b. Justificación 4
c. Antecedentes 5
d. Hipótesis y Objetivo 10
II.MATERIALES Y METODOS 11
a Etapa de Campo 11
b Etapa de Laboratorio 12
c Etapa de Gabinete 13

III.MARCO GEOLOGICO REGIONAL 18
a. Tectónica 18
b. Litología y Estratigrafía 21
c. Geomorfología 24
d. Región del Cabo 25
RESULTADOS
IV. GEOLOGIA 27
a. Litología y Estratigrafía 28
a1. Complejo Igneo Metamórfico 30
a2. Complejo Volcánico 31
a3. Complejo Sedimentario 32
a4. Depósitos Fluviales Cuaternarios 34
b. Geología Estructural 36
c. Geomorfología 39
C1. Cuencas del área de estudio 39
c2. Ordenes de los cauces 42
c3. Densidad de Drenaje 44
c4. Pendiente del terreno 46
c5. Pendiente de los cauces principales 47
c6. Morfología Costera 50

V. HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA 55
a. Precipitación,Temperatura,Evaporación y Vientos 55
b. Clima 62
c. Ciclones 64
d. Suelos y Vegetación 65
d1. Suelos 65
d2. Vegetación 67
e. Agua Superficial 71
f. Tipo de Sedimentos 73
g. Agua Subterránea 75
g1. Recarga 80
g2. Extracción 84
h. Química del Agua Subterránea 89
VI. GEOLOGIA URBANA 95
a. Obras Civiles Desarrolladas 97
b. Sistema de Agua potable 100
c. Sistema de Drenaje 102
d. Asentamientos Humanos 103

Página

VII. MORBILIDAD.....10 6
a. Análisis Bacteriológico.....10 9

VIII. SECTOR PRODUCTIVO.....11 4
a. Agrícola.....1116
b. Ganadero.....12 1
c. Pesquero.....12 2
d. Construcción.....12 4
e. Turismo.....12 5
IX. CONTAMINACION.....13 4
X. DISCUSION.....13 8
XI. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS 14 6
BIBLIOGRAFIA 15 5
GLOSARIO 16 2

LISTA DE TABLAS

Tabla Página

1 Número de enfermos por infecciones intestinales durante 1993 en San José del Cabo 107

2 Cantidad de coliformes totales y fecales, detectados en pozos del Acuífero de San José del Cabo, 1986-1987.110

3 Cantidad de Coliformes Totales y Fecales, detectados en las norias situadas sobre el Cauce del Arroyo San José, durante nov. y dic. de 1993.....113

4 Producción agrícola estacional en el Municipio de Los Cabos durante 1992.....119

5 Cultivos Perennes en el Municipio de Los Cabos en 1992.....120

6 Producción pesquera en el Municipio de Los Cabos,.....123 1992.

7 Proyección del consumo de agua potable en los años, 1988, 1994 y 2000 en el Corredor Turístico de San José del Cabo.....126

LISTA DE FIGURAS

Figuras

1.- Localización del brea de Estudio.

2.- Provincias Fisiográficas del Estado de Baja California Sur, S.P.P. (1984).

3.- Fallamiento Principal, en la porción sur de la Península (Puy Y Alquiza, 1992).

4.- Plano Topográfico del brea de estudio (INEGI, 1981).

5.- Plano Geológico mostrando fallas y rosetas correspondientes a la Cuenca del Arroyo San José (Consejo de Recursos Minerales, 1993).

6.- Distribución Litológica tomando en cuenta el tipo de suelo en la Cuenca del Arroyo San José.

7.- Plano Geomorfológico del Area de Estudio.

8.- Cuencas del Area de Estudio.

9.- Orden de los Cauces en la Cuenca del Arroyo San José.

10.- Densidad de Drenaje en la Cuenca del Arroyo San José.

11.- Pendiente del Terreno en el brea de Estudio.

12.- Características físicas de la Cuenca del Arroyo San José.

13.- Pendiente de Los Cauces Principales de la Cuenca del Arroyo San José.

14.- Perfil del Arroyo San José desde la Sierra San Lorenzo hasta su desembocadura.

15.- Análisis Textura1 de los sedimentos playeros situados en Pta. Sta. Marina, Villa del Mar y Playa Surfos.

CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

16.- Análisis Textura1 de los sedimentos playeros eituadoe en el Estero San José y la Laguna.

17.- Registros anuales de Temperatura y Precipitación de las Estaciones Climatológicas del brea de estudio.

18.- División del area de estudio en Sectores.

19a.- Características Climáticas del área de estudio de noviembre a abril (INEGI, 1984).

19b.- Características Climáticas del area de estudio, de mayo a octubre (INEGI, 1984).

20.- Tipos de Suelo y Vegetación en el área de estudio (INEGI) 1989.

21.- Modelo Geológico-Geofísico del subsuelo del brea de estudio, (ROASA, 1980 y Consultores del agua subterránea, 1988).

22.- Hidrógrafo del Pozo R55.

23.- Hidrógrafo del Pozo R156.

24.- Hidrógrafo del Pozo R154.

25.- Hidrógrafo del Pozo R115.

26.- Precipitación mensual de la Estación Climatológica Caduaño, periodo 1968-1993.

27.- Precipitación mensual de la Estación Climatológica San José, periodo 1968-1993.

28.- Usos del agua en el Municipio de Los Cabos (Gobierno del Estado, 1992).

29.- Análisis Químico de loa Pozos III y IV, en agosto y octubre de 1986.

30.- Análisis Químico de los Pozos III y IV, en diciembre de 1986 y enero 1987.

31.- Análisis Químico de los Pozos III y IV, en mayo y junio de 1987.

32.- Análisis Químico del agua de las porciones NW y SW de la Cuenca en 1988.

33.- Análisis Químico del agua de las porciones Centro y NB de la Cuenca en 1988.

34.- Análisis Químico del agua de la porción SE de la cuenca, en 1988.

35.- Comparación de los Análisis Químicos de los Sectores de la cuenca en el periodo 1986-1988.

36.- a) Esquema mostrando la ruptura de la carretera de Sta. Anita-Corredor Turístico San José en nov de 1993. b) Alcantarillas situadas a lo largo de la Carretera Federal N° 1, cruzando la Ciudad Lineal, que fueron afectadas por las lluvias de nov de 1993.

37.- Localización y distribución de los Acueductos en el Municipio de Los Cabos (FIDALC, 1990).

30.- Usos del Suelo en la Ciudad Lineal (Gobierno del Estado, 1993).

39.- Número de Enfermos a causa de afecciones intestinales en San José del Cabo, durante 1993.

40.- Localización de Colonias con mayor índice de habitantes con afecciones intestinales

41.- Localización de los pozos muestreados para análisis bacteriológico.

42.- Análisis bacteriológico efectuado durante nov. de 1993.

43.- Análisis bacteriológico efectuado durante dic. de 1993.

44.- Ocupación de la Población residente en el Municipio de Los Cabos durante 1992. (Gobierno del Estado, 1992).

45.- Localización de Zonas Ejidales en el Municipio de Loe Cabos.

46.- Población Ganadera en el Municipio de Los Cabos. (Gobierno del Estado, 1992).

47.- Tipo de Vivienda en la Ciudad Lineal (Gobierno del Estado, 1992).

48.- Localización de Zonas Turísticas en el Municipio de Los Cabos.

49.- Relación paisaje-Recursos Naturales-Población-Actividades Productivas, Actividades a realizar (_ _ _).

RESUMEN

El Corredor Turístico de San José del Cabo se encuentra ubicado en el extremo sur de la Península de Baja California. Su existencia está supeditada, principalmente, a la cantidad de agua disponible en la Cuenca del Arroyo San José del Cabo.

El desarrollo turístico al no haber sido planeado adecuadamente, provocó una serie de problemas, sobre la población, tanto sociales como urbanos, son de mencionar la falta de drenaje y de agua potable, que afectan gravemente a la salud pública.

El hecho de llevar a cabo un desarrollo sin el apoyo apropiado, como estudios hidrológicos ambientales, ha producido una serie de problemas relacionados con la naturaleza de la cuenca debido a que los arroyos del área han sido modificados a causa de la construcción de carreteras perpendiculares a los mismos, o a la mala ubicación de asentamientos humanos. En la temporada de lluvias dichos arroyos se activan y afectan a las obras urbanas situadas en o cerca de sus lechos y ademas contaminan el agua de norias y pozos al arrastrar bacterias patógenas de focos contaminantes.

La recarga del acuífero está supeditada a la temporada de lluvias, y la respuesta a la recarga no es mayor a 1 0 2 meses. El efecto a la recarga es acumulativo, y la respuesta de la misma es rápida, pero el efecto total se hace notar hasta después de cuatro meses.

La lluvia, un elemento vital para la recarga del acuífero, en acción con las características físicas de la cuenca produce escurrimientos e infiltraciones que son un potencial peligro para la calidad del agua de los acuíferos debido a la lixiviación de contaminantes, en relación a la mala ubicación de servicios, como el basurero y fosas sépticas.

ABSTRACT

The San Jose del Cabo touristic corridor is **located** at the southern end of the Baja California Peninsula.

It is presence is determined by the amount of water available in the San José del Cabo basin.

As a result, a large touristic development is being established, which has not been well planned, causing a variety of social and urban problems including the lack of a sewage system and potable water, both of which have the potential to seriously affect public health.

Development without appropriate research, such as environmental-hydrological studies and planning has caused some problems which are related to the nature of the basin. The dry washes (arroyos) of the area have been modified due to the construction of roads perpendicular to them or to the establishment of human seltlements in them. During the rainy season the washes 'áre active and try to conserve their direction, affecting the developed areas located close to or withim the washes, and this is dangerous to the norias and well water because the arroyos transport pathogenic bacterias.

The aquifer recharge is determinated by the rain, and the recharge time is of 1 to 2 months, the recharge effects is acumulative and the answer is quick, but the total efect of recharge is know after four months.

The rain is a vital element for aquifer recharge, of rain with the fisical basin characteristic to produce drainage and infiltration, there are potential dangerous for the wells water quality, due to washes contaminants in relation to the poorly serviced establishment which are the garbage dumps.

CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I. P. N.
DONATIVO

1. INTRODUCCION

Durante los últimos veinte años, en la porción sur de Baja California, se ha llevado a cabo un gran desarrollo turístico, principalmente hotelero; esto ha ocasionado problemas, como un mal asentamiento de colonias que carecen de los principales servicios, así como una sobreexplotación del recurso agua. Para mitigar la problemática causada deben de realizarse estudios hidrogeológicos ambientales, entre otros, que permitan conocer la naturaleza del lugar y puedan señalar las zonas aptas a desarrollar, sin que la naturaleza del lugar afecte a la actividad humana, ni que el desarrollo afecte a las condiciones naturales del lugar.

El desarrollo turístico se ha efectuado a lo largo del litoral de la porción sur de la península, a todo lo ancho de la porción costera que va desde Cabo San Lucas a San José y se denomina Corredor Turístico San José- Cabo San Lucas. Este a su vez, se divide en dos partes: el Corredor Turístico de Cabo San Lucas y el de San José del Cabo, con una longitud aproximada de 24.6 Km; y es este último sobre el cual recae el interés del estudio.

La Región del Corredor de los Cabos es vulnerable al impacto de fenómenos meteorológicos como los ciclones, que causan inundaciones, deslaves, incomunicación de poblados, rupturas de lineas de comunicación, y de líneas de abastecimiento, de agua potable, etc.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

Además, como el aumento en la población, debido al desarrollo turístico, puede llegar a provocar una sobreexplotación y contaminación de los acuíferos de la región, es conveniente y necesaria la ejecución de estudios para conocer la naturaleza del suelo, la capacidad de almacenamiento de agua del subsuelo, el régimen fluvial de los arroyos y, la ubicación y construcción de obras de protección, entre otros.

Para los fines que persigue este trabajo, la información se maneja en dos escalas: micro y macro. La escala micro es utilizada en los capítulos donde son abordados temas específicos referentes al Corredor Turístico de San José del Cabo, en tanto que el resto del trabajo es desarrollado en base a la escala macro, que atiende a la Cuenca del Arroyo San José, íntimamente conectada al complejo turístico.

a. Ubicación y Vías **de acceso.-**

El área de estudio se localiza en el extremo sur de la Península de Baja California. Su ubicación geográfica está comprendida entre los meridianos 109° 33' y 110° OO' longitud oeste y entre los paralelos 22° 58' y 23° 28' de latitud norte. El área de trabajo incluye: parte de la zona costera del extremo sur de la Península; la Cuenca del Arroyo San José, cuyos límites van del poblado de San José hasta el poblado de Miraflores, aproximadamente; y también considera las subcuencas del Arroyo El Carrizal y el Arroyo Cerro Blanco, que colindan con la porción sur de la Cuenca del Arroyo San José (Fig. 1).

El acceso al área puede ser por vía terrestre, por medio de la Carretera Federal No 1, tramo La Paz-Cabo San Lucas, que pasa por San Bartolo, o por la Carretera Federal N° 9 que pasa por Todos Santos (vía corta); por vía aérea se llega al Aeropuerto Internacional de Los Cabos, y de ahí se toma la Carretera al Sur que conduce al Corredor; por vía marítima es posible partir de la marina de Cabo San Lucas (Fig. 1).

En los ochentas existía una ruta marítima que permitía viajar de Puerto Vallarta a Cabo San Lucas, pero a finales de los ochentas dicha ruta dejó de funcionar; provocando en cierta forma que el turismo nacional disminuyera en el área, ya que este medio era más económico que por aire.

b. JUSTIFICACION

Este trabajo de investigación fue elaborado tomando en cuenta la situación existente en la Cuenca del Arroyo San José. Ya que el desarrollo urbano, producto del desarrollo turístico en el área, ha generado obras, que de una u otra forma alteran la naturaleza del lugar. Estas obras, como la carretera de cuatro carriles, y algunas colonias creadas sobre los cauces de los tributarios del Arroyo San José, modifican las condiciones o naturaleza del lugar y propicia que en la temporada de ciclones los arroyos destruyan las obras que fueron construidas sobre ellos o en sus vecindades. El acelerado crecimiento poblacional, ligado al desarrollo turístico, demanda servicios básicos, como son alcantarillado y sistema de agua potable, los cuales son insuficientes en el área de San José del Cabo. Esto provoca contaminación en las norias del lugar, en el Estero San José y porción costera, altera el habitat de numerosos seres vivos desde aves hasta plantas y termina por afectar la salud de sus moradores.

Asímismo, el hecho de impulsar sólo al turismo ha provocado que la mayor parte de la economía del Municipio de Los Cabos esté supeditada a las altas o bajas del turismo, no sólo nacional sino internacional. Sin embargo, bien pueden desarrollarse otras actividades que generen buenos ingresos sin necesidad de que la economía del lugar recaiga fundamentalmente en una sola actividad.

Es por ello que en este estudio se trata de mostrar hasta qué grado es modificado el medio ambiente y la naturaleza de la Cuenca del Arroyo San José en base al desarrollo suscitado en el área, así como las consecuencias que éste ha traído. Para ello fueron recopilados datos en el campo y provenientes de diversas fuentes de información, para llegar a conocer y detectar los problemas del área de interés.

c. ANTECEDENTES

El área de estudio inicia su contacto con el mundo occidental por medio de los padres misioneros Jesuitas, que vinieron a catequizar a los grupos indígenas de la Península de Baja California.

En 1730 fue fundada la Misión de San José del Cabo por el Padre José Echeverría y el Padre Jesuíta Nicolás Tamaral. El nombre fue otorgado en honor al Marqués de Villa Puente, Don José de la Fuente Peña y Castrejón.

En 1822, en el poblado de San José del Cabo se jura y proclama por segunda vez la independencia de México en el Territorio de Baja California.

El actual casco urbano y las áreas adyacentes pertenecieron a los primeros colonizadores de la región, quienes fueron adquiriendo el suelo paulatinamente en base a la ocupación; fue la familia González Ceseña y descendientes quienes ocuparon la mayor parte del área (SEDUE, 1978).

En 1903, el gobierno del territorio asigna 90 has. en el fundo de San José y posteriormente en 1923 se crea el Ejido San José por Resolución Presidencial; la cual ordena la dotación de 12,000 has. a 1000 campesinos. Sin embargo, aunque la repartición de tierras se dió en 1937 no fue hasta 1946 que en la Asamblea de Ejidatarios se leyó la resolución Presidencial.

El Gobierno Federal emitió decretos para expropiar terrenos ejidales en 1974 a causa de que fue visualizado un proyecto turístico en la región desde 1969. En 1978, se firmó el contrato de fideicomiso de San José del Cabo con la Participación de FONATUR y otras instituciones como CORETT (FONATUR, 1982).

La posesión de la tierra en el área se regularizó a fin de proporcionar a sus propietarios seguridad, facilitar un asentamiento urbano regular y permitir también la ejecución de las obras planeadas. Esta regularización fue hecha en coordinación con la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT), y se llevó a cabo respetando los derechos que le correspondían a los campesinos avecindados en la localidad (FONATUR, 1982).

El Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), nace en 1974 de la fusión de los fideicomisos: 1.- Fondo de Promoción de Infraestructura Turística (INFRATUR) y 2.- Fondo de Garantía y Fomento al Turísmo (FOGATUR), con el objetivo de asesorar, desarrollar y financiar planes y programas de fomento al turismo. El Ejecutivo Federal señaló a Nacional Financiera S.A., como institución financiera y así FONATUR inició sus operaciones en

abril de 1974 (FONATUR, 1982).

En 1974, FONATUR realizó estudios preliminares analizando y seleccionando los sitios con potencial de desarrollo turístico (San José del Cabo y Loreto). Una vez localizadas las zonas, se efectuaron estudios básicos, como: elaboración de planos de restitución aerofotogramétrica, estudios geológicos y encuestas para la obtención de datos socioeconómicos de las localidades. En San José del Cabo se destinó un área de 1953 has, para llevar a cabo el desarrollo turístico (FONATUR, 1982).

El Plan Maestro elaborado para el proyecto incluyó: desarrollo de zonas hoteleras y condominales, lotes residenciales y urbanos, playas recreativas, campos de golf, remodelación y equipamiento urbano. El desarrolló se dividió en dos etapas, una para 1990 y otra para el año 2000 (FONATUR, 1982).

En 1981 es cuando el Congreso Estatal aprueba la creación del Municipio de Los Cabos, y en 1982 se adopta el escudo que identifica al municipio.

Durante la década de los setentas se dió impulso a una gran inversión, con el objeto de fomentar el turismo en la región de Los Cabos, B.C.S., y debido a esto fueron construídos grandes hoteles sobre la zona costera. Es en los noventas cuando se aprecia el incremento de la población debido al desarrollo hotelero y a raíz de esto los trabajadores inmigrados fueron instalándose en zonas aledañas al corredor turístico y sobre los cauces de los arroyos. Esto propició, entre otros problemas, la falta de drenaje y de agua potable, lo cual ha afectado gravemente a la salud pública. El

proceso de Urbanización en el Municipio de Los Cabos, sobre todo en la zona de Cabo San Lucas, se desarrolló durante cierto tiempo al margen de un sistema de planeación, no así la zona de San José del Cabo, la cual sufrió los cambios en forma lenta y desordenada, culminando el proceso con el desarrollo de la zona turística y habitacional de Fonatur.

A raíz del desarrollo turístico de San José del Cabo surgieron algunos trabajos geohidrológicos realizados por: INGESA, compañía que llevó a cabo un estudio fotogeológico de las Cuencas de los Arroyos Santiago y San José del Cabo durante 1968; Técnicas Modernas de Ingeniería (TMI), compañía que en 1974 realizó un estudio Geohidrológico del Valle, basado en gran parte en la información recabada por INGESA; ROASA, fue una compañía que en 1980 efectuó una serie de estudios geofísicos, geológicos e hidrogeológicos de la Cuenca del Arroyo San José, con la finalidad de cuantificar el recurso agua de la zona, y para ello construyeron pozos exploratorios y analizaron químicamente dicho recurso. Otra compañía es Consultores del Agua Subterránea, quienes en 1988 desarrollaron un estudio hidrológico en el área de la cuencas de Santiago y de San José.

Asímismo, el Gobierno del Estado de Baja California Sur, en 1992, realizó un estudio socioeconómico del **Municipio** de Los Cabos, que considera las actividades de desarrollo con base a la cantidad de agua empleada para cada actividad.

La Dirección de Planeación Urbana y Regional (posteriormente llamada SEDUE) durante el periodo 1970 a 1978 establece las zonas factibles para el desarrollo turístico en el Municipio de San José del Cabo, así como para zonas agrícolas, ganaderas e industriales.

Finalmente SEDESOL en 1993 empieza a trabajar con el Plan de Reordenamiento Ecológico para la zona de Los Cabos.

d. HIPOTESIS Y OBJETIVO

La hipótesis de este trabajo es la siguiente: El desarrollo turístico-urbano de la Región de Los Cabos, que incluye al Corredor Turístico de Los Cabos, se ha hecho sin una planeación integral, que considere a las caracteristicas de la cuenca hidrológica.

La naturaleza de la cuenca puede constituir una seria amenaza para los habitantes de la región, debido a sus características físicas. Además, continuar el desarrollo turistico y de asentamientos humanos en el área sin un buen estudio de prospección, planeación y manejo de los recursos de la cuenca hidrológica más que benéfico puede ser perjudicial para sus moradores.

El objetivo general que se planteó para este trabajo fue:

- Evaluar el impacto que ha provocado el desarrollo turistico urbano en la región, el cual provoca uncrecimiento urbano desordenado que interfiere en gran medida con la naturaleza del lugar sobre todo en temporada de lluvias, y que además de daños materiales altera la calidad del recurso agua, lo cual provoca afecciones en la población.

Lo cual hizo necesario conocer las caracteristicas físicas de la Cuenca del Arroyo San José y del lugar en donde se lleva a cabo el desarrollo urbano, y tomar en cuenta a los asentamientos humanos situados en lugares donde suelen ocurrrir inundaciones, derrumbes y problemas-de afecciones intestinales.

II. MATERIALES Y METODOS

La metodologia utilizada durante el desarrollo de este trabajo fue dividida en tres etapas, las cuales son descritas a continuación:

a. Etapa de Campo.-

La etapa de campo comprende la toma de datos relevantes en el área de estudio. La cual fue realizada durante enero y diciembre de 1993. Cinco de las salidas al área de estudio fueron para obtener datos litológicos y estructurales, apoyadas con una brújula Brunton; tambien se observaron aspectos litológicos y geomorfológicos, esta información fue vaciada en un plano topográfico, escala 1:250,000.

En otras dos salidas se tomaron en total 16 muestras de agua dulce para determinar la calidad del agua en la zona, las muestras fueron tomadas con frascos de vidrio previamente esterilizados, las cuales contenían un volúmen de 100 ml de muestra; éstas fueron conservadas en hielo hasta su llegada al laboratorio, en el cual fueron mantenidas a 4°C hasta su procesamiento.

Una salida fue exclusiva para detectar las obras civiles-urbanas construidas en lugares vulnerabies a escurrimientos fluviales. Las cuales fueron ubicadas con un posicionador de satélite digital Magallar, con precisión de milésimas de minuto, y la información fue vaciada a un plano topográfico, escala 1:250,000.

El personal de CICIMAR realizó levantamientos de perfiles de playa, usando: baliza, estadal, tránsito y cinta de 50 m; y tomó muestras de sedimento de las playas del área de estudio, en la cara de la playa y en la zona de mar somero también se tomaron muestras de sedimento sobre el cauce de los arroyos principales del área de estudio.

Durante el mes de marzo de 1993, fueron recopilados los datos de pacientes que presentaron cuadros de infecciones intestinales, procedentes de San José del Cabo, los cuales fueron atendidos en el Hospital del Seguro Social de La Ciudad de La Paz (órgano central estatal), este muestreo se realizó con el objeto de encontrar alguna relación entre la incidencia de enfermos y la temporada de lluvias; con base a estos se hicieron tres salidas al Hospital del Seguro Social de San José del Cabo y ahí se obtuvo la dirección de los enfermos.

b. Etapa de **laboratorio.-**

Esta etapa corresponde al análisis de las muestras de agua y sedimentos obtenidas en las salidas al campo. Las muestras de agua para análisis bacteriológico fueron procesadas por la técnica de Fermentación de Tubos Múltiples para obtener el Número Más Probable (NMP) y se trabajaron en forma directa; el caldo lactosado' se utilizó para la prueba presuntiva y los caldos verde brillante y EC para la prueba confirmativa de coliformes totales (CT) y fecales (CF) respectivamente, (APHA, 1989).

Las muestras de sedimento playero fueron tamizadas por el personal de CICIMAR para su análisis textura1 empleando el Método de Folk (1968), el cual consiste en el tamizado del sedimento y su separación por tamaños, para después ser analizado mineralógicamente.

c. **Etapa de Gabinete.-**

Esta etapa considera todo el trabajo llevado a cabo en cuanto a investigación bibliográfica y manejo de la información en la búsqueda del objetivo planteado, el cual se muestra a continuación.

1.- Un análisis bibliográfico y obtención de información de diferentes instituciones públicas, como: Comisión Nacional del **Agua** (C.N.A.), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaria de Turismo, Consejo de Recursos Minerales, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Gobierno del Estado de B.C.S, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraúlicos (SARH).

A la C.N.A. se le solicitó información referente a los estudios realizados en el área de estudio por distintas compañías, así como datos geofísicos, piezométricos, climatológicos, hidrométricos, localización de pozos y análisis de agua. Del IMSS de la Ciudad de La Paz se obtuvo información referente al número de pacientes pertenecientes a San José del Cabo que sufrieron infecciones intestinales durante 1993. De la Secretaría de Turismo se obtuvo información acerca del número de hoteles y cuartos localizados en San José del Cabo. SEDESOL brindó información sobre

el Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Los Cabos. Recursos Minerales facilitó información geológica del área de estudio.

Esta porción del estudio que fué de las más importantes en el desarrollo del trabajo, también fue la más difícil, ya que al momento de solicitar la información requerida la mayoría de las personas a quien se acudía, se negaban a brindarla. Por ejemplo, la C.N.A., fue de las instituciones que más dificultades presentó para obtener la información, ya que ésta se ocultaba o sólo se mostraban datos viejos, no obstante, en relación a los datos climáticos esto no fue así.

Otro aspecto importante a señalar es que cuando se iba por la información la persona responsable o no estaba en su puesto, o hacía esperar horas, para finalmente salir de la oficina sin nada. Sin embargo, en instituciones como SEDESOL, Recursos Minerales, IMSS no se tuvo problemas para obtener la información. La Secretaría de Turismo situada en la Ciudad de La Paz, a pesar de estar ubicada en la capital del estado, carece de información sobre la Ciudad de San José del Cabo, y los datos que maneja son muy generales.

3.- Un planteamiento Geológico que permitió establecer un plan de trabajo para tomar datos estructurales, litológicos, geomorfológicos y de asentamientos urbanos en zonas de riesgo.

4.- Un análisis geomorfológico que incluyó limites y forma de la cuenca, orden de las corrientes de la misma, densidad de drenaje, longitud de los cauces, pendiente del cauce principal y del terreno. Así como estudiar la morfología de la linea costera.

5.- Manejar información hidrogeológica para conocer la relación entre la evolución, extracción y recarga de los acuíferos.

6.- Describir las actividades de desarrollo que existen o tienen lugar en el área.

7.- Establecer las condiciones de los recursos naturales de la cuenca.

8.- Considerar los volúmenes de agua destinados a cada una de las actividades de desarrollo principales.

9.- Evaluar si hay problemas con el recurso agua y el efecto que tiene el mismo en las actividades de desarrollo en el Corredor Turístico de San José del Cabo.

También se realizó una recopilación de las estadísticas que tiene en el Hospital del Seguro Social de la Ciudad de la Paz, durante el mes de febrero de 1993. Dicho muestreo consistio en obtener los registros de todos los pacientes atendidos en dicho hospital que fueron originarios de la Ciudad de San José del Cabo, una vez localizados los expedientes se clasificaron a los enfermos con padecimientos intestinales y a los que padecían cancer. Se obtuvo el porcentaje de enfermos por infecciones intestinales y la relación de afecciones, esto se desarrolló durante el período febrero-abril de 1993. Una vez concluída ésta, se procedio a localizar el lugar de residencia de cada paciente en la Ciudad de San José del Cabo, identificándose así las colonias o lugares que mayores problemas de afecciones gastrointestinales presentaban, para después buscar el foco de infección y ver si dicho foco tenía algo que ver con la calidad del agua del lugar.

Asímismo, con datos sobre los acueductos y la red de agua potable y alcantarillado se estimó el volúmen y uso del agua potable en el Corredor Turístico de San José del Cabo. Fueron revisados los planos urbanos del área de estudio, localizándose las obras civiles que de una u otra forma actúan y modifican la acción de los procesos naturales sobre la cuenca. Estas obras son: carreteras, puentes, alcantarillas, hoteles, etc.; y tras haber sido comparados con las características de la Cuenca se examinó el efecto de la infraestructura sobre la cuenca.

Por otro lado, con los resultados del análisis bacteriológico de las muestras de agua fue posible ubicar las zonas con mayor incidencia de afecciones gastrointestinales, provocadas en gran parte por el agua que se consume en el área de estudio.

III. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Este capítulo proporciona un panorama de la geología y de los factores que dieron lugar a las características 'morfológicas de la Península de Baja California y en especial de la Región del Cabo. Aborda los temas de tectónica, litología, estatigrafía y geomorfologia; lo cual constituye el marco Geológico Regional del área de interés.

a.- Tectónica

En la formación de la Península de Baja California intervinieron varios episodios tectónicos. Los cuales determinaron las geoformas del lugar, que junto con los diferentes tipos de roca marcaron las características físicas regionales de la Península, y sirven para entender la geología del área de estudio.

La Península de Baja California es un gran bloque estructural, limitado al este por el sistema de fallas del Golfo de California, al oeste por la Falla San Benito - Tosco Abreojos y al norte por los sistemas de Falla Agua Blanca y Main Escarpment.

Durante el Paleozoico, la evolución tectónica de la Península de Baja California parece estar relacionada con la del Geosinclinal Cordillerano, desarrollado al occidente de los Estados Unidos y Canadá, y que en la porción norte de Baja California Sur dió origen a las Cuencas de Vizcaíno y Ballenas-Iray-Magdalena.

El Mesozoico está caracterizado por una gran movilidad tectónica, con subducción presente en el borde occidental de la Placa Farallón, debajo de la corteza continental de México, que dió lugar a un arco magmático con volcanismo calco-alcalino (Demant y Robin, 1975), y a emplazamientos plutónicos siliceos, que migraron durante el Cretácico y principios del Cenozoico (Silver y Anderson, 1978).

En el Cenozoico cesó la subducción, con la colisión de la Placa Pacifica contra el Borde Occidental de Baja California (Anderson, 1971). A este fenómeno siguió la adhesión de Baja California y parte de la Alta California a la actual Placa Pacifico.

Aunado a la subducción se produjeron una serie de fallas, las cuales propiciaron la separación de la Península de Baja California y su consecuente deriva, debido al corte del basamento continental, por fallamiento normal y transcurrente; esto representa un proceso de extensión cortical. Hay varias etapas de fallamiento, la Falla Arroyo Grande, pertenece a la primera, de edad cretácica.

En el Terciario Superior se inicia la separación de Baja California del Macizo Continental de México y se desarrolla una zona de expansión del piso oceánico en la Región del Golfo de California. Hausback (1984) y Moore (1973) creen que hace 10 o 12 millones de años la Península formaba parte del macizo continental y de la margen del Pacífico, y que existia una zona de colisión entre las Placas Pacifico y Norteamericana, en el área que posteriormente seria el Mar de Cortés.

La Península de Baja California se separó de Norteamérica debido a que fue incrustada a la Placa Pacífico. Lo cual dió lugar a una serie de fallas de transformación y cuencas de expansión a lo largo del período de formación del Mar de Cortés.

El extremo sur de la Península de Baja California, litológicamente, está formado por un macizo batolítico en forma de montañas, afectado por un fallamiento con tendencia N-S. Este fallamiento pertenece a un sistema de fallas dentro del cual se encuentra la Falla La Paz, la cual produce fosas y pilares, así como estructuras anticlinales y sinclinales al E y NW de la Paz (Minch, 1979). Las fosas y pilares predominantes, que se manifiestan hacia el sur de la península, son generalmente de edad Mioceno, y fueron formadas por movimientos distensivos antes de la existencia del Mar de Cortés (Dokka y Merrian, 1982). Este sistema de fallamiento transformante contiene un segundo y tercer periodo de fallamiento; el segundo periodo está representado por fallas neotectónicas que afectan a rocas del complejo cristalino; el tercer periodo es de fallamiento de edad intermedia y se observa en la región de la Junta, El Triunfo y San Antonio (Aranda Gómez y Pérez Venzor, 1988).

b. Litología y Estatigrafía .-

La geología regional de la Península de Baja California es muy vasta y compleja, por ello en este capítulo dicho tema es desarrollado en forma general y se enfatiza la geología del Bloque de Los Cabos situado al sur de la Península de Baja California (Fig. 2).

Las Cuencas de Vizcaíno y Ballenas- Iray-Magdalena, denominadas por López Ramos (1979) como: San Sebastian Vizcaíno y Purísima-Iray, respectivamente, están relacionadas con el Geosinclinal Cordillerano situado al oeste de Estados Unidos. Estas cuencas cubren la mitad occidental de la mayor parte del Estado de Baja California Sur; constituyen dos grandes depresiones en forma de sinclinal con orientación NW-SE, y están formadas por rocas de edad cretácica y mesozoica. A estas dos depresiones las divide, a profundidad, un bloque levantado de composición ofiolítica. El flanco suroccidental de estas estructuras está constituido por secuencias ofiolíticas del Triásico-Jurásico. En la porción axial de las estructuras están localizados los afloramientos de las formaciones cenozoicas más jóvenes, mientras que en el flanco nororiental afloran cuerpos del Complejo Batolítico de Baja California.

El Triásico está representado por la Formación San Hipólito, constituida por rocas sedimentarias marinas, depositadas en una cuenca oceánica asociada a un arco de isla volcánico dentro de un marco de límite convergente (Finch, 1979 y Gastil, 1981).

Durante el Jurásico siguió desarrollándose el arco insular, al oeste del límite del cratón (Rangin, 1978). En el Jurásico Superior y Cretácico Inferior surge la Formación Eugenia, caracterizada por un basamento ofiolítico (Mina, 1957). El Cretácico Superior y parte del Cenozoico representan a los eventos suscitados en una zona de subducción ubicada al occidente de la Península de Baja California.

El Paleoceno y Eoceno están representados por las Formaciones Bateque y Tepetate, las cuales muestran una alternancia de areniscas y lutitas; estos son depósitos de talud (Lozano, 1975), (Fig.3).

El Oligoceno representa la colisión de la Dorsal del Pacífico contra la Placa Norteamericana . A partir del primer contacto entre las Placas Pacífica y Norteamericana se inicia un movimiento lateral derecho a lo largo del límite creciente de ambas (Atwater, 1970), que propició el movimiento de la Península hacia el noroeste.

En las regiones de Vizcaíno y la Purísima, durante el Mioceno Inferior, se depositaron aglomerados, areniscas y arcillas (Mina, 1957). En la Purísima estos depósitos están representados por lutitas con diatomita intercalada.

En el Plioceno se depositan la Formación Almejas (Mina, 1957) y la Formación Salada (Heim, 1922).

La Región de Los Cabos está ubicada en el extremo sur de la Península, tambien es conocida como Subprovincia Sierra La Victoria (López Ramos, 1979). Se caracteriza por la presencia de rocas

cristalinas, como diorita y granito, así como por rocas prebatolíticas metasedimentarias (Fig.3).

Las rocas metamórficas del Bloque de Los Cabos están constituídas por cuatro unidades (Carrillo Chávez, 1986) : Pizarra Arroyo La Mula, Anfibolita y Mármol de Todos Santos, Gneiss y Milonita Punta Lobos,y Gneiss La Polar.

Existen pocos datos confiables acerca de la edad de las rocas metamórficas del complejo de Los Cabos, algunos autores las consideran Paleozoicas, Jurásicas o Pre-Cretácicas (Ortega, 1982; Aranda, 1982; Carrillo, 1986; Murillo, 1991).

Las unidades metamórficas que reconoce Ortega (198.2) en la región son:

1- Una secuencia sedimentaria con metamorfisno regional que da lugar a esquistos y filitas de edad cretácica.

2.- Gneis Cuarzo-feldespáticos derivados de rocas ígneas intrusivas; que afloran en la base de la Sierra La Trinchera Las rocas ígneas intrusivas de esta región están representadas por intrusiones granodioríticas a tonalíticas y exhiben de moderada a intensa deformación. Intrusiones graníticas cortan la Tonalita, asimismo surge una tercera intrusión máfica-ultramáfica con facies dioríticas.

c. Geomorfología .-

En este subcapítulo se da una generalidad de las variaciones en el relieve y en el drenaje que experimentó la Península de Baja California, en especial la Región de Los Cabos.

La espina dorsal de la Península es un bloque de falla basculado hacia el oeste, de aproximadamente 1400 Km de largo y de 50 a 90 Km de ancho, su altura máxima alcanza 2900 m.s.n.m. al norte del bloque de falla y 600 m.s.n.m. al norte de la Ciudad de la Paz.

La Península está disectada por corrientes fluviales, las cuales siguen el patrón estructural de la región, formando cañones profundos de paredes abruptas y amplios valles rellenos de sedimento.

La vertiente del Golfo de California, en el Estado de Baja California Sur, es de aproximadamente 25 Km de anchura en promedio, y la pendiente es pronunciada debido a la tectónica activa del lugar, lo cual ocasiona que la plataforma continental casi no exista y en los pocos lugares donde se presenta sea muy extrecha.

En contraste con lo anterior, la vertiente del Océano Pacifico es más amplia, aproximadamente de 67 Km de anchura en promedio, presenta una pendiente suave y su plataforma continental es más ancha que la del Mar de Cortés.

La diferencia entre las dos pendientes es debida a la tectónica activa que levanta con mayor velocidad a la zona costera del Mar de Cortés, respecto a la del Pacífico.

Beal (1948) y Mina (1957) dividen geomorfológicamente a la Península de Baja California en cinco provincias fisiográficas:

- **Región de Sebastian Vizcaíno**
- **Región de la Purísima-Iray**
- **Región de la Giganta**
- **Región del Istmo de la Paz**
- **Región del Cabo, (Fig.2)**

A continuación es descrita la Región del Cabo, por ser ésta la que comprende al área de estudio.

d. Región del Cabo.-

La Región del Cabo forma el extremo sur de la Península de Baja California, al noroeste está limitada por la Región del Istmo de La Paz, al oeste por el Océano Pacífico y al este por el Golfo de California (Beal, 1948),(Fig. 2).

La región está constituída por un gran bloque granítico y rocas metamórficas, cortadas por un patrón de drenaje rectangular y dendrítico; el bloque granítico alcanza elevaciones máximas de **2000 m.**

La estructura más sobresaliente es la Sierra La Laguna, donde predominan rocas graníticas, y está integrada por las Sierras La Victoria, Matagorda y San Lázaro con alturas de 2000 m,. La Región del Cabo, en su porción noroccidental, comprende un sistema montañoso representado por la Sierra Las Cruces, la Sierra La Trinchera y la Sierra El Novillo. Las Sierras La Trinchera y Las Cruces están constituídas, litológicamente, por: conglomerados volcaniclásticos, epiclastos cubiertos por derrames riodacíticos y

cenizas (Aranda Gómez y Pérez Venzor, 1988).

La porción occidental está conformada por un complejo ígneo-metamórfico prebatolítico formado por rocas principalmente metasedimentarias, derivadas de: lutitas, areniscas y calizas (Aranda Gómez y Pérez Venzor, 1.989).

En tanto que la porción suroriental de la Región del Cabo, según Pantoja y Carrillo (1966), está conformada por una secuencia volcánica denominada Formación Comondú, que sobreyace al basamento cristalino cretbcico. En discordancia angular están los sedimentos marinos del Plioceno, pertenecientes a la Formación Trinidad, situada en la Sierra La Trinidad al este; cuya altura máxima es menor a los 1000 m.s.n.m. y está rodeada por lomeríos de pendiente suave. Las rocas que conforman dicha sierra son de origen intrusivo ácido, en tanto los lomeríos son rocas sedimentarias: marinas y continentales (McCloy, 1984).

La Formación Trinidad subyace, en concordancia, a una secuencia de areniscas marinas de la Formación Salada (Heim, 1922).

Estructuralmente, dicha región está limitada y segmentada por un sistema de alineamientos denominados, Sistemas de Falla: La Paz, San Juan de Los Planes, Santiago y San José del Cabo (Puy Y Alquiza, 1992), (Fig.3).

IV. GEOLOGIA

En este capítulo son descritas las unidades litológicas existentes en el área de estudio y además se examinan las estructuras que afectan a estas unidades.

El área está conformada, en su mayoria, por rocas ígneas intrusivas, las cuales forman el basamento cristalino de la Península de Baja California; algunos estratos de rocas volcánicas dispersos en la Sierra la Laguna; depósitos fluviales en su parte central; y secuencias sedimentarias en la porción E del área; tambien existen pequeños manchones de rocas metamórficas en la porción NW del área. Las rocas graníticas marcan episodios de intrusión y levantamiento de la corteza continental, lo cual provocó un aumento de presión y temperatura que propició la salida de esta energía a través de zonas de baja presión, como son fallas y fisuras. Dicha energía también se transformó en coladas de lava 0 aparatos volcánicos, que al explotar liberaron ceniza y en ocasiones grandes bloques de roca que se enfriaron rápidamente al salir del cuerpo volcánico, esto explica la presencia de unidades volcánicas. Después de tanta actividad hubo un tiempo de relajación para la corteza terrestre, durante el cual hubo transgresiones que provocaron la inundación de partes bajas' y la acumulación de sedimentos, seguido de levantamiento y retiro del mar, que provocó el afloramiento de los sedimentos marinos localizados al SE del área.

Durante estos eventos existió fallamiento y fracturamiento, el cual reacomodó a las unidades rocosas. Este fracturamiento y fallamiento determinó en el área el patrón de drenaje y dirección del mismo.

La erosión de las unidades rocosas produjo el depósito de sedimentos que fueron transportados por los procesos fluviales a las partes bajas. Todo esto favoreció la infiltración del agua y la formación de acuíferos en la región. Por esto, el identificar las características litológicas y estructurales facilita conocer las condiciones hidrogeológicas del área de estudio.

a.- Litología y Estratigrafía.-

Aquí se trata con los diferentes tipos de rocas que comprenden el área de estudio y la edad de las mismas, por lo que serán descritas en este capítulo en orden descendente de la más vieja a la más joven. La litología es importante, porqueayuda a determinar zonas de almacenamiento de agua. De acuerdo a la litología del área de estudio es posible determinar las áreas de mayor vulnerabilidad a la erosión e intemperismo, y tomando en cuenta las estructuras que la afectan se puede llegar a estimar el comportamiento del agua superficial y subterránea.

El área de estudio está constituída, principalmente, por el material del Plutonismo cretácico; el cual generó al complejo de rocas ígneo cristalinas pertenecientes al Bloque de Los Cabos. En dicho complejo cristalino se aloja la mayor parte de los depósitos minerales de la Península. Esta faja batolítica se extiende desde La Paz hasta el llamado Arco de Cabo San Lucas, y sus características megascópicas y microscópicas revelan los eventos magmáticos regionales que le han dado origen.

Autores como Ortega (1982) y Carrillo Chávez (1990) difieren en cuanto al número de episodios magmáticos, los cuales dieron lugar a determinadas unidades. Ortega (1982) define dos unidades: un plutón gabroico deformado intensamente y un batolito de composición variable granito-tonalita sin deformar.

Carrillo Chávez (1990) cita en su tesis tres episodios magmáticos de deformación:

l.-Intrusiones antiguas de granodiorita-tonalita, localmente deformadas (moderada-intensamente).

2.- Emplazamientos graníticos acompañados de diques de alaskita intrusionando a la tonalita e

3.- Intrusiones de composición ultramáfica (dioríticas).

A continuación son descritas, por orden de más antiguo a más joven, las unidades litológicas existentes'en el área de estudio (Romero Rojas, 1993).

a.1.- Complejo Igneo Metamorfico.-

Este complejo, fue estudiado por primera vez por Mina (1957). Esta unidad forma el pilar tectónico que emerge en Cabo San Lucas y desaparece en la Bahía de Los Muertos al NE; atraviesa de norte a sur el extremo meridional de la Península. La cordillera que origina este complejo considera en el área de estudio, las Sierras: San Lorenzo y San Lázaro, que forman parte de la Sierra La Laguna (Fig. 4).

Las rocas que constituyen el complejo son: Granodiorita y Granito. La unidad granítica comprende: Cuarzomonzonita, Piroxenitas y Pórfido Dacítico. Dichas unidades emergen en la porción NW y SW de la Cuenca del Arroyo San José (Figs. 5 y 6), se encuentran disectadas por fallamiento con tendencia NW-SE; el cual da lugar a la dirección predominante de los cauces que las atraviesan. Estas rocas presentan un alto grado de intemperismo físicoquímico, lo cual facilita que las lluvias temporales erosionen a las mismas, y provoquen un alto depósito de sedimento en los valles. La erosión de este tipo de rocas da lugar a la formación de suelos denominados Litosol, situados en las partes altas de las Sierras. Estos son suelos bastante inmaduros, con espesores no mayores de 20 cm; en ellos se desarrolla la llamada flora de pino-encino, la cual está relacionada a zonas con alta filtración, ya que el suelo es muy poroso. En las partes bajas, la acumulación de sedimento es mayor y el escurrimiento es bastante elevado, lo cual da lugar a la denominada selva caducifolia.

a2.Complejo Volcánico

Este complejo se encuentra esporádicamente dentro de los límites de la Cuenca del Arroyo San José, pero está presente en las partes altas de la Sierra la Laguna, la cual comprende el extremo oeste del área de estudio. El complejo está constituido por las siguientes unidades: corrientes, diques, dos diquestratos de basalto, riolita, riodacitas, cenizas volcánicas, brecha volcánica y conglomerados volcánicos, con sus correspondientes rocas intermedias (Figs. 5 y 6).

La edad de las capas basales arenosas, de la secuencia volcánica perteneciente a la Formación Comondú, ha sido motivo de controversia. Beal (1948) considera que pueden ser más viejas que las unidades volcánicas existentes en la parte superior de la Formación Comondú y tener una edad equivalente a la Formación San Isidro (la cual subyace a la Formación Comondú). Romero Rojas (1993) establece la siguiente división dentro de dicho complejo volcánico: Corrientes basálticas, clásticos y epiclastos, Aplita, Andesita, Riolita y Brecha volcánica. Estas unidades afloran puntualmente en la Sierra La Laguna, su permeabilidad es baja y en temporada de lluvias provoca escurrimientos superficiales abundantes; estas zonas no son aptas para la alimentación y formación de acuíferos. Este tipo de rocas forma suelos mal desarrollados, relativamente jóvenes, denominados Litosol y descritos anteriormente.

a3. Complejo Sedimentario.-

Las unidades de rocas sedimentarias que afloran en el área de estudio son de origen: continental y marino. Las rocas de origen continental representan a la unidad denominada Canas Roias Coyote de edad Mioceno Medio, conformada por depósitos conglomerdticos (McCloy, 1984). Sin embargo, estudios realizados anteriormente por Pantoja Alor y Carrillo Bravo (1966:) la correlacionan con la Formación Comondú, y mencionan que esta unidad descansa en discordancia angular sobre el granito, y cubierta discordantemente, por lutitas y areniscas de la Formación Trinidad (Figs. 5 y 6).

El Consejo de Recursos Minerales, (Romero Rojas, 1993), reporta que esta misma unidad está incluida dentro de un depósito de abanico aluvial, lo cual sugiere procesos de flujos de corrientes que dieron como resultado al depósito de sedimentos. Y que por las características que presenta, en cuanto al material, este ha gradado desde arenas hasta limos y arcillas, lo cual corresponde a un flujo de lodo, el cual está intercalado dentro del paquete de areniscas rojas. El flujo de lodo en ciertas localidades presenta lentes de granito en forma irregular, el rumbo de los estratos varia de N 2°-6° E y los echados de 24° a 30°, buzando al Nw. Con esto se señala que en el área de estudio y durante el Eoceno hubo grandes lluvias, las cuales provocaron el movimiento de masas de tierra por varios kilómetros.

Por lo anterior, este complejo se puede dividir en: Formación Trinidad, Formación Salada y Capas Coyote.

El complejo está constituido por: lutitas, areniscas fosilíferas, conglomerados, y en menor cantidad por calizas y diatomitas, así como por material de abanico aluvial; todos los sedimentos anteriores son, aproximadamente de edad Mioceno Medio a Mioceno Superior y Plioceno Inferior. Estas unidades convierten al sector NE y SE de la Cuenca del Arroyo San José en una zona bastante impermeable, donde en temporada de lluvias los escurrimientos superficiales son abundantes. La erosión de estas rocas da como producto suelos denominados Regosol, los cuales son suelos claros del color de la roca intemperizada, bastante inmaduros y en ellos se desarrolla la denominada Selva Caducifolia y matorrales, debido a que el escurrimiento es abundante. También es posible encontrar pequeños manchones de color oscuro pertenecientes a suelos denominados Feozen, los cuales contienen abundante materia orgánica.

a4. Depósitos Fluviales Cuaternarios.-

Los depósitos fluviales cuaternarios forman la unidad más reciente dentro del área de estudio. Se localiza al pie y sobre las laderas bajas de cerros, y sobre el extremo oriente, en los cauces de los arroyos, y superficies subhorizontales, hasta comunicarse con el límite de la playa. Estos depósitos dan lugar a una topografía con numerosos arroyos, donde están presentes: arenas, depósitos de talud y suelos modernos pertenecientes al pleistoceno (Figs. 5 y 6).

Los materiales de esta unidad son producto de la alteración meteórica y la erosión rápida de la roca madre, compuesta por rocas ígneas intrusivas y sedimentarias (Romero Rojas, 1993). Esta meteorización y erosión da lugar a suelos denominados Regosol, descritos anteriormente, y es de mencionar que en ellos se dan facilmente los matorrales, dispersos en las partes bajas de la Cuenca del Arroyo San José.

En las márgenes de los arroyos hay terrazas constituídas fundamentalmente por arenas finas y gruesas, situadas al pie de las montañas, y que contienen gravas y fragmentos gruesos con poco 0 nada de cementante; se distribuyen en las planicies o a lo largo de los valles y de los ríos. Según ROASA (1980) estas terrazas por ser impermeables actúan como receptáculos que facilitan la acumulación de agua superficial, formando las denominadas aguas subalveas.

CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I. P. N.
DONATIVO

El tipo de litología existente en el área es sumamente importante para la ubicación de acuíferos y para determinar la posible dirección del flujo predominante, tanto superficial como subterráneo.

En la porción de las Sierras La Trinidad y La Laguna, el flujo superficial tiende a ser abundante ya que dichas sierras están conformadas por materiales cristalinos que tienden a estar bastante fracturados y provocan que el flujo superficial escurra a través de los planos estructurales que afectan a dichas rocas. En la Sierra la Trinidad hay sectores formados por rocas sedimentarias de origen marino, constituídas por arenas medias y gruesas cementadas por carbonatos en su mayoría, los cuales propician altos escurrimientos y erosión.

El flanco NW-SW se caracteriza por presentar zonas aptas para la alimentación del agua subterránea gracias al enorme fallamiento, lo cual permite alta filtración; y el sector medio de la cuenca al poseer alta permeabilidad es el lugar idóneo para encontrar la mayoría de los acuíferos que abastecen de agua al área de estudio.

En temporada de lluvia, las partes altas de las sierras, son las que mayores cantidades de agua captan, esta agua viaja hacia el centro de la Cuenca del Arroyo San José, a través de planos de falla y fracturas, la porción NW de la cuenca presenta una conexión muy marcada entre sus estructuras, que facilitan el escurrimiento hacia las partes bajas. En el sector W de la cuenca el fallamiento está relacionado de tal manera que el escurrimiento es canalizado hacia el Arroyo San José en el sector central.

Debido a que la litologia de las porciones NW y W de la cuenca está constituída principalmente por rocas cristalinas se supone que; el fallamiento está conectado a profundidad y la filtración tiende a ser lenta, en la porción NW, debido a la abundante cobertura sedimentaria situada en los cauces de los arroyos; a diferencia de la porción NE y E de la cuenca donde el escurrimiento y erosión superficial es mayor, ya que las rocas que conforman esta porción son bastante impermeables y permiten un flujo superficial rápido.

b. **Geología Estructural.-**

Los rasgos estructurales más importantes que existen en el área de estudio son los bloques escalonados, producto del fallamiento regional, así como los alineamientos localizados en el extremo norte de la Sierra La Trinidad, que indican cuerpos intrusivos de diferente composición, como granito, cuarzomonzonita y piroxenita (Fig.5).

El fallamiento en el área es de tipo normal, con pequeños escalones, y tendencia lístrica a profundidad, con rumbo predominante NW-SE. Esta información fue obtenida del análisis de fotografías aéreas escala 1:70,000 y de un plano topográfico escala 1:250,000. Del conteo de números de fallas y clasificación de las mismas, de acuerdo a su orientación preferencial se obtuvieron dos rosetas, las cuales muestran los principales alineamientos del sector NW-SW y NE-SE del área de estudio; (Fig. 5).

Sucesivamente al emplazamiento de los cuerpos intrusivos existen dos sistemas de fallas, con rumbo N 20°-50° E y echados de 70° a 85° NW, y ocasionalmente al SE otro con rumbo N 40°-70° W y con echados de 70° a 85° SW, en donde las estructuras principales sufren desplazamientos cortos en su continuidad (Fig. 5).

Posterior al emplazamiento de los cuerpos intrusivos se alojan, en espacios abiertos, diques de andesita, aplita y riolita, localizados dentro de un sistema de carácter regional; en el que varían de N 10°-30° E y con echados de 75° a 82° al SE, y en otras localidades con buzamientos al NW y espesores de 2 a 15 m (Fig.5).

Es importante señalar que el sistema montañoso que conforma a la Sierra La Laguna presenta un fallamiento con rumbo predominante NW-SE de 5° a 30°, también un segundo fallamiento NE-SW de aproximadamente 25°a 50°, y por último un fallamiento con dirección E-W, dicho patrón de fallamiento indica la dirección predominante de los arroyos en esta sierra, y por lo tanto la. dirección del escurrimiento (Fig .5).

Las principales fallas llegan a formar cañones, como es el caso del cañon San Bernardo y las pertenecientes a algunos arroyos como el Arroyo San Pedro y San Pablo, y San Lázaro.

La Sierra La Trinidad está afectada por estructuras con rumbo predominante E-W, y en segundo orden NW-SE con 25°-30,° estas últimas son pequeñas estructuras en comparación con el fallamiento N-S, pero forman parte del sistema estructural; existe un tercer orden NE-SW con 25°-50°que es el que predomina en esta porción (Fig.5).

Estas son las fracturas y las fallas que delinean al cuerpo intrusivo granítico representante de la citada Sierra. La mayoría de estas estructuras están representadas por el Arroyo Migriño, el cual transporta el agua superficial en temporada de lluvias con orientación NE-SW y E-W, como lo señala el patrón principal de fallamiento en esta área.

Es característico observar cómo las estructuras convergen en un sistema de alineamientos N-S, representado por el Arroyo San José (Fig.5). Por lo tanto, cabe recalcar que existen tres ordenes de alineamientos (fallas y fracturas): uno con rumbo N-S, otro con rumbos NW-SE y NE-SW, y un último con rumbo E-W (Fig.5).

El patrón de fallamiento existente en el área de estudio refleja la dirección predominante de los arroyos en el área, así como la dirección del escurrimiento del agua superficial y del agua subterránea.

c. Geomorfología.-

La macrogeoforma sobresaliente del área de estudio es la Sierra La Laguna, ubicada al W del área de estudio (Fig. 7). La Sierra La Laguna está constituída por tres principales sistemas montañosos: Sierra La Victoria (situadas al N, aunque no dentro de la Cuenca del A. San José), Sierra San Lorenzo, ubicada en el límite NW de la Cuenca del A. San José, y por último la Sierra San Lázaro, localizada al norte del extremo SW de la Cuenca. Las dos primeras tienen una altura máxima de 2000 m y la última de 1530 m (Fig.4).

cl. Cuencas del **Area de Estudio.-**

El área de estudio comprende la Cuenca del Arroyo San José y las cuencas adyacentes de los Arroyos El Carrizal y Cerro Blanco.

La Cuenca del Arroyo San José tiene un área de aproximadamente 1235 Km^2 y una forma semejante a un rectángulo. En la Cuenca del Arroyo San José se encuentran distribuídas cinco subcuencas: la del Arroyo San Bernardo con un área de 130 Km^2 aproximadamente; Arroyo San Pedro y San Pablo con 156 Km^2; Arroyo La Palma con 120 Km^2; Arroyo San Lázaro con 192 Km^2; Arroyo San José Viejo y Arroyo Sta. Rosa con 48 y 44 Km^2, respectivamente (Fig.8).

Al SW de la Cuenca del Arroyo San José se localiza la cuenca de los arroyos El Carrizal y Blanco con un área aproximada de 96 Km^2 (Fig. 8).

La Cuenca del Arroyo Migriño en la margen izquierda del Arroyo San José cuenta con un área de 56 Km^2, en tanto que toda esa margen drena 461 Km^2.

Las longitudes de los cauces principales corresponden a las longitudes de las estructuras que afectan al área. Los cauces que comprenden al área de estudio son:

El Arroyo San Bernardo, con una longitud de 32.5 Km, sigue un fallamiento con dirección NW-SE, distribuido en el sector NW de la Cuenca y afecta al complejo ígneometamórfico, su grado de erosión es bastante elevado.

El Arroyo San Pedro y San Pablo mide 25 Km y está situado en la porción NW del área, representa un fallamiento con tendencia NW-SE, y tambien corta al complejo ígneometamórfico; es la segunda subcuenca de la Cuenca San José del Cabo, la erosión en esta porción es alta, cuenta con un pequeño arroyo de 8 Km de longitud el cual atraviesa las rocas del complejo ígneometamórfico; está orientado al NW y el grado de erosión que este presenta es bajo.

El Arroyo La Palma con una longitud de 27 Km, al igual que los anteriores corta al complejo ígneometamórfico, representa al fallamiento con orientación NW-SE; muestra un alto grado de erosión y depósito de sedimento sobre el cauce del arroyo principal.

Una Subcuenca entre los Arroyos La' Palma y San Lázaro, tiene una longitud de 8 Km Y corta a las rocas del complejo ígneometamórfico, su dirección es NW-SE, y su escurrimiento en temporada de lluvias es alto.

CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

El Arroyo San Lázaro con 26.2 Km de longitud es una de las subcuencas más grandes del área, representa un fallamiento con tendencia NW-SE, igual que los anteriores corta al complejo ígneometamórfico y aporta gran depósito de sedimentos sobre el cauce del Arroyo San José.

El Arroyo San José Viejo con una longitud de 4 Km y el Arroyo Sta. Rosa con 8 Km tienen orientación NW-SE y representan zonas altas en escurrimientos.

El Arroyo San José, con 35 Km de longitud, es el arroyo principal del área; a el convergen todos los demás arroyos y representa el fallamiento predominante en el área, con dirección N-S. Sobre este arroyo se encuentran ubicados casi todos los acuíferos que abastecen de agua al Acueducto Sta Anita y al Acueducto Viejo.

El Arroyo Migriño con 25 Km de longitud, situado en la margen izquierda del Arroyo San José, constituye parte del sistema de cuencas de la Sierra La Trinidad y corta a las rocas sedimentarias marinas; representa un fallamiento con dirección NE-SW y refleja un alto escurrimiento en temporada de lluvias (Fig. 8).

En el área se aprecian tres sistemas de drenaje: subdendritico, recto-paralelo y paralelo. El sistema de drenaje subdendritico se aprecia al NW de la Sierra La Laguna, está constituido por numerosos tributarios de primer y segundo orden, los cuales indican zonas de erosión alta debido al abundante fallamiento y fracturamiento que afecta a la litología de la zona. El sistema de drenaje recto-paralelo, se localiza al SW de la

cuenca, constituido por arroyos de primer orden distribuídos esporádicamente, es importante señalar que en esta porción, la erosión es menor. Por último el drenaje de tipo paralelo, es común en la margen izquierda de la Cuenca del Arroyo San José, en esta zona, los escurrimientos son elevados, considerándose a estos arroyos buenos conductores de agua y por lo tanto alimentadores del acuífero.

c2. Orden de **Los Cauces.-**

El orden de la corriente es una clasificación que refleja el grado de ramificación de los tributarios de una cuenca (Linsley et al, 1984).

Las ordenes de las corrientes fueron obtenidos del plano topográfico San José del Cabo, elaborado por INEGI (1981) escala 1: 250,000, por lo que dicha información está supeditada a dicha escala.

Del análisis de drenaje se clasificó al dren principal como de cuarto orden: los tributarios de primer orden estan situados, en su mayor parte, en la porción oeste del área de estudio. Estos tributarios se enlazan y forman corrientes de segundo orden, situados en la misma porción, y a su vez estos forman corrientes de tercer orden al N y centro del Arroyo San José. Al sur la corriente cambia a cuarto orden y se convierte en el colector principal de la cuenca, (Fig.9).

Los arroyos de primer orden situados al NW y SW del Arroyo San José reflejan zonas de alta erosión. Su forma es irregular y su longitud es relativamente corta en el sector NW de la cuenca, mientras que en el sector SW son largos, esto propicia la acumulación del agua y por consiguiente la lenta infiltración de la misma, debido a la cobertura sedimentaria existente sobre el cauce. Los tributarios de segundo orden, en el sector NW, tienden a ser más largos que los anteriores y se encuentran más espaciados, esto provoca que la infiltración sea menor y el escurrimiento fluvial aumente.

En contraste con lo anterior, los arroyos de la margen izquierda del Arroyo San José son rectos y predominan los de primer orden, estos son largos y paralelos entre ellos, esto indica poca o nula erosión a profundidad de las unidades rocosas en este sector y por lo tanto gran escurrimiento.

En temporada de lluvias la zona E del Arroyo San José por estar caracterizada por arroyos de primer orden indica que toda el agua pluvial tiende a ser transportada a través de los mismos impidiendo que se efectúe filtración sobre el cauce de los mismos. Sin embargo, en el sector oeste de la cuenca los arroyos poseen abundantes tributarios de pequeña longitud, de primer y segundo orden, que al poseer pequeñas longitudes propician la infiltración.

Por lo anterior, se'puede decir que los tributarios que conforman a las subcuencas de la porción oeste de la Cuenca del Arroyo San José son las que mayor erosión y depósito de sedimentos presentan en el área, por lo que son buenos alimentadores del

acuífero de la Cuenca del Arroyo San José.

c3. **Densidad de Drenaje.-**

La densidad de drenaje ayuda a determinar la zona que tiene una mayor cantidad de tributarios, y por lo tanto el área que posee un gran potencial para el transporte de agua superficial. La densidad de drenaje depende de la cobertura sedimentaria y del tipo de roca, se puede decir que en Las áreas de menor densidad la roca es dura y resistente, y en las zonas de mayor densidad la roca es blanda (sólo válido para el área de estudio) (Fig. 10).

La densidad se obtuvo por medio de una malla con tamaño de cuadrícula de 4 Km^2 de área. En cada cuadro se midió la longitud de los arroyos y se dividió entre el área del cuadro.

La densidad promedio de la cuenca es de 2/km, localizándose en la porción centro de la cuenca. En la porción media de la cuenca las densidades son altas van desde 2.0/km a 5/km, (Fig.10). En la porcion oeste de la cuenca la densidad va de 1/Km a 3/Km y se debe a que la roca en dichas porciones está muy intemperizada y erosionada, lo cual provoca que en tiempo de lluvias se produzca gran cantidad de escurrimientos con abundante aporte de agua superficial.

En la porción NW la densidad es baja, de 1/Km en las partes altas de la Sierra La Laguna y aumenta en las laderas a 3/Km de la misma, la distancia entre los cauces de los arroyos es grande en las zonas abruptas lo cual propicia zonas de baja erosión; la distancia entre los cauces se hace más pequeña en las laderas de la

Sierra a medida que se aproxima al centro de la cuenca, **por** lo **que** el depósito de sedimento en esta porción es elevado.

En las zonas de alta densidad la roca se encuentra afectada por intemperismo y erosión, ésto dificulta el dren del agua superficial debido al depósito de sedimento por los tributarios de la región. Tambien, hay que considerar que en las zonas de alta densidad el fallamiento horizontal funciona como colector de agua, la cual es suministrada por el fracturamiento vertical predominante en el sistema de subcuencas.

La tendencia horizontal de las fracturas y el poco espaciamiento con la profundidad son evidencia del patrón de fallamiento lístrico a profundidad característico en la región. Existen rocas volcánicas afectadas por este fallamiento al norte del límite de la Cuenca del Arroyo San José y rocas sedimentarias también afectadas por estos rasgos estructurales en la zona SE de la cuenca. Por lo tanto, se estima que el basamento cristalino también está afectado por esta tendencia de fallamiento. En los valles la densidad de drenaje es variable, en la porción norte del Arroyo San José es posible observar densidades de drenaje altas de 3/Km, probablemente relacionadas al comportamiento estructural, el cual propicia que los cauces de los arroyos del área converjan hacia el arroyo principal y depositen gran cantidad de sedimentos, los cuales en temporada de lluvia conducen el agua y se convierten en alimentadores importantes del acuífero. A lo largo del Arroyo San José se encuentran las densidades más altas las cuales van desde 3/Km al norte del mismo a 5/Km al sur, debido a la

confluencia de los tributarios de la zona.

c4. Pendiente del **Terreno.-**

La pendiente de la cuenca es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas (Linsley et al, 1984). La pendiente de la cuenca se obtuvo a través del criterio de Linsley et.al, (1984), el cual establece una relación entre la longitud total de las curvas de nivel multiplicada por el desnivel entre estas y el tamaño de la cuenca (Fig. 11).

Para calcular la pendiente la ecuación es: Sc= L*D/A ,donde Sc es la pendiente de la cuenca expresada en grados, L es la longitud de las curvas de nivel en metros, A es el área de la cuenca en Km^2 y D es el desnivel en (m) entre curvas de nivel. Por medio de dicha ecuación se obtuvo que la pendiente promedio de la cuenca es de 28°. En las zonas abruptas, o con alturas de 400-1100 m s.n.m., la pendiente promedio es de 29°, y en las zonas con alturas bajas, como serían lomas o pequeños cerros, con alturas de 100-300 m, la pendiente promedio es menor a los 20°. La clasificación de las formas del área de estudio se basó en la descripción dada por E.W. Raisz en 1959, para las geoformas mexicanas.

FONATUR (1982), determina que para el área de estudio, las zonas que presentan pendientes de 0 a 5% son destinadas al uso recreativo, urbano, turístico e institucional, zonas con pendientes de 6 a 15% (tienen un uso igual que la anterior, pero con menor afinidad, recomendable orientar las calles, para aprovechar vistas interesantes y protejer a las construcciones de vientos fuertes).

Zonas con pendientes mayores a 16% son aptas para **conservación y en** casos excepcionales para usos turísticos aislados y de categoría alta, en estos las vistas son mejores, pero los costos de urbanización son altos y se corre el peligro de propiciar la erosión del suelo.

La pendiente del terreno en el área de estudio es un factor importante para el desarrollo de zonas acumulativas de sedimento, las cuales favorecen la formación de aguas subalveas sobre los cauces de los arroyos, esto es importante para la alimentación del acuífero. Las zonas con pendientes altas situadas en las sierras y montañas son grandes aportadoras de sedimento debido a la alta erosión e intemperismo que actúa sobre ellas (**Fig. 12**). A medida que la pendiente se hace más suave, en las laderas de las montañas, la acumulación de sedimento sobre el cauce de los arroyos es alta y ayuda a la formación de agua subalvea, y origina la presencia de ciertos matorrales, los cuales ayudan a la retención del sedimento y evita que la erosión en temporada de lluvias sea alta. Esto facilita la infiltración de agua, aunque en la mayoria de los casos esta agua no permanece en el sedimento, sino que se pierde por evaporación y evapotranspiración.

c.5. Pendiente de los Cauces Principales.-

Aquí son comparadas las pendientes de los Arroyos: San Bernardo, La Palma y San Lázaro, por ser estos los cauces más importantes que desembocan al Arroyo San José (**Fig.13**).

El Arroyo San Bernardo esta localizado al noroeste de la Cuenca del Arroyo San José, nace en la Sierra La Laguna y en temporada de lluvias erosiona a rocas de origen cristalino. Presenta una orientación NW-SE que sigue el patrón estructural de esta porción; su pendiente es de aproximadamente 50°, por lo que en temporada de lluvias se esperan alto escurrimiento y erosión.

El Arroyo la Palma, está situado en la porción centro de la cuenca, presenta una pendiente de 30° aproximadamente, tambien atraviesa rocas cristalinas, a diferencia del anterior posee una pendiente más suave, lo cual facilita en temporada de lluvias el depósito de abundante sedimento sobre su cauce, y propicia el transporte de agua subalvea.

El Arroyo San Lázaro presenta una pendiente de 20° y está situado en la porción sur de la cuenca, a medida que su pendiente se hace más suave facilita el depósito de sedimento sobre el cauce y por lo tanto hay mayor alimentación del arroyo principal (Fig. 13).

El Arroyo San José presenta una pendiente de 5°en la porción sur y de 20° en la porción norte, y sobre su cauce se depositan grandes volúmenes de sedimento (Fig. 14). De acuerdo al espesor de la cobertura sedimentaria y a las características de ésta es posible la formación de aguas subalveas sobre los cauces de los tributarios que desembocan a él. Dichos tributarios poseen pendientes mayores a los 5° lo cual permite con mayor facilidad el arrastre de sedimento y depósito del mismo sobre las partes de pendiente suave situadas sobre el cauce del Arroyo San José.

En conclusión, la pendiente es una característica determinante para la alimentación del acuifero en el área de estudio, ya que debido a ésta, se determina la dirección del flujo superficial en temporada de lluvias. Este flujo tendrá determinada velocidad y por lo tanto transporte de sedimento y dependiendo de estas características dar6 origen a fuentes de alimentación de acuíferos. De acuerdo a la comparación de pendientes, correspondientes a los principales tributarios del **Arroyo** San José, se puede decir que los Arroyos San Bernardo y La Palma presentan pendientes abruptas que provocan alto escurrimiento en temporada de lluvias, y por otra parte los Arroyos San Lázaro y San José presentan pendientes más suaves y por lo tanto mayor cobertura sedimentaria sobre sus cauces.

El **Arroyo** San Lázaro cubre las características para la posible formación de aguas subalveas y para ser un importante alimentador del acuífero. En realidad estos arroyos tienen características de ser alimentadores del acuifero, sobre todo en sus partes bajas ya que sus pendientes son más suaves y por lo tanto el espesor de la cobertura sedimentaria es mayor.

c6. Morfologia Costera.-

El área de estudio está constituída por playas extensas de coloración clara, localmente limitadas por acantilados, los cuales protejen a estas formas costeras del oleaje y propician la acumulación de sedimento proveniente de la cuenca superficial y medio marino; a este tipo de playas se les denomina playas de bolsillo.

Generalmente, en la postplaya, a unos 200 m de la linea de costa, es común encontrar grandes campos de dunas, en su mayoría inactivas. En la porción de San José del Cabo es donde un depósito de dunas actúa como una barrera que protege a un cuerpo de agua dulce (Estero San José), de la influencia marina; la barrera es destruída en temporadas de lluvia por las grandes avenidas fluviales que desembocan en el mar.

El terreno que ocupa el desarrollo turístico está situado desde el nivel del mar hasta la cota 80 m, aproximadamente. Es una superficie plana en su mayoría, con minima cantidad de colinas con pendientes superiores al 25%.

La zona muestra cuatro terrazas marinas: 1.- una corresponde a la parte donde se ejerce con mayor intensidad la acción marina. (Zona de alta inestabilidad por movimientos y asentamientos de arena), se levanta a 2 m.s.n.m., 2.- otra está sujeta a influencia marina durante las marejadas mayores y es también un área de inestabilidad por asentamientos, movimientos e inundaciones, 3.- la tercera tiene una altura de 5 m y está conformada por arenas gruesas continentales mezcladas con arena fina marina. En su parte

posterior se forma una depresión que inunda con agua pluvial y de escurrimiento. 4.- la cuarta corresponde a un nivel que se levanta sobre los 10 m de altura y muestra en su borde frontal un talud de fuerte pendiente formado por arenas semifijas (FONATUR, 1982).

En 1992, personal del CICIMAR llevó a cabo un levantamiento batimétrico y en varios lugares del área de estudio realizaron perfiles topográficos perpendiculares a las playas. En los perfiles de cinco playas se realizó el muestreo de sedimentos en la cara de playa, mar somero y, en la zona de barras y canales. Para facilitar su descripción, el área fue dividida en dos sectores : norte y sur.

El Sector Sur comprende las playas de Punta Santa Marina, Villa del Mar y Playa Surfos. Esta zona presenta poca plataforma y el quiebre de la misma es muy suave, generalmente comienza a los 5 o 25 m de profundidad, con una longitud de 50 a 800 m (Fig. 15). El sedimento situado en la cara de la playa está mal distribuido, predominan las arenas gruesas de -1 phi, el tamaño del grano grada a medio en la zona de barras y canales de 1-3 phi; encontrándose una pobre clasificación de granos en la zona de mar somero, ya que el tamaño de los mismos va de arenas gruesas a finas (-1 a 4 phi) (Fig. 15). El aporte principal de sedimento hacia estas playas es producto de los procesos fluviales, y son procesos marinos los que se encargan de distribuir el sedimento.

Al Sector Norte le corresponden las playas del Estero San José y La Laguna. La playa del Estero San José presenta una pendiente abrupta y la zona de barras y canales se estabiliza a profundidades de -3 m; los sedimentos situados en la cara de la playa son de grano medio (1 -3 phi), gradando a finos en la zona de barras y canales (3 phi), y mantienen el mismo tamaño en la zona de mar somero (4 phi). El sedimento en esta playa conserva su tamaño a lo largo de la misma (Fig. 16).

La Playa La Laguna es una zona bastante irregular, donde el área de barras y canales presenta una pendiente pronunciada que llega hasta los -3 m de profundidad, sin embargo la zona de mar somero se extiende hasta los -5 y -25 m de profundidad y alcanza una longitud de 1200 m (Fig.16). Los sedimentos de la cara de playa son gruesos y mal distribuídos (-1 a 3 phi); en la zona de barras y canales el sedimento tiene un tamaño que va de arenas gruesas a medias (l-3 phi), y manteniene esta distribución en los sedimentos de mar somero.

La plataforma continental en la zona sur del área de San José del Cabo es bastante estrecha en comparación con la de la porción norte. La distribución del sedimento en el sector norte está mejor definido en cuanto a la característica del grano , debido a que está más retrabajado posiblemente por las corrientes litorales y oleaje, ya que en este sector dichos sedimentos presentan una tendencia homogénea en cuanto a la gradación de tamaño, variando paulatinamente de arenas gruesas hasta arenas finas. Sin embargo, en el sector sur el sedimento no refleja una gradación o

diferenciación en el tamaño de grano, ya que el sedimento presenta arenas medias y gruesas revueltas, sin presentarse una forma de grano homogénea, al parecer estos sedimentos presentan una mayor influencia fluvial que litoral, por ello su pobre gradación.

Los procesos fluviales son más predominantes en el sector sur que en el norte, debido a los arroyos de primer orden que caracterizan a este sector de la cuenca, ya que estos ejercen gran abrasión sobre la roca y la intemperizan y erosionan, y como no hay otros tributarios sobre los que tengan que depositar el sedimento estos siguen su trayectoria con una alta carga de sedimentos la cual depositan al llegar a la costa. Los procesos marinos son los que actúan con mayor fuerza en el sector norte, por eso el sedimento presenta una buena selección en este sector; ya que el sedimento tiende a presentar uniformidad en el tamaño.

La mayor cantidad de sedimento está localizada sobre el cauce de los arroyos como un producto de la erosión de las rocas, y por el cambio de la pendiente del terreno son ahí depositados; estos sedimentos son transportados a la zona costera, principalmente en temporada de lluvias, depositándose grandes volúmenes de sedimento, principalmente de origen cristalino (granítico) en las zonas bajas cerca del litoral.

Finalmente, se puede decir que: la plataforma continental en el área de estudio tiende a ser cada vez más angosta hacia el SW, con predominio de sedimentos gruesos mal distribuídos y escasez de playas anchas; el aporte de sedimentos en el área se debe al aporte fluvial en temporada de lluvias, y es bastante significativo; el

oleaje es el principal factor para el depósito y redistribución del sedimento a lo largo de la línea de costa, y en segundo lugar el viento, que al depositar sedimento en la postplaya forma campos de dunas.

V. HIDROLOGIA E HIDROGEOLOGIA

Una vez conocidas las características litológicas, estructurales y geomorfológicas es más sencillo entender el comportamiento del flujo de agua, tanto superficial como subterránea, en la Cuenca del Arroyo San José. Además, lo anterior ahora se complementa con una descripción hidrológica, de vegetación y de suelo, en el área de estudio.

a. Precipitación Temperatura Evaporación y Vientos.-

En este subcapítulo son descritos parámetros físicos íntimamente relacionados con la hidrología del área de estudio, como son: precipitación, temperatura, evapotranspiración y vientos.

La variación de la precipitación anual promedio, en el área está basada en INEGI (1985). La isoyeta máxima de 600 mm, se localiza sobre la porción alta de la Sierra La Laguna, en el valle la de 400 mm y la de 300 mm en las faldas de la Sierra La Trinidad, y en la franja costera desciende a los 200 mm. Las isoyetas en el área de estudio muestran para la precipitación anual una tendencia a crecer hacia el sistema orográfico de la Sierra La Laguna.

Con la intención de obtener más información con respecto al comportamiento de la lluvia en el área y también poder determinar una posible relación entre la lluvia y la recarga del sistema acuífero del área se analizaron los datos climatológicos de seis estaciones pluviométricas, situadas en la Cuenca del Arroyo San José (Mangle, Sta. Anita, Yeneka , San Felipe, Caduaño y San José),

dentro de un período de once años (1982-1993) (C.N.A., 1993) (Fig.17).

De acuerdo a las cartas de INEGI (1984 b,c) se obtuvo el comportamiento de la lluvia en dos períodos del año, el frío-templado (meses de noviembre a abril) y el caliente (mayo a octubre) en el ãrea de estudio.

Asimismo, para alcanzar a comprender el comportamiento de los parámetros ya mencionados, el área de estudio se dividió en sectores: NE, SE, NW, SW y Centro (vecindades del Cauce del Arroyo San José) (Fig.18).

Durante el período noviembre-abril, en el sector NW del área, la precipitación es abundante en la Sierra San Lorenzo, donde alcanza más de 75 mm, en las laderas de las montañas de este sector la precipitación es de alrededor de 75 mm y el gradiente de precipitación en dicho sector es abrupto en las zonas elevadas y muy suave en las zonas bajas (Fig.19a). En este sector la única estación pluviométrica es la de Caduaño (Fig. 17), la cual registró para este período del año una precipitación entre 100 mm y 200 mm, para el año de 1993 en el que se tuvo un período de lluvias extraordinarias se puede decir que en noviembre las lluvias fueron de 300 mm. Las mayores lluvias registradas ocurrieron a partir de la décadas de 1980 y los años de 1990 hasta el presente (Fig. 17).

En cuanto a la temperatura, en este sector, la media máxima es de 24°C en la Sierra San Lorenzo, y de 27°C en las faldas de la Sierra. Las temperaturas mínimas son de 6°C en la Sierra San Lorenzo; en las faldas de estas sierras tambien domina la isoterma

de 6°C por lo que la temperatura mínima es prácticamente constante (Fig. 19a).

En la estación de Caduaño, la temperatura máxima oscila alrededor de los 26°C y la mínima de los 17°C (Fig. 17). Las heladas se presentan en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

En el sector SW la precipitación es de 75 mm en las partes altas y de 50 a 75 mm en las laderas de la montaña (Fig. 19a).

Las estaciones pluviométricas situadas en este sector son: San Felipe y Yeneka. San Felipe (Fig. 17) en este período del año alcanza de 20 mm a 130 mm en promedio, en lluvias de 1993 registró 347 mm, Sin embargo, Yeneka registra precipitaciones de 100 mm a 246 mm, las precipitaciones registradas en noviembre de 1993 fueron de 350 mm.

En lo que respecta a la temperatura, la media máxima es de 24°C en las partes altas y 27°C en las partes bajas (Fig. 19a). La temperatura media mínima es de 6°C en las partes altas de la serranía y de los cerros, en contraste la temperatura en las faldas de los cerros es de 12°C.

En la estación climatológicas de San Felipe, el intervalo de temperatura oscila entre 28° y 30° C. La temperatura mínima oscila entre 14° C y 17° C, y es esta estación la que más baja temperatura muestra (14° C) (Fig. 17).

En los sectores NE y SE el gradiente de precipitación es bajo o casi nulo. La precipitación va de 50-75 mm, la estación pluviométrica Mangle está situada en el extreno NE y registra una

precipitación para el periodo noviembre-abril de 20 mm a 100 mm (Fig.19a), durante el año de lluvias extraordinario de noviembre de 1993 la precipitación en dicha estación fue de 275.8 mm.

Las temperaturas medias máximas son menores a los 27°C en ambos sectores; la temperatura media mínima es mayor a los 12°C en el sector NE, y en el sector SE es de 12°C. En la estación manqle la temperatura mínima es de 17°C y la máxima de 28°C (Fig. 19a).

El sector centro presenta un gradiente de precipitación constante; aquí se encuentran localizadas las estaciones Santa Anita en la porción media del A. San José y la estación San José en su desembocadura (Fig. 17). La estación Sta. Anita presentó una precipitación media de 100 mm a 300 mm, en noviembre de 1993 la precipitación fue de 510 mm; y en la estación San José, la precipitación para noviembre-abril fue de 30 mm a 130 mm (Fig.19a) y para noviembre de 1993 fue de 628 mm.

En el extremo sur de este sector las temperaturas medias máximas son de 27°C y la temperatura media mínima alcanza los 12°C (Fig. 19a).

El comportamiento de la lluvia para la **estación calurosa (mayo-octubre),** muestra isoyetas de 550 mm en las partes altas de la Sierra La Laguna, y 325 mm en las faldas de la sierra. El gradiente pluvial es más abrupto en el sector NW que en el SW (Fig. 19b).

El sector NW del área de estudio presenta precipitaciones de 475 mm en las partes altas, como ocurre en la Sierra San Bernardo, en la falda de la montaña de 400 a 475 mm y en el pie de monte de

325 a 400 mm (Fig. 19b). En la estación de Caduaño la precipitación fue de 300 mm a 400 mm y para 1993 de 416 mm.

La temperatura media máxima es de 27°C en las zonas altas de la Sierra San Lorenzo, y la diferencia de temperatura máxima en esta zona es elevada; en las faldas de las montañas la temperatura es de 30°C- 33°C. La temperatura media mínima es de 15°C en las partes altas y en las faldas de la montaña la temperatura es de 15°C y de 18°C en el pie de monte (Fig. 19b). La evapotranspiración es abundante en el mes de agosto y alcanza los 500 mm en las partes altas de la Sierra San Bernardo y 400 mm en la ladera de montaña de la misma sierra (INEGI, 1983).

En el sector SW la precipitación media máxima es de 475 mm, en el pie de monte es de 325 mm; y el gradiente de precipitación es suave para las porciones altas y elevado en las porciones bajas (Fig. 19b). En la estación San Felipe la precipitación media anual fue de 150 mm a 500 mm y para 1993 durante las lluvias producidas en mayo-octubre, esta estación registró una precipitación de 481 mm; en la Estación Yeneka la precipitación media anual fue de 400 mm a 500 mm (Fig.17) y para el mismo período de 1993 de 566 mm.

La temperatura media máxima es de 30°C en las partes elevadas y en la ladera de montaña la temperatura es de 33°C (Fig. 19b). La temperatura media mínima es de 15°C en las‘partes altas y cambia a 18°C en el pie de monte. La evapotranspiración en este sector es de 170 mm.

En los sectores NE y SE la precipitación es menor de los 250 mm, en la estación Mangle la precipitación media anual en dicho

período fue de 60 mm a 500 mm (Fig.19b) y para 1993 de 482.9 mm.

La temperatura media máxima es de 33°C , y los gradientes de precipitación son muy suaves. La evapotranspiración es de 400 mm (INEGI, 1983).

En el sector centro 'la precipitación es de 250 mm; con un gradiente de precipitación constante. La estación Sta. Anita registró en el periodo mayo-octubre una precipitación de 300 mm a 700 mm y para 1993 en el mismo periodo la precipitación fue de 347.6 mm; sin embargo en la estación San José la precipitación media anual fue de 200 mm a 400 mm (Fig. 17) y para el mismo período de 1993 de 258.5 mm.

La temperatura media máxima en el sector es de 36°C; mientras que, la temperatura mínima media es menor a los 18°C. La evapotranspiración es de 300 mm (INEGI, 1983).

La dirección del viento en el área de estudio es variada, con direcciones prevalentes: SE, SW, S, E y N (Figs. 19a y 19b).

En la estación fría, el viento tiene una dirección NE; en el sector SE el viento presenta una frecuencia del 80% y en el sector SW presenta una frecuencia del 50% (Fig.19a). Sin embargo, para la estación de verano se tienen tres direcciones predominantes de viento, al SE, W y N. El viento de dirección N presenta frecuencias de 80% (Fig.19b). En el sector SE el'viento cambia de dirección hacia el NW con una frecuencia del 100%; en el sector NW la frecuencia del viento es del 80% y su dirección es W; y en el sector SW la frecuencia del viento es de 100%.

Existe un déficit de agua cuando la humedad del suelo se agota y el agua disponible no alcanza a humedecer el suelo, es decir cuando la evapotranspiración consume toda el agua. En la Cuenca del Arroyo San José el déficit medio anual de agua en las partes más altas es de 400-500 mm, en las faldas de las sierras puede llegar a ser de 500-700 mm, cerca de la zona de Caduaño es de 800-1000 mm y en la costa el déficit alcanza los 1000-1200 mm (INEGI, 1980b).

En conclusión, las lluvias en el área de estudio se llevan a cabo, principalmente, de julio a octubre, y están relacionadas con los ciclones que se presentan en el área de estudio.

En las partes altas de la Sierra La Laguna la precipitación es elevada, alcanza los 475 mm en la época de lluvia y el gradiente de precipitación en el sector NW es muy elevado, a medida que se llega a las partes bajas el gradiente de precipitación es suave y la precipitación alcanza en estas zonas valores menores a los 250 mm, así que se tienen lluvias abundantes en las porciones elevadas de los sectores NW y SW del área de estudio.

Por lo anterior, es posible asegurar que las lluvias ocurren en la estación caliente cuando la acción de los vientos con dirección SE transportan nubes hacia las partes altas de la serranía y esto da lugar a una abundancia de precipitación en la margen izquierda del Arroyo San José; mientras que en las porciones sur y este las precipitaciones son escasas. Hay que considerar que la coordillera de la Sierra La Laguna presenta mayor elevación que la de la Sierra la Trinidad situada al este del área, esto da lugar a que las precipitaciones sean mayores en la primera, ya que el

viento acarrea las nubes hacia zonas de baja presión como las situadas en las sierras.

Como las lluvias ocurren en temporada de calor con temperaturas que llegan a los 28°C, esto ocasiona una gran evaporación sobre todo en aquellos sectores donde la temperatura es elevada como es el caso de los valles, aunque también la evapotranspiración es elevada en las serranías y alcanza los 500 mm, como ocurre en el sector NW del área.

Asímismo, el déficit de agua en el área de estudio es menor en las sierras, con 500 mm que en los valles (sector centro), donde llega a ser de 1200 mm anuales. Esto confirma que la mayor temperatura y por consiguiente la mayor evaporación en los valles hace que el déficit de agua sea mucho mayor en los valles que en la sierra. Es posible de esta manera concluir que el sistema orográfico de la Sierra La Laguna es el principal moderador de las condiciones climáticas en el área, así como un gran regulador de agua superficial y subterránea en la misma.

b. Clima .-

La posición geográfica del área de estudio determina en gran parte su clima, por medio de los siguientes factores: altas presiones subtropicales del Pacífico Norte (responsables del alto grado de aridez); la corriente fría de California que ocasiona una inversión térmica y pluviométrica en las costas occidentales, así como las tormentas tropicales, que también generan abundante precipitación (INEGI, 1984 b y c).

El clima es cálido, seco y extremoso, y es posible distinguir dos sectores en la Sierra La Laguna: uno al oeste de la sierra, conformado por la llanura costera del Océano Pacifico, la cual se considera seca y semicálida, y otro, correspondiente al sector oriental de la Sierra La Laguna, el cual presenta clima seco. Este sector corresponde a las laderas de la sierra en el área de estudio, donde el clima varía con la altura y da lugar a variaciones climáticas que van de cálidas a semicálidas.

El eje orográfico de la porción sur de la Península, la Sierra la Laguna, constituye el área menos seca y cálida, donde las variaciones climáticas están relacionadas con la altitud. Se alcanzan niveles subhúmedos y templados en las partes altas, y semiseco y semicálido al pie de la misma, (Maya Delgado, 1988).

El área montañosa más próxima a la costa del golfo (Sierra La Trinidad), presenta climas subhúmedos, característicos de la zona este. De acuerdo a la clasificación hecha por Koppen, y editada por INEGI (1981 b) en cartas escala 1:500,000, el clima en la porción más elevada de la Cuenca, en la Sierra San Lorenzo, en el sector NW del área, es seco, dentro de los climas templados subhúmedos es el más seco, con abundantes lluvias en verano; en las laderas de las sierras, a la altura del poblado de Miraflores, el clima grada a semiseco y el régimen de lluvias es más abundante en verano; en el sector SW, el clima predominante es el semiseco, con régimen de lluvias en verano.

En el sector centro, la temperatura es cálida y el clima bastante seco, con escasas precipitaciones en verano.

Esto tiene que ver con la acción del viento, el. cual propicia lluvias en las estaciones de verano, las cuales son captadas por el sistema orográfico de la Sierra la Laguna, mientras que en invierno los vientos transportan las nubes hacia el SE del área, conduciéndolos al Golfo de California.

c.- Ciclones.-

Uno de los factores que influyen, fundamentalmente, en el clima de la región son los ciclones. Los ciclones que afectan a México tienen cuatro zonas matrices o de origen, Y en ellas aparecen con distinto grado de intensidad, que va creciendo a medida que progresa la temporada, la cual se extiende, generalmente, desde la última decena de mayo hasta la primera quincena de octubre. Las zonas generadoras de huracanes son: Zona del Golfo de Tehuantepec, Zona de la Porción SW del Golfo de México en la llamada Sonda de Campeche, Caribe Oriental y Zona de la Porción Atlántica (DETENAL, 1977).

Las lluvias producidas en el área de estudio se deben, principalmente, a los ciclones y son más abundantes en el mes de septiembre, por la acción de los ciclones provenientes de la zona del Golfo de Tehuantepec (DETENAL, 1977).

Los meteoros de la zona del Golfo de Tehuantepec nacen en la latitud 15º N, y por lo general los primeros viajan hacia el oeste, sin embargo los formados de julio en adelante describen una parábola que penetra en tierra al norte de Cabo Corriente, y afectan a los estados de: Nayarit, Sinaloa, Sonora y Baja California Sur.

Hay que mencionar que la zona generadora de huracanes sufre desplazamientos por obedecer a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo (DETENAL, 1977).

Los ciclones pasan por diferentes fases, de sistemas lluviosos a depresionarios, a tormentas tropicales y finalmente a huracanes.

En el área de estudio, durante los meses de julio, agosto, septiembre y noviembre se registran las mayores lluvias debido en gran parte a los ciclones, que a su vez activan a los cauces de los arroyos de la Cuenca del Arroyo San José y llegan a modificar el paisaje del lugar, y a generar daños materiales. Estas lluvias en el área de estudio se dan generalmente en el mes de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre, agosto presenta 15 mm, septiembre 65 mm, octubre 25 mm, noviembre 18 mm y diciembre 18 mm, este es el promedio mensual en la temporada de ciclones.

d.- Suelo y **Vegetación.-**

d.1. Suelo.

Los suelos en las regiones áridas del mundo están concentrados entre los 10°y 50° de latitud N y S, debido a ello estas regiones han sido estudiadas por geólogos como el ruso Dokuchaev y el estadounidense Hilgard, ambos pioneros (Dregne, 1900).

Dokuchaev clasificó a los suelos de acuerdo a la acción que tienen sobre factores, como: clima, topografía, material parental, vegetación y tiempo. Hilgard, en cambio, precisa que los suelos de las regiones áridas estãn compuestos por material cuarzoso y limos

que provocan una alta fertilidad nativa.

Los sistemas de clasificación de suelos en el mundo son: ruso, australiano, francés, estadounidense, y el de la FAO (Soil Survey Staff, 1976). En esta última clasificación se basan las cartas edafológicas editadas por INEGI, las cuales fueron utilizadas para la determinación de las características de los suelos en el área de estudio.

La Península de Baja California está compuesta por suelos: Regosol, Yermosol, Cambisol, Litosol, Fluviosol, Feozen y Xerosol, según INEGI (1985 b).

Los tipos de suelos predominantes en el área de San José del Cabo (INEGI, 1985 b), son: Regosol en un 40%, litosol en un 40% y Xerosol en 10% (Fig. 20).

El Regosol es el tipo de suelo más ampliamente distribuido en la Región de Los Cabos, es de color claro, parecido a las rocas que lo subyacen y es característico de varios climas, por consiguiente se asocia a diferentes tipos de vegetación (Fig.20).

El Litosol también se localiza en cualquier clima, representa suelos mal desarrollados, con espesores de 10 cm y características que dependen de la zona en donde se encuentre. Este suelo se encuentra en la porción sureste del Arroyo San José.

La Sierra de la Laguna está constituída por Litosol, con pequeñas áreas compuestas de Regosol. En la porción SW, del poblado de San José del Cabo, se aprecian suelos de tipo Reqosol, calcárico y eútrico. En los límites del Arroyo San José el material es de tipo Regosol, eútrico y calcárico, aunque en la porción media

del arroyo el suelo grada a Feozen calcárico, a manera de **pequeños** manchones.

En la porción SE del Arroyo San José, con límite SW de la Sierra la Trinidad, el tipo de suelo cambia a Litosol, y en la **zona litoral** éste es Regosol, de composición gravosa.

En la margen derecha del Arroyo San José predominan los suelos Regosol eútrico, con gradación a Regosol de composición lítica en la porción sur de la cuenca, en la desembocadura del A. San José y Regosol háplico de composición lítica (INEGI, 1985 b), (Fig. 20).

Suelos con alto índice de porosidad, como el caso del litosol, propicia la acumulación de agua y por lo tanto abundante vegetación, estos suelos están relacionados a zonas de fallamiento y fracturamiento; los suelos como el regosol, localizados sobre el cauce de los arroyos, aunque son porosos, son más estables y maduros que los anteriores, y propician, por su contenido de humedad, la formación de palmares en lugares con abundante agua y matorrales en lugares donde el agua es escasa.

d.2.-Vegetación.

La cubierta vegetal influye en la cantidad de escurrimiento generado, al actuar como retardador de éste propicia la infiltración. La principal comunidad vegetativa representativa del área de estudio es la selva baja caducifolia, que se encuentra muy esparcida y está relacionada con los terrenos erosivos, y en menor proporción con zonas dedicadas a la agricultura de temporal (Folliott Peter et.al, 1992).

FONATUR (1982) establece que la zona de San José del Cabo presenta una vegetación de tipo micrófilo espinoso, y sólo en las márgenes del arroyo, así como en la periferia del estero, existen zonas agrícolas y palmares importantes. Se destacan en la región tres tipos de vegetación: el más predominante es el desértico, donde abundan las cactáceas; el segundo está formado por cultivos y frutales que constituyen uno de los principales sustentos económicos de la zona y en los alrededores de la marisma; un tercer grupo de vegetación es de tipo: carrizal, mangle, lentejilla y palmar datilero. Entre las especies vegetales destacan la palmera, el palmo, el árbol de monte y el árbol de humo.

Sin embargo, la presencia de la selva baja caducifolia se manifiesta en toda el área, en montañas, lomeríos, planicies y franja costera. De las diferentes asociaciones vegetales que se pueden considerar en este rango las de mayor presencia son: el matorral sarcocaule y la selva baja caducifolia; éstas se encuentran alternadas con matorrales crasicaule y subinerme, y en menor proporción en pastizales cultivados y zonas agrícolas de riego.

La cubierta vegetal más densa del área se localiza en las partes altas de las Sierras y pertenece al sector NW, el rango a que corresponde se estima entre alta y media; y las comunidades vegetativas representativas son los bosques de pino-encino y combinaciones con chaparral (INEGI, 1989).

Se han identificado cuatro comunidades vegetales en la Sierra de la Laguna (Arriaga y León, 1989). En las tierras aluviales y pie

de montaña se encuentran matorrales desérticos denominados Matorral Sarcocaule; en las planicies de 400 a 1000 m de elevación es común encontrar asociaciones de plantas denominadas Selva Baja Caducifolia (Fig. 20); en las elevaciones medias de 1000 a 1500 m se encuentran los bosques de encinos y en los puntos más elevados son localizados los bosques de pino-encino; en las partes bajas o sobre el cauce de los arroyos es característico encontrar palmares y matorrales subtropicales.

La distribución de la vegetación está determinada por la abundancia de precipitación y la elevación, lo cual favorece sectores húmedos en los cuales se desarrollan favorablemente los bosques de pino-encino. En los sectores donde la precipitación es menor la temperatura tiende a ser alta, que junto con el clima seco propician la generación de matorrales, a causa de la escasez de humedad.

En la porción NW del área es predominante la vegetación de pino-encino, la cual abunda en las porciones altas de la sierra; en las laderas de la montaña predominan los matorrales de coníferas y en el pie de monte la selva caducifolia. A la altura de Miraflores hay pequeñas áreas destinadas a pastizales (Fig. 20).

El sector SW está constituído por vegetación de pino-encino en las partes altas, en las laderas de la montaña predominan los matorrales de coníferas (Fig. 20).

En los sectores SE y NE domina la selva caducifolia, en las laderas de la montaña hay pequeñas áreas de matorral crasicaule, en el pie de monte predomina el matorral sarcocaule (Fig. 20).

En la porción centro abunda el matorral sarcocaule, hay zonas en la porción occidental y oriental del Arroyo San José en las que se dan los palmares; a lo largo del cauce del Arroyo San José se da la llamada vegetación de galería, y en el extremo sur del Arroyo San José predomina el bosque de galería (INEGI, 1989).

Como ya fue mencionado en el capítulo anterior, el Estero San José es un cuerpo de agua de SO.54 has, separado del mar por una barrera y rodeado en su parte posterior de un valle. La vegetación del estero se puede dividir en: acuática y subacuática; riparia, la cual presenta dos variantes: el palmar (ubicado en las zonas contiguas a los cuerpos de agua) y el bosque caducifolio (relacionado estrechamente con las vertientes principales-zonas húmedas) ; vegetación xerófila-espaciada, la cual se presenta en las zonas desérticas y semidesérticas, con abundancia de cactáceas en las zonas con pendientes (FONATUR, 1982).

En general, en el área de estudio las zonas con mayor humedad son las Sierras, en las cuales la temperatura es templada y favorece la formación de pino-encino. Esta vegetación ayuda a que la temperatura en el área sea de templada a fría en invierno-otoño. Sin embargo, en las zonas bajas, planicie de montaña y valle, la alta temperatura en verano propicia una alta tasa de evaporación, y por lo tanto escasa agua; la vegetación predominante son los matorrales, y la selva caducufolia en determinados puntos donde las características del terreno son adecuadas, propician la acumulación de agua, como en la porción W de la Cuenca, especificamente en el Arroyo Las Palmas. Por lo general, la distribución de los

matorrales se da en el sector centro, SW y SE de la cuenca, en el sector NW abundan los pino-encinos y sobre el cauce del Arroyo San José es posible localizar puntos muy locales donde se dan palmares (Fig. 20).

Por consiguiente, la vegetación en el área de estudio es abundante, está supeditada a la abundancia de agua en el área y ésta es favorecida por el tipo de suelo, el sector occidental del área de estudio está constituído por suelo de tipo litosol, en las partes altas predominan los bosques de pino-encino, en las laderas la Selva Caducifolia, y hay pequeños manchones de suelo tipo Regosol Lítico al SW del área; la porción oriental está constituída por Regosol Lítico con abundantes matorrales, hay manchones de litosol con selva caducifolia al SE del área; la porción central de la cuenca está formada por suelo de tipo Regosol Lítico con matorrales y sobre el cauce del Arroyo San José predominan los palmares.

e. Agua Superficial.-

El Arroyo San José es la corriente más importante del área de estudio, y corre de norte a sur, sus principales tributarios por la margen derecha y de norte a sur son los Arroyos: San Bernardo, San Pedro y San Pablo, La Palma, San Lázaro, San José Viejo y Sta. Rosa (Fig. 8).

En la margen derecha del Arroyo San José, ROASA (1980) reporta el desarrollo de terrazas amplias con características impermeables.

El Arroyo San José es más ancho al acercarse a la línea de costa y drena al Océano Pacífico, en el Estero de San José. En temporada de huracanes es tan alto el escurrimiento que arrasa con todo lo que encuentra a lo largo de su curso, y lo deposita cerca del Estero San José o en la línea de costa.

En temporada de lluvias, el agua tiende a seguir los planos de debilidad característicos del área de estudio, como son fallas y fracturas, sobre todo en el sector occidental del Arroyo San José, donde los escurrimientos son elevados. Es de mencionar que las partes altas en el área son las mayores captadoras de lluvia, y por lo tanto, debido también a las pendientes tan abruptas que las caracterizan, hace que estas áreas situadas al NW, SW y NE del área de estudio sean las que mayores escurrimientos produzcan.

En pendientes mayores a los 36° (Fig. 11) es común encontrar manchones de suelo de tipo Regosol con bosques de pino-encino; en las montañas con pendientes de 33°-36° predomina el suelo de tipo Litosol con bosques de encino y matorrales de coníferas (Fig. 20); en las laderas de montaña con pendiente de 29° a 33° predomina el Litosol y la selva caducifolia; en el pie de monte predomina el suelo de tipo Regosol lítico con pendientes de 27° y 29° y se dan los matorrales; a pendientes de 22° a 27° se les denomina, en el área de estudio, Planicies inclinadas, en las que predominan los suelos de tipo Regosol lítico y gravoso, al NW del cauce del. Arroyo San José estos suelos presentan pastizales; en las planicies con pendientes de 20° a 22° predominan los suelos de tipo Regosol lítico con predominio de matorral subinerme presente en la margen

izquierda del Arroyo San José; y en el valle cuya pendiente es menor a los 20° predomina el aluvión con la llamada vegetación de galería y palmares. Por lo anterior, se puede mencionar que en pendientes elevadas el escurrimiento es mayor y éste es captado por la abundante vegetación, a medida que la pendiente se hace suave el escurrimiento decrece y la vegetación es más escasa.

f.Tipo de **Sedimentos.-**

Las características de los sedimentos fluviales en el área, según estudios realizados por CICIMAR en 1992 (Depto. de Oceanología), son las siguientes:

Los sedimentos próximos o situados sobre el Arroyo San José presentan una distribución bien definida en cuanto a tamaño, son sedimentos gruesos, sin embargo los sedimentos obtenidos lejos del arroyo principal tienden a ser heterogéneos y consisten en arenas medias, revueltas con arcillas y limos. Esto tal vez se debe al proceso de transporte a que dicho sedimento ha estado sometido en relación al del arroyo principal. Las características en este último son: arenas gruesas mezcladas con arenas medias, guijas (4-64 mm) y guijarros (> 64 mm hasta llegar a 1 cm), producto del intemperismo que afecta a las unidades litológicas adyacentes.

En la línea de costa, del área de estudio, la acumulación de sedimento de origen fluvial forma playas rectas, acumulativas, de origen ígneo intrusivo en su mayoría, aunque también existen playas de bolsillo, limitadas por acantilados graníticos.

En los extremos de la Bahía San José del Cabo son apreciables dos puntas arenosas: una situada al SW de la bahía, Punta **Palmilla** ; y la segunda situada en el extremo SE, al norte de la misma, Punta Gorda. Esta última de extensión menor que la primera.

En la costa del área de estudio convergen tres corrientes: Corriente de California con dirección NW-SE; Corriente del Golfo de California con dirección NE-SW; y Corriente Norecuatorial, que se dirige hacia el oeste de la Costa de San José del. Cabo. La corriente del Golfo de California tiene su máxima influencia durante la primavera, aunque ha sido detectada durante todo el año frente a Cabo San Lucas, a profundidades de 0 a 150 m (Stevenson y Miller 1970) (Fig.7).

Dichas corrientes redistribuyen el sedimento costero y ayudan a la formación de playas, así como a la erosión de las mismas. Generalmente, la acumulación del sedimento se establece en verano hacia el E del litoral, al norte de San José del Cabo, y en invierno hacia el W de San José del Cabo, dependiendo de la dirección y magnitud de las corrientes.

El sedimento que conforma a las playas del área de estudio tiende a ser de origen fluvial, ya que existe una gradación que va de sedimentos gruesos a finos'en las inmediaciones de la costa. Si el transporte fuese netamente marino el sedimento presentaría una distribución más homogénea, con una tendencia fija de sedimentos medios-finos y redondeados.

g. Aguas Subterráneas.-

El agua subterránea fluye a través del sedimento poroso, fallas y fracturas hacia las partes bajas, y descarga en manantiales, al mar, o por medio del bombeo.

FONATUR (1982) comenta que al inicio del **proyecto** turístico en 1974, en el área se extraía un volúmen de **18 x** 10^6 m^3/año, mediante 92 pozos de exploración con caudales que varían desde 0.5 hasta 140 l/s. A través de un estudio fotogeológico se concluyó que debido al relleno aluvial del Arroyo San José se puede incrementar la explotación de aguas subterráneas con 22 x10^6 m^3 adicionales.

El primer estudio geohidrológico realizado en la cuenca fue el de INGESA (1968) y las primeras observaciones piezométricas realizadas fueron hechas en 1968, cuando se perforaron varios pozos exploratorios, desde este año se hicieron observaciones quincenales o mensuales en los pozos y norias del lugar, que continuaron durante 1971 hasta 1974. En 1974 TMI realizó un estudio geohidrológico preliminar en el área, en el cual se amplió la red de pozos, y se extendieron dichas observaciones hasta Miraflores-Caduaño, donde fueron medidos todos los niveles de las captaciones.

De 1968 a 1971 los niveles de agua descendieron, lo mismo pasó en el intervalo de 1971 a 1975 en que los abatimientos de agua fueron de entre 5 m y menos de 1 m, sin evidencias de una recarga apreciable, como resultado de esto, varios de los pozos de observación, los menos profundos, se secaron.

De 1975-1980 se registraron recuperaciones notables de los

niveles de agua, como resultado de recargas derivadas de lluvias intensas y prolongadas. Así se observaron recuperaciones importantes, de 5 a 10 m en la parte media del valle.

Mediciones entre 1990 y 1993 reflejan que de 1991 a 1992 se apreció una recuperación en el nivel estático de los pozos, probablemente debido a una recarga atribuída a las abundantes lluvias: Esto reflejó que un 46.10% de los pozos aumentaron su nivel, el 34.6% de los pozos disminuyeron su nivel estático y el 19.3% se secaron.

En el ciclo 1992-1993, el 71.1% de los pozos aumentó el nivel estático, el 9.6% los pozos sufrieron un descenso en el nivel estático y un 19.30 % de los pozos se secaron debido al excesivo bombeo, sin poder llegar a recuperarse.

ROASA (1980) reportó que el agua subterránea en el área de estudio se aprovechaba por 140 captaciones, de los cuales 82 eran norias y 8 manantiales; sólo 60 de las captaciones se encontraban equipadas; 40 eran usadas con fines agrícolas, 9 para abastecimiento de agua potable y 11 para uso doméstico.

Actualmente siguen existiendo los 8 manantiales en San José Viejo y Miraflores; de las norias, se puede decir que hay una gran cantidad de ellas que ya no funcionan al abatirse su nivel.

En la parte baja de la Cuenca del A. San José, los niveles de agua se encuentran cercanos al nivel del mar, y aumentan su profundidad hacia la porción norte de la cuenca, a la altura de Miraflores alcanzan profundidades entre 9 y 20 m.

El agua subterránea fluye del valle hacia el Océano Pacífico

y el gradiente hidraúlico es mayor en la parte alta de la cuenca, cerca del poblado Boca de La Sierra es del orden de 50 por millar, y decrece a 7 y 15 por millar en el valle. En el valle se hallan extensas terrazas fluviales con gradientes hidraúlicos muy elevados, a causa de la baja permeabilidad del relleno.

Los valores promedios de los parámetros hidrodinámicos del sistema acuífero de la cuenca son: trasmisibidad 0.04 m^2/s y coeficiente de almacenamiento 0.05 (ROASA, 1980).

Con base a la interpretación de sondeos eléctricos, realizados por Roasa en 1980 y Consultores del Agua Subterránea (1988), se pueden distinguir cuatro unidades litológicas importantes en el área de estudio, las cuales fueron clasificadas, como: Basamento Cristalino (D), Arenas y gravas con arcillas, las cuales constituyen una capa impermeable (B), Arena de grano fino y grava (C), Arena y grava, con/sin arcilla sin saturar (A)(Fig. 21).

La distribución del basamento cristalino (D), a lo largo del Arroyo San José, es bastante irregular con fosas y pilares (Fig. 21). Se localiza en el extremo NW del área a una profundidad de 350 a 400 m, a la altura de Miraflores; decrece en profundidad en el Arroyo Las Palmas, donde alcanza de 100 a 200 m; la profundidad aumenta en el Arroyo Sta. Anita hasta 250 m; es de 350 m en el Arroyo San Miguelito; y 550 m en el Arroyo el Saltito. Es en este último donde la unidad granítica forma depresiones hasta llegar a la desembocadura del Arroyo San José, en el cual dicha unidad forma un pilar a la altura del poblado de San José del Cabo, dicho pilar actúa como una barrera sobre la intrusión de agua de mar.

Las arenas y gravas con arcillas (Capa Impermeable), (B), se comporta en forma de manchones con espesores de 150 m a la altura de Miraflores, el espesor aumenta a 500 m en Los Arroyos La Palma y San Miguelito con 800 m de espesor; disminuye en espesor al llegar al Arroyo el Saltito donde alcanza los 150 m; y aumenta en espesor al llegar a la altura de San José con 500 m. El comportamiento de estos sedimentos se debe a la forma establecida por el basamento (fosas y pilares), lo cuál produce mayores espesores en las cuencas que en los pilares.

La arena de grano fino y grava, (C), se manifiesta también en forma de manchones, a lo largo del Arroyo San José; sus espesores en el extremo NW del Arroyo San José varían de 500 m al llegar a la altura de Miraflores hasta los 200 m sobre el Arroyo La Palma; en la porción media del Arroyo San José alcanza espesores variados, los cuales van de 160 a 100 m hasta llegar a la desembocadura del Arroyo San José, donde el espesor se mantiene en 100 m. Esta unidad también alberga sedimentos saturados de agua con gran cantidad de sales (ROASA, 1980), los cuales están ubicados en la desembocadura del Arroyo San José, al SE del mismo.

Las arenas y gravas sin/con arcilla, (A), presentan la misma distribución que las unidades anteriores; los espesores máximos van de 250 m al llegar a San Miguelito hasta 150 m a la altura de Sta. Anita; los espesores de 250 m ocurren sobre el Arroyo San José, la Palma y el Saltito, y aumentan de espesor en Miraflores donde se alcanzan los 500 m; en el extremo NE del Arroyo San José se presenta a manera de manchones.

La distribución de estas unidades permite reconocer el potencial de almacenamiento de agua en función del espesor de los sedimentos y claro está tomando en cuenta su porosidad. El almacenamiento de agua subterránea es mayor en la margen derecha del Arroyo San José que en la margen izquierda, ya que en esta última, el espesor sedimentario es menor y el basamento cristalino aflora a menor profundidad. Dicho basamento actúa como barrera impermeable.

Estudios realizados por INEGI (1988) reflejan que en la porción NW del área de estudio el material está consolidado, con posibilidades bajas al almacenamiento. En la porción SW el material predominante también está consolidado, con posibilidades bajas, pero existe la presencia de material no consolidado, con posibilidades bajas. Al NE del área, el material predominante está consolidado, con posibilidades bajas, y existen pequeños manchones en la porción alta de la Sierra La Trinidad; y al SE del área el material no es consolidado, con posibilidades bajas. Sobre el cauce del Arroyo San José el material es no consolidado, con posibilidades medias, en la margen derecha del arroyo predomina el material no consolidado con posibilidades altas.

El flujo del agua subterránea es fundamentalmente a través del relleno de los cauces de los tributarios del Arroyo San José y continua por el Arroyo San José hasta el mar.

gl. Recarga.-

Conocer la recarga en una región árida no es algo sencillo de realizar. En el caso de la Cuenca del Arroyo San José la mayor precipitación ocurre en las partes altas de la Sierra la Laguna, sin embargo su fracturamiento y altas pendientes propician que la recarga, posiblemente, se presente en los cambios de pendiente. Hacer referencia a un valor promedio de la recarga en nada ayuda, dado el carácter tan aleatorio de la lluvia en el área de estudio. Es por esto que aquí se intente hacer una correlación, cualitativa, entre la lluvia y los niveles estáticos (hidrógrafos). Con el objeto de comprender cuándo se presenta la recarga.

En la Sierra la Laguna, posiblemente, se da la mayor parte de la alimentación del acuífero, aunque arroyos, como: San Bernardo, San Pedro y San Pablo, y La Palma contribuyen también a la recarga . Uno de los inconvenientes para la recarga en las partes bajas de la cuenca, es que a pesar de que hay amplias terrazas fluviales, bstas no funcionan como buenas fuentes de recarga, ya que la vegetación del lugar intercepta gran parte de la lluvia, los materiales expuestos tienen baja capacidad de infiltración y la superficie freática se encuentra a profundidades entre 40 y más de 90 m.

La información que se procesó fue en base a la piezometría que se pudo obtener en cuatro pozos (tres en la parte media de la cuenca: pozos R 154, R 156 y R 55 y otro en la parte baja el número R 115) (Fig. 8). Los pozos estudiados están ubicados en la parte media del cauce del Arroyo San José, a la altura del poblado de Sta. Anita. Esto permitió generar cuatro hidrógrafos con

información desde 1968 a 1993 con un lapso de 1981 a 1989 sin datos (Figs. 22,23,24 y 25). Lo anterior se complementó con los registros mensuales de 1968-1993 de la precipitación de todas las estaciones climatológicas de la cuenca.

De dichas estaciones, Caduaño (Fig. 26) fue considerada la estación más confiable para estudiar la recarga debido a su posición en la'parte más alta de la Cuenca del Arroyo San José en relación al resto (Fig. 17).

La precipitación media anual de Caduaño es de 460 mm y el año de 1972 fue un año importante en cuanto a la precipitación (635 mm), ya que la precipitación registrada durante varios años estuvo abajo del promedio (Figs. 26), sin embargo durante septiembre de 1972 se observó una recuperación en todos los pozos. El año de 1975 fue seco con 16.6 mm durante el período septiembre-diciembre, que propició un abatimiento en el nivel estático de los pozos del área que se reflejó hasta principios de 1976 (Figs. 22,23,24 y 25). Durante el período 1968 a 1975, los niveles estáticos de los pozos descendieron debido a que durante el lapso de 1968 a 1971 la lluvia fue menor al promedio y aunque en 1972 y 1974 hubo valores mensuales considerables éstos rara vez alcanzaron los 200 mm, lo cual no fue suficiente para recargar los acuíferos. Con esto fue observado que valores anuales mayores al promedio anual no necesariamente contribuyen significativamente a la recarga, sino más bien los altos valores mensuales, apoyados en meses contiguos con precipitaciones altas, como fue el caso del mes de agosto de 1972, que fue seguido con lluvias durante septiembre y octubre del

mismo año.

Los niveles estáticos de los pozos siguieron descendiendo hasta noviembre de 1976, cuando los niveles de los pozos se recuperaron debido a una fuerte precipitación en septiembre que llegó a alcanzar los 462 mm (Fig.26), dicha recuperación fue de cerca de 1 m en el pozo R 55 (Fig. 22), caso similar ocurrió en los pozos R 156 y 154 (Figs. 23 y 24). El nivel estático quizás se recuperó aún antes de noviembre, lo cual indica que la respuesta a la recarga no es mayor a 1 0 2 meses, bajo condiciones favorables.

A fines de 1977 y principios de 1978 se observó otra recuperación resultado de una precipitación que alcanzó los 359 mm en agosto, reforzada por otra de 147 mm ocurrida en octubre (Fig.26), esto obtuvo una respuesta rápida en el acuífero, haciéndola visible entre diciembre de 1977 y febrero de 1978, en varios pozos (Figs. 22,23 y 24). Esto indica que el efecto de recarga es acumulativo, con esto se quiere dar a entender que la respuesta a la recarga es rápida, pero el efecto total o máximo se hace notar hasta después de cuatro meses.

En el año de 1990 con la lluvia de 361.5 mm en julio, reforzadas por las de agosto, septiembre y octubre se propiciaron recuperaciones en el periodo de 1990-1991.

Sin embargo, aunque en septiembre de 1991 ocurrieron lluvias de 248 mm, reforzadas por noviembre con 86 mm, esto no fue suficiente para que se mostrara una recuperación, más bien lo que se observó fue una estabilización de niveles, hasta prácticamente julio de 1993.

Finalmente, las lluvias extraordinarias de noviembre de 1993 (Figs. 26 y 27), seguramente propiciaron una recarga considerable, que se confirmaría con los datos de niveles de los pozos de julio de 1994 (paro de bombeo para la toma de niveles estáticos).

Algo importante a señalar es el comportamiento de un pozo cercano a la costa (pozo R **115)** (Fig. 25). El cual reporta un comportamiento similar a los pozos situados aguas arriba, pero con variaciones más pequeñas, lo cual refleja probablemente la capacidad de amortiguamiento del acuífero, la cual es mayor aguas abajo que aguas arriba, pues el sistema que participa del flujo es mayor aguas abajo que aguas arriba.

De los hidrógrafos, se observó que en el pozo R 55 (Fig. 22) el nivel descendió desde una profundidad de 15.3 m en 1970 a 20.86 m en 1992, y 24.91 m en 1993, aunque se estima que este último es un valor anómalo, puesto que no coincide con los pozos vecinos. Así, el descenso promedio en 26 años fue de 0.4 ..m/año.

El pozo R 154 (Fig. 24) descendió en su nivel de 10.1 m hasta 20.6 m en 1993, con un descenso promedio de 0.4 m/año.

El pozo R 156 (Fig. 23) descendió en su nivel de 13 m a 21.53 m en 1993 con un descenso promedio de 0.33 m/año.

En los pozos cercanos a la costa el descenso fue menor, dado que en el período 1990 a 1992 la evolución de los niveles de la mayoría de los pozos fue positiva es decir hubo recuperación, en contraste con los pozos de aguas arriba, los cuales no reflejan dicha recuperación. Con esto se confirma el mayor nivel de amortiguamiento del sistema acuífero en su porción de aguas abajo.

Esto no quiere decir que es más factible explotar aguas abajo que aguas arriba, ya que esto depende de otros factores como el nivel de explotación existente y la profundidad de los pozos.

Lo anterior confirma que, en la parte media del Valle del Arroyo San José el abatimiento promedio fue de 0.4 m/año, y que en los pozos cercanos a la costa, en años recientes, más que abatimiento hubo recuperación. Esto quiere decir que, un aprovechamiento racional del acuífero debe de tomar en cuenta la manera en que éste se recarga, y estar atentos a aquellos años en que realmente existe una recarga sustantiva para realizar una extracción más confiable.

De acuerdo a ROASA (1980), en el intervalo de 1968-1975, el acuífero con un coeficiente de almacenamiento de 0.05 mostró un cambio de almacenamiento de $7x10^6$ m^3, y la recarga estimada fue de 20.6 x10" m^3/año. La zona de San Lázaro aportó de $1-3x10^6$ m^3/año, y la aportación subterránea de las terrazas fue., de 8-12 x10" m^3/año, donde la transmisibidad de las terrazas es del orden de 1-2 $x10^{-3}$ m^2/s; en la porción costera el flujo subterráneo fue de 15 x10" m^3/año, del cual $3x10^6$ m^3/año es captado por los pozos y norias emplazadas y el resto ($12x10^6$ m^3/año) escapa por evapotranspiración.

q.2. Extracción.-

La estimación del bombeo en la cuenca no ha sido del todo efectiva al no existir un control directo, por medio de medidores de caudal, sobre las extracciones en 30s pozos.

Tomando en cuenta los caudales y los tiempos de bombeo, en el ciclo de mayo 1979-abril 1980 la cantidad de agua extraída fue de 13.15 millones de m^3, de acuerdo a ROASA (1980).

En el área de estudio, la zona de bombeo más importante está localizada en la porción media de la cuenca, entre los Arroyos Santa Anita y el Saltito (Fig. 21); alrededor de 15 pozos equipados extrajeron Únos 7.3 millones de m^3 durante el ciclo mencionado.

La segunda área de bombeo es la situada en la porción costera de la cuenca con 19 captaciones equipadas, que bombearon 2.3 millones de m^3, las restantes áreas de bombeo están dispersas en la parte alta de la Cuenca San José y en la zona de Miraflores-Caduaño, con un volúmen de extracción menor de 1x10" m^3 (ROASA 1980).

En el período 1975-1980, de la ecuación de balance la recarga media anual fue de 24 $x10^6$ m^3.

Uno de los grandes problemas que enfrenta el Municipio de Los Cabos es el problema del agua. Dicho municipio cuenta con cinco cuencas subterráneas importantes, las cuales abastecen de agua a todos los poblados del Municipio de Los Cabos:

Localidad	Recarga (10^6 m^3)	Extracción (10^6 m^3)
Cabo San Lucas	1.0	0.45
Cabo Pulmo	1.70	0.42
San José del Cabo	23.80	14.47
Santiago	30.0	8.10
Migriño	0.30	0.23

(Gobierno del Estado, 1992).

Así se tiene un total de 56.80 millones de m^3 /año de recarga en las cuencas del Municipio de Los Cabos, con una extracción de 22.67 millones de m^3/año.

El tope de extracción de agua en el acuífero de San José del Cabo es de 550 l/s; y se otorgan 400 l/s al sector urbano, lo cual representa 12.6 x10" m^3 de extracción (SEDESOL,,1994 reporte inédito).

El tope de extracción de agua para el sector hotelero en la Cuenca del Arroyo San José es de 550 l/s (15'768 x 10^3 m^3/año) (Dirección de Planeación Urbana y Regional, 1978). Para el consumo hotelero se asigna un total de 44.4 l/s (1'400,198.4 x10^3 m^3/año), para agricultura se asigna 6'500,000 m^3/año; para abrevadero 300,000 m^3; industria 100,000 m^3/año; urbano 12'600,000 m^3; y agua comprometida 4'750,000 m^3 (Dirección de Planeación Urbana y Regional, 1978). Si se toma en cuenta que el. agua comprometida y urbanismo entran en el mismo núcleo se tienen 17'350,000 m^3/año, por lo anterior el sector turístico-urbano es el que mayor cantidad de agua consume, y le siguen: agricultura, abrevadero e industria.

El consumo del agua subterránea en el municipio, según Gobierno del Estado (1992), se destina a :

agricultura con 11,891 miles de m^3

abrevadero con 487.6 miles de m^3

industrial con 47.6 miles de m^3

turístico con 1341.60 miles de m^3,

agua potable con 99.80 miles de m^3 (Fig. 28).Según estos

datos el consumo de agua existente en el municipio con respecto a su recarga es de un 51.3% aproximadamente.

Hay que tomar en cuenta, que el consumo de agua en la población de Los Cabos, no está bien racionada, debido a que al sector urbano se le restringe el uso de la misma por abastecer al sector hotelero, contando tambien con que el mantenimiento de las tuberías de agua potable es deficiente, lo cual provoca que el agua escape de éstas a través de las rupturas que presentan las misma.

Por otro lado, según SEDESOL, 1994 (reporte inédito), el volúmen de agua utilizada por la agricultura es de 6.5 $x10^6$ m^3; por el sector urbano es de 12.6 x10" m^3, y el de agua comprometida es de 4.75 x10" m^3 (este volúmen de agua comprometida se refiere a las personas que pagaron por el servicio de agua desde los setentas, para que se les abasteciera por un determinado período); el sector industrial emplea $0.1x10^6$ m^3 ; y se destina para abrevadero 0.3 $x10^6$ m^3. De acuerdo a estos datos, la recarga y la extracción del acuífero están equilibrados, y la capacidad de la Cuenca del Arroyo San José es de 24.25 $x10^6$ m^3. Los datos proporcionados por Gobierno del Estado (1992) y SEDESOL (1994), son muy diferentes, esto refleja la pobre comunicación entre ciertas instituciones en el estado.

ROASA en 1980, indica que el balance de agua subterránea en la totalidad del Valle de San José y la porción inferior del Valle de San Lázaro está determinado por el almacenamiento sobre el nivel del mar, que es de aproximadamente 81.07 millones de m^3, y el almacenamiento bajo el nivel del mar con 286.9 millones m^3.

Las extracciones por bombeo de acuerdo a ROASA (1980) aumentaron linealmente desde 1 millón de m^3 en 1968 a 7 millones de m^3 en 1.975, y la extracción total de 1968 a 1975 fue de 30 millones m^3. Los manantiales situados en San José Viejo descargaron, en 1974, 3 millones de m^3; de 1968 a 1975, la descarga de los manantiales fue de 21 millones m^3.

La alimentación subterránea aportada por la zona de Miraflores-Caduaño y del Valle de Las Palmas fue de unos 5 a 7 millones m^3/año.

La parte alta del Valle de San Lázaro aporta al de San José de 1 a 3 millones m^3/año, el Valle de San José recibió alrededor de 18 millones m^3/año, durante el citado período; la aportación subterránea procedente de las terrazas, resultó ser de 8 a 12 millones m^3/año.

En la porción costera, el flujo subterráneo procedente de aguas arriba (15 millones m^3/año) fue captado en parte por los pozos y norias (3 millones m^3/año) y el resto escapó por evapo transpiración (12 millones m^3/año). Esta última descarga, tiene lugar en un área de 6 a 8 Km^2, donde la vegetación es ahundante y la superficie freática se encuentra a profundidades menores a los 2 m, aquí la lámina de evaporación es de 1.5 a 2 m/año.

El volúmen total de extracción, en 1980, de 40 millones m^3 se obtuvo suponiendo que la extracción anual aumentó linealmente, desde 7 millones m^3 en 1975 a 9 millones m^3 en 1980. La recarga del acuífero durante los años de 1976,1978,1979 aumentó un 50% con respecto a la de los años secos de 1968-1975.

h. Química del Agua Subterránea.-

La información con la que se contó fue con un estudio realizado por ROASA (1980), **en el que se analizaron muestras de agua de algunos pozos pertenecientes al acueducto viejo de San José, y con análisis de esos mismos pozos realizados por** SARH **en 1986 y 1987.**

Los principales iones del agua (Na^{+}, **K',** Ca^{2+}, $HCO3^{-}$, Cl^{-} **y** SO^{-2}) **fueron analizados en el agua subterránea de la Cuenca del Arroyo San José.**

La salinidad del agua es baja en la mayor parte de la cuenca, el contenido de sólidos totales disueltos es menor a 600 ppm y abundan los contenidos de 300 ppm , en la porción costera estas salinidades son mayores, debido al desmesurado bombeo.

El calcio varía entre 20 y algo más de 60 ppm, su presencia se debe a la abundancia de feldespatos cálcicos en las rocas ígneas, rocas carbonatadas, evaporitas, y a cementantes cálcicos de algunas rocas sedimentarias de la región.

El magnesio se presenta con un intervalo de 30 ppm, **distribuyéndose irregularmente en el área, puede provenir de minerales ferromagnesianos, rocas carbonatadas** y/o **evaporitas.**

El sodio puede proceder de feldespatos sódicos, producto de la disolución de rocas ígneas ácidas y de evaporitas, así como por la influencia de agua marina de la zona costera, el sodio varía de 20 o más de 288 ppm, y los contenidos más altos se encuentran en la zona costera.

El bicarbonato en el agua subterránea varía de 18 a 430 ppm, su fuente principal es del bióxido de carbono, extraído de la atmósfera y liberado en el subsuelo mediante procesos bioquímicos, que es disuelto en el agua infiltrada, otra fuente son las rocas carbonatadas.

Los sulfatos en el agua subterránea se originan por la circulación de ésta a través de rocas evaporíticas y de rocas ígneas o sedimentarias intemperizadas, o como un producto de la intrusión salina. Una fuente externa puede ser los escurrimientos superficiales del área, especialmente al pasar por zonas donde existe un mal drenaje de las zonas agrícolas, industriales o urbanas, la concentración del sulfato varió entre 0 y 379 ppm.

Las rocas sedimentarias, sobre todo las evaporitas, son las que mayor cantidad de cloruro aportan al agua, así como el agua de origen marino de las zonas costeras y las aguas procedentes del drenaje agrícola y zonas industriales, el contenido de éste fue de 35-1819 ppm. En la zona costera se encuentran las concentraciones más elevadas de los cloruros.

Del análisis químico del agua subterránea de la Cuenca del Arroyo San José ésta puede ser clasificada como:

a) Agua bicarbonata cálcica

b) Agua bicarbonata sódica

c) Agua bicarbonata mixta

Las dos primeras predominan en la cuenca, mientras que el último tipo es característico del agua cercana a la línea de costa.

El predominio de los iones de bicarbonato cálcio y sódico en el agua subterránea muestra la circulación del agua por materiales derivados de la meteorización de las rocas ígneas intrusivas, expuestas en las partes altas de la cuenca.,La elevada salinidad y el predominio de iones de cloro y de sodio, en el agua subterránea cercana a la costa, se debe a la influencia del agua marina en la zona. Por lo anterior, se supone que el suelo regado con estas aguas al contener gran cantidad de sales, éstas pueden llegar a afectar, a la larga, su capacidad de producción. Por ello se considera que las aguas con salinidad media, 15-20 PSI (porciento de sodio intercambiable), y baja en sodio, (15-20 PSI), pueden usarse para riego, y las aguas altamente salinas con poco porcentaje de sodio (>30 PSI) pueden emplearse en suelos con drenaje adecuado y para cultivos tolerantes a las sales. Las aguas altamente salinas con contenido medio de sodio son un peligro potencial de sodio (Aceves N.,1981).

En el área se tomaron muestras de dos pozos durante 1986-1987 por SARH a los cuales se les analizó químicamente el agua (pozo III y IV) (Fig. 37). Durante agosto de 1986 la cantidad de iones de calcio es superior a los demás iones y fué de 76 ppm (Fig. 29).En octubre del mismo año el análisis mostró cloruros en 76 ppm y calcio en 90 ppm (Fig. 29). En diciembre de 1986 (Fig. 30) el calcio siguió predominando en 78 ppm y los cloruros se presentaron en 31 ppm. Fue realizado otro muestreo en los meses de enero, mayo

y junio de 1987. En enero de 1987 (Fig. 30), predominaron los iones de calcio y bicarbonato, el calcio fue de 78 ppm y 100 ppm de bicarbonato. En mayo del mismo año, la cantidad de calcio fue de 83 ppm y los cloruros descendieron a 50 ppm (Fig. 31). En junio de 1987, predominaron los iones de bicarbonato en 124 ppm y calcio en 86 ppm (Fig. 31).

Al comparar los iones de sulfato, cloruro, calcio y bicarbonato, así como la cantidad de sólidos totales de los análisis de los pozos III y IV para los años 1986 y 1987 se puede decir que la cantidad de sulfato disminuyó en 1986-1987, el cloruro aumentó en el mes de octubre de 1986 y mayo de 1987, el calcio se incrementó durante octubre de 1986 y junio de 1987, el bicarbonato disminuyó en 1987 y el intervalo de sólidos totales aumentó en 1986 y 1987, de 119 ppm a 324 ppm.

Las muestras de agua analizadas durante 1986 y 1987 indican que el agua de la región es dura en cuanto al contenido de iones bicarbonato, lo cual puede llegar a afectar las tuberías de agua, sistemas de enfriamiento y cualquier tubería de plomo, debido a las incrustaciones de estas sales.

A manera de establecer una idea de las características del agua en la región, INEGI (1988) analizó muestras de agua de pozos, norias y manantiales, las muestras de agua corresponden a octubre de 1986 y octubre de 1988. La porción NW del área de estudio (Fig. 18) está constituida por agua de tipo incrustante de salinidad media y baja en sodio, las muestras de agua son de un manantial, situado en Caduaño, y una noria de Miraflores (Fig. 32). El

análisis mostró: 44 mg/l de calcio, 14.4 mg/l de magnesio, sodio con 43 mg/l, potasio con 4.5 mg/l, sulfato con 54.7, bicarbonato 170.3, carbonato con 3 mg/l y cloruro con 39 mg/l, el total de sólidos totales fue 373.4.

En el sector SW se tomaron muestras en un manantial, a la altura del Cerro San Felipe, en el mes de octubre de 1986 (Fig. 32), el agua en este sector es de tipo incrustante con salinidad media y baja en sodio. Presenta 48 mg/l de calcio, 19 mg/l de magnesio, 80 mg/l de sodio, 4.7 mg/l de potasio, 16.3 mg/l de sulfato, 265.3 mg/l de bicarbonato y 88.7mg/l de cloruro, con un total de 522 mg/l de sólidos totales.

En el sector centro se tomaron muestras en un pozo en Sta. Anita en el mes de octubre de 1986 (Fig. 33), en ese mismo mes y año se tomó una muestra de un manantial en San José del Cabo y un pozo en San José. La muestra tomada del pozo de Sta. Anita presenta agua de tipo agresiva esto indica que esta agua disuelve al carbonato de calcio. Presenta 17 mg/l de calcio, 8.4 mg/l de magnesio, 29.7 mg/l de sodio, 4.3 mg/l de potasio, 16.3 mg/l de sulfato, bicarbonato en 97.6 mg/l y 26.6 mg/l de cloruro, con un total de 199.9 sólidos totales. El agua del manantial, situado en San José, presenta características incrustantes con alta salinidad y poco sodio. Contiene 44 mg/l de calcio, 12 mg/l de magnesio, sodio con 90.6 mg/l, 6.2 mg/l de potasio, sulfato con 56.6 mg/l, bicarbonato con 11.8 mg/l y 106.5 mg/l de cloruro, con un total de 327.7 mg/l de sólidos totales.

Del análisis realizado en el pozo situado en San José se puede decir que el agua tiene características incrustantes. Presenta 34 mg/l de calcio, 13.1 mg/l de magnesio, 99.8 mg/l de sodio, 6.6 mg/l de potasio, 49.9 mg/l de sulfato, bicarbonato con 140.3 mg/l y 133.1 mg/l de cloruro, y un total de 476.8 sólidos totales.

En el sector NE del área el agua es de tipo incrustante, de salinidad media y baja en sodio. Contiene 38 mg/l de calcio, 13.3 mg/l de magnesio, 66.9 mg/l de sodio, 5.1 mg/l de potasio, 56.2 mg/l de sulfato, 158.6 mg/l de bicarbonato y 71 mg/l de cloruro y un total de 399 mg/l de sólidos totales (Fig. 35).

El sector SE presenta agua de tipo incrustante, altamente salina y media en sodio, con 86 mg/l de calcio, 56.4 mg/l de magnesio, 330.3 mg/l de sodio, 24.2 mg/l de potasio, 121 mg/l de sulfato, 5 mg/l de bicarbonato y 710 mg/l de cloruro, con un total de 1332.0 mg/l de sólidos totales (Fig. 35).

De lo anterior, el agua del sector NW del área presenta características incrustantes con salinidad media y baja en sodio; al igual que el agua situada en el sector SW del área; en la porción centro el agua es agresiva; y cambia a incrustante en la porción sur del A. San José, en esta zona el agua tiende a ser altamente salina y baja en sodio; en el sector NE y SE el agua es incrustante. Las características del agua en la zona se deben a los minerales de la roca del área; mientras que el agua situada cercana a la costa tiende a presentar abundantes sales de calcio, (Fig. 35).

BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

VI. GEOLOGIA URBANA

El desarrollo turístico suscitado a lo largo de la franja costera de Baja California Sur se inició durante los setentas, debido a las características físicas del lugar, como son: clima y paisaje costero. El predio destinado para el desarrollo turístico-urbano comprende un área de 1795 has, con una longitud de 12 Km y un ancho de 1.5 Km promedio, ensanchándose hacia el sur, donde colinda con la costa en la zona federal marítima (FONATUR, 1982).

La zona urbana del área de proyecto es el poblado de San José del Cabo, el más importante de una serie de asentamientos ubicados a lo largo de la Carretera Transpeninsular, en una longitud aproximada de 12 Km (FONATUR, 1982). Dicho poblado es el centro de población de un ejido con alrededor de 12,000 has de superficie, de las cuales se expropiaron 1,500 has, con el objeto de crear el nuevo centro urbano-turístico (FONATUR, 1982).

A medida que fue creciendo dicho desarrollo, se construían más hoteles y eran más grandes las necesidades de agua en el lugar.

El desarrollo intenso del Corredor Turístico de San José del Cabo ha propiciado la construcción de: nuevas colonias, situadas en las faldas de los cerros y cauce de los arroyos; la carretera de cuatro carriles, que comunica la Ciudad de Los Cabos con Cabo San Lucas; y entre otros: marinas, centros asistenciales, escuelas, condominios, áreas residenciales, etc.

Debido al **impulso turístico,** los habitantes se desenvuelven, principalmente, en el sector de servicios de restaurantes y hoteles en un 38.1%; en la construcción en un 23.9%; agricultura, ganadería, silvicultura y pesca en un 20.6%; y en otros servicios (plomería, jardinería) en un 18.3 %.

De acuerdo al IX Censo General de Población y Vivienda (1990), el Municipio de Los Cabos, contaba en 1990 con una población de 43,920 habitantes, el 13.8% en relación a la población total del Estado.

La población urbana asciende a 33,989 habitantes y la población rural a 9,931 habitantes, 77.4% y 22.6%, respectivamente.

En el aspecto económico, Los Cabos registra la tasa anual de crecimiento más alta en el estado, 52.3% (IX censo General de Población y Vivienda, 1992). Asimismo, a nivel municipal, en relación a las tasas de participación económica, los hombres participan en un 76.9% y las mujeres en un 24.3%. El total de la población ocupada es de 15,384 habitantes.

Para el desarrollo de este capítulo se trabajó en base a una escala micro, a diferencia de lo tratado para la cuenca.

La capacidad estimada del acuífero de San José del Cabo es para servir 200,000 personas (SEDESOL 1994 , Reporte inédito).

En el corredor hay autorizados 7,110 cuartos, los cuales, si se multiplican por 15 habitantes que generan cada uno, dan una población de 106,650 habitantes-hoteleros, que descontando a los 200,000 hab a los que el acuífero puede abastecer de agua da un total de 93,350 hab por abastecer de agua, aclarando que sólo se está contando con el número de personas asociadas a éste

sector. Por lo anterior, hay un remanente de 6,223.3 cuartos de hotelería por autorizar (SEDESOL1994, Reporte inédito). Con este dato se da a entender que SEDESOL considera que en base a la cantidad de agua asignada a la población de San José, es posible autorizar la construcción de 6,223.3 cuartos más.

a. Obras Civiles Desarrolladas.-

Aquí se mencionan las obras civiles más importantes desarrolladas en el corredor de San José del Cabo.

Muchas de las obras civiles o urbanas han sido construidas en áreas riesgosas, que de una u otra manera pueden llegar a afectar a las construcciones establecidas (Gobierno del Estado, 1992). Entre ellas cabe mencionar la Carretera de Cuatro Carriles que comunica a la Ciudad de San José del Cabo con la Ciudad de Cabo San Lucas, con una longitud de 18 Km. Dicha carretera, construída en 1992, corre perpendicular al cauce de arroyos principales, como es el caso del Arroyo El Carrizal, que es la principal corriente que cruza al Corredor Turístico de San José, al W de la Cuenca del Arroyo San José.

Otra de las vías de comunicación terrestre es, la Carretera Federal N° 1, que va desde la Paz a San José del Cabo, la cual se ensambla con la carretera de cuatro carriles mencionada anteriormente.

Cuando ocurren tormentas, los arroyos en el área transportan todo lo que encuentran a su paso, desde vegetación hasta restos de construcciones. Previendo tal situación fueron construídas una serie de alcantarillas (fueron identificadas cuatro alcantarillas a lo largo de la carretera que va de Sta. Anita a Cabo San Lucas), así como vados y desniveles, para que drenara

el flujo de agua cargado de sedimento y el material siguiera su curso hacia el mar, sin afectar a la carretera y a las colonias construídas cerca de sus cauces.

En noviembre de 1993 sobre el área de estudio azotó una gran tormenta, la cual activó los tributarios del área transportando gran volúmen de sedimentos y material de arrastre, que las alcantarillas no pudieron drenar, provocando la ruptura de la carretera en varias partes de la misma (Fig.36). Como en el caso de arroyos situados al sur de San José del Cabo, rumbo a Cabo San Lucas, como son: Arroyo El Carrizal, y Arroyo El Tule. Este último al enlazarse con uno de sus tributarios formó una "Y", que indujo a que aumentara la fuerza y velocidad del agua al reducirse la sección del tirante de agua, lo cual provocó un flujo con altas velocidades, y con ello el acarreo de considerable volúmen de sedimento y vegetación como palmeras, las cuales al no poder pasar a través de la alcantarilla obstruyeron la misma, provocando que el nivel de agua aumentara y empezara la socavación del terraplen (Fig. 36). Así falló la alcantarilla, y como consecuencia la ruptura de la carretera de cuatro carriles San José del Cabo-San Lucas, durante las lluvias de nov de 1993.

No sólo la carretera fue destruída, sino varias casas construídas sobre los tributarios del Arroyo San José fueron arrancadas de sus cimientos.

También, el alcantarillado de las colonias La Choya y La Playa quedó dañado (Fig. 36), y al quedar rotas las tuberías conectadas a las fosas sépticas fluyeron las aguas negras hacia el Estero San José.

En la planta de tratamiento de aguas negras, situada cerca del Arroyo San José a unos 5 m s.n.m. (Fig. 36), los tributarios del Arroyo San José depositaron grandes volúmenes de sedimento en la parte norte de ésta.

Una de las obras que resultó inadecuadamente situada al desarrollarse la Ciudad Lineal es el basurero Municipal, localizado en el poblado de Sta. Rosa (Fig. 36). La basura es depositada a una altura de 100 m s.n.m.m., sobre el Cerro Las Parritas por cuyas faldas pasa el Arroyo Las Parritas (tributario del Arroyo San José). En temporada de ciclones, las lluvias provocan derrumbes de tierra, la cual cae junto con pequeñas cantidades de basura; aunque por el momento parece no existir contaminación de los acuíferos de la zona, a la larga esto es uña posibilidad a considerar.

En general, la Ciudad de San José del Cabo no fue bien planificada, ya que antes de permitirse un crecimiento como el de los últimos años debieron de haberse realizado y tomado en consideración estudios geotectónicos de factibilidad, considerando la hidrología, la topografía, geología y climatología de la cuenca. Ya que sin estos estudios se ha visto que el desarrollo en el área sufre de graves consecuencias, como las mencionadas anteriormente .

En octubre de 1994 se inauguró la Presa de San Lázaro, cuya finalidad principal es la de regular los escurrimientos del Arroyo San Lázaro (Fig.9) y proteger a los habitantes de la ciudad de posibles avenidas. Esta obra beneficiará a 27,000 habitantes. La presa se calculó para un gasto máximo probable de 3600 m^3/s, con un período de retorno de 10,000 años (C.N.A.,

1994).

b. Sistema de agua potable.-

El sistema de agua potable de Los Cabos-Cabo San Lucas que abastece al Corredor Turístico de San José, consta de doce pozos profundos, 7 de ellos ubicados en la margen derecha superior del Arroyo San José, correspondientes al Acueducto de Santa Anita y **5** pozos situados en la margen derecha inferior del Arroyo San José corresponden al Acueducto Viejo (Fig. 37) (Dirección de Planeación Urnaba y Regional, 1978). Dicho sistema de pozos convergen a la altura de Punta Palmilla. Estos pozos permiten un gasto máximo de 200 a 240 l/s. La distribución del aporte de agua potable del acueducto Viejo es de la siguiente manera:

Santa Anita	4.00 lp/s
San José Viejo	3.00 lp/s
Sta.Rosa	4.00 lp/s
Gaymitas	3.00 lp/s
El Rosario	4.00 lp/s
San José del Cabo . .	18.00 l/ps
Franja Hotelera	22.00 l/ps
Cabo San Lucas	15.00 lp/s
Corredor Hotelero . .	20.00 lp/s
SUMA	94.00 lp/s

(Dirección de Planeación Urbana y Regional, Programa Operativo Urbano, 1978).

El subslstema de regularización y alimentación de agua potable de San José del Cabo está integrado por varios tanques, cada uno da servicio a una determinada área o zona de la ciudad. En Sta. Rosa, Guaymitas y Rosarito (Fig. 37) los tanques tienen

una capacidad de 25 m^3 . El casco urbano es abastecido por dos tanques con una capacidad de 200 m^3 (Dirección de Planeación Urbana y Regional, 1978).

FIDALC (Fideicomiso para la construcción y administración del segundo acueducto Sta. Anita, 1990) reporta 7 pozos nuevos que ayudan a abastecer al acueducto de Sta Anita, con un gasto promedio de 270 l/s (Fig.37).

Existen 2 cajas de transición a lo largo del acueducto: una ubicada en San José del Cabo, con una capacidad de 300 m^3 y un gasto de 300 l/s; y otra a la altura de Pta. Palmilla, con capacidad de 14 m^3 y gasto de 70 lp/s (Fig. 37).

El tanque de agua situado en Punta Palmilla cuenta con una capacidad de 150 m^3, y 500 m^3 aquel situado en Pta. Cabeza de Ballena (al sur de San José del Cabo, no forma parte del área de estudio). Existen también dos cárcamos de bombeo situados en Pta. Sta. María y Cabo San Lucas, con un gasto de 210 l/s.

El Corredor Turístico de Los Cabos tiene asignadas 13,700 tomas de agua de las cuales 1000 estan inactivas, el 80% de las mismas está destinado a uso doméstico; la Ciudad Lineal (San José del Cabo a Sta. Anita) dispone de 7041 tomas de agua (SEDESOL, 1994 Reporte inédito).

La Secretaría de Desarrollo Social levantó una estadística en San José del Cabo, durante el período 1970-1978, estimando una dotación de 350 l/hab/día para la población residente y de 1500 l/día para la zona hotelera, resultando un gasto de 47.25 l/s, sin embargo en este ciclo la dotación fue de 27.5 l/s, esto implicó un déficit de 20.00 l/s en relación con las necesidades de la población.

c. Sistema de drenaje.-

El drenaje sanitario de San José del Cabo está compuesto por dos redes: la antigua que sirve al casco urbano y la nueva que da servicio a las supermanzanas y a la zona hotelera, con colectores de 20 y 30 cm, respectivamente. En la red que sirve a las supermanzanas se descarga parte de las aguas negras de las colonias 5 de Febrero, Centro y Primero de Mayo situadas en el centro de San José del Cabo. Ambas redes descargan a una planta de tratamiento ubicada en la desembocadura del Arroyo San José (Dirección de Planeación Urbana y Regional, 1978) (Fig. 36).

Exceptuando las supermanzanas, las colonias citadas y, la zona hotelera y residencial turística, el resto de San José carece de servicio sanitario por lo que tiene que hacer uso de fosas sépticas, pozos negros y letrinas (Dirección de Planeación Urbana y Regional, 1978). Las deficiencias, tanto en las redes de alcantarillado como en la utilización de la planta de tratamiento, provocan que las descargas de aguas negras lleguen al arroyo San José, y al Estero San José contaminándolos. Y por ende afecta la calidad del agua de los pozos situados a lo largo del cauce del Arroyo San José. Para tratar de evitar la contaminación, el Municipio de Los Cabos ha establecido un sistema de tratamiento de aguas residuales en San José del Cabo, cuya capacidad es de 25-50 l/s y las aguas tratadas son aprovechadas parcialmente para riego de áreas verdes (campos de golf), el tratamiento de estas aguas tiene una efectividad del 85%, en cuanto al contenido de CF.

d. Asentamientos Humanos.-

Los asentamientos humanos de acuerdo con Dirección de Planeación Urbana Regional (1970-1978) se dividen en:

a) zona turística

b) zona industrial y

c) zona de conservación natural (Fig.38).

La zona turística, que comprende al Corredor Turístico de Los Cabos, sobre la zona litoral, cuenta con: 10 hoteles con habitación residencial turística, villas y condominios, así como comercios, servicios al turismo, 6 restaurantes , 3 discotecas y dos campos de golf (Gobierno del Estado, 1994)

La zona industrial se conserva en la zona propuesta para éste fin en el poblado de Miraflores, donde hay una pequeña talabartería. La Secretaría de Desarrollo Social (1993) ha pensado integrar actividades industriales de pequeña escala, no contaminantes, en las zonas de la Playa, Rosarito, Guaymitas y Sta. Rosa; designando como zona de conservación natural al Estero Sn. José y a aquellas zonas que presentan algún problema para los asentamientos urbanos, como es el caso de las barrancas, laderas, cauces o terrenos accidentados. La conservación de áreas con actividades productivas está definida para la zona agrícola.

La zona de conservación natural, está conformada por pequeñas áreas verdes destinadas a parques, canchas deportivas y campos de golf.

A partir del aumento poblacional fueron evaluadas las necesidades de vivienda para el lapso 1988 - 1994, basadas en las expectativas de crecimiento de las actividades económicas, la generación de empleos y la distribución del ingreso (Dirección

de Planeación Urbana y Regional, 1978). Para 1994 el número de cuartos requeridos fue de 3,200.

Sin embargo, en 1993 hubo 3243 cuartos, en 1994, en los Cabos, el número de cuartos hoteleros asciende a 3500, 42 hoteles, 1337 cuartos de tiempo compartido (Gobierno del Estado de Baja California Sur, 1994).

SEDESOL (1993) considera a la porción costera del área de estudio apta para desarrollo turístico; la porción este de la Ciudad de San José apta para el turismo de baja densidad (10 ctos/hab), aunque también es apta para uso conservacionista de baja densidad y poca demanda al ambiente; la porción de Sta. Rosa, San José Viejo, Sta. Anita y Caduaño son destinadas al uso agrícola, ganadero y asentamientos urbanos. A estas últimas se les asigna una tarifa por uso de agua y se tratará de conseguir una agricultura más rentable en cuanto a sus necesidades de agua, los predios ganaderos serán cercados y serán definidos los límites de la mancha urbana.

En la zona costera deberá de seleccionarse adecuadamente el lugar para el desarrollo de la pesca deportiva, respetándose los campamentos asignados para el desarrollo de la pesca ribereña (SEDESOL, 1993 Reporte inédito).

A raíz del crecimiento turístico en San José del Cabo se han construído colonias nuevas en lugares no aptos para el desarrollo urbano, y se ha hecho mal uso del suelo en la región, ya que dicho desarrollo fue hecho sin un buen plan de desarrollo. Para evitar que se generen más problemas, SEDESOL (1993) propone un plan de ordenamiento ecológico, en el cual son asignadas las tierras de acuerdo a sus características para el desarrollo de

diversas actividades; con esto y si el municipio ayuda, las colonias podrán contar con alcantarillado, evitándose así el uso de letrinas, y por medio de un alcantarillado fluvial se podrían evitar inundaciones en temporada de lluvias.

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

VII. MORBILIDAD

A causa del acelerado crecimiento poblacional y desarrollo urbano, surgen fuertes problemas, que en cierta manera llegan a afectar directamente a la salud de la población, como es señalado en este capítulo.

El crecimiento poblacional de San José del Cabo, debido al desarrollo del Corredor Turístico de San José (FONATUR, 1982), ha conducido a la construcción de nuevas colonias que carecen de drenaje, el cual es sustituido por letrinas y fosas sépticas, localizadas a lo largo del cauce del Arroyo San José. Lo cual conduce a que en la temporada de lluvias o cuando ocurren ciclones, las grandes avenidas fluviales arrasen con las letrinas y transporten la materia fecal hacia el mar o al Estero San José. Además, existe la posibilidad de que la materia orgánica llegue a contaminar los acuíferos.

Con el fin de obtener información sobre los padecimientos a causa de infecciones intestinales que sufre la población de San José del Cabo se llevó a cabo un muestreo en el Seguro Social de La Paz y en el de San José del Cabo (1993), con el objeto de saber si en realidad la calidad del agua y vivienda son factores de importancia que intervienen en la salud de dicha población.

Los padecimientos más comunes en la población son debidos a infecciones intestinales, Gastroenteritis Parásito Intestinal (Gepi), Gastroenteritis, Enteritis, Colitis, Amibiasis y Salmonelosis. El número de enfermos por estos males se incrementa

en el período lluvioso de julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre, tabla 1 (Fig. 39).

M E S E S 1993

En e	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	**Di c**
84	**44**	**126**	**62**	**45**	**34**	**250**	**201**	**363**	**363**	**21**	**19 1**

N U M E R O D E P A C I E N T E S

Tabla 1.- Número de enfermos por infecciones intestinales durante 1993 en San José del Cabo.

Del muestreo fue posible detectar que de 1199 pacientes enfermos en 1993 por infecciones intestinales: el 29.69% correspondió a colitis, amibiasis 17.18%, parasitosis 16.18%, diarrea 15.01%, 10.42% gastroenteritis, 6.33% colecistitis, 3.58% enteritis, enterocolitis 0.91% y salmonelosis en un 0.66%. De acuerdo a Prost y Riemann (1967), la salmonelosis abunda en la población de animales más que en el hombre. Posiblemente, los escasos casos de salmonelosis en San José del Cabo se deban a la ingestión de alimentos previamente contaminados. Geldreich y Kenner (1969) indican que los residuos caseros contribuyen a la presencia de salmonella.

La mortalidad en el Municipio de Los Cabos es debida a: afecciones originadas en el período perinatal, que aumentó de 3

casos en 1989 a 20 casos en 1993; accidentes de transporte, 11 casos para 1989 y 20 casos para 1993; enfermedad isquémica del corazón 19 casos en 1989 y 18 en 1993; enfermedades del aparato respiratorio 14 casos en 1989 y 17 casos en 1993; enfermedades del aparato digestivo de 3 casos para 1989 a 10 casos en 1993 y tumores malignos de otros órganos, digestivo y peritoneo 7 casos en 1989 y 2 casos en 1993, entre otros (Instituto de Servicios de Salud, 1993). Esto puede ser consecuencia de las precarias condiciones de vida de la población de Los Cabos.

Asímismo, como el Arroyo San José, en su porción sureste, pasa por las colonias La Playa y Zacatal (Fig. 40), situadas entre 6 y 8 m s.n.m., las torrenciales lluvias provocan la ruptura de fosas sépticas y el derrumbe de casas mal cimentadas, levantadas a lo largo del arroyo, lo cual ocasiona padecimientos de infecciones intestinales en la población, aunado al efecto que tienen las lluvias torrenciales sobre el drenaje de la población.

a. Análisis Bacteriológico.-

Por medio del análisis bacteriológico de muestras de agua es posible determinar la calidad de la misma y las posibles fuentes contaminantes. En una zona donde el crecimiento poblacional se ha dado a pasos agigantados, sin una buena planeación, es común encontrar problemas relacionados con la salud, debido a la carencia de servicios, como agua potable y alcantarillado. San José del Cabo es un ejemplo de lo anterior. A partir del estudio bacteriológico realizado por la S.A.R.H. (SARH, 1993), en los pozos situados sobre el cauce del Arroyo San José, durante 1986 y 1987, fue posible conocer los niveles de CT y CF reportados por la misma; se observa que en agosto y diciembre de 1986 el agua no pasó la prueba de calidad, considerando la norma establecida, editada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (1987), la cual establece que los coliformes fecales no deben rebasar un NMP/100 ml mayor de 2 para agua potable. Un ejemplo de ello es el pozo de San Bernabé (Pozo III) con un total de 240 CF y 240 CT durante el mes de agosto. Es decir, la aportación de coliformes es directa, por alguna letrina, chiquero, corral etc, cerca del pozo. En contraste con lo anterior, en diciembre, el análisis dió un total de 28 CT, de los cuales 13 fueron CF. En San José Viejo, en el mismo mes y en otro pozo, el número de CT obtenidos fue de 28, de los cuales 13 fueron CF.

Durante los meses de octubre a diciembre de 1986 y de febrero a mayo de 1987, también fue encontrada contaminación en algunos de los pozos que abastecen al actual acueducto Viejo (Tabla 2).

POZO	AÑO	MES	CT	CF
San Bernabé (III)	1986	agosto	240	240
San Bernabé (III)	1986	octubre	240	240
IV	1986	octubre	2400	24
San Bernabé (III)	1986	diciembre	28	13
San José Viejo	1986	diciembre	28	13
San Bernabé (III)	1986	diciembre	13	13
6	1987	febrero	280	180
San Bernabé (III)	1987	mayo	24	24
IV	1987	mayo	38	33
143	1987	mayo	180	180
San José Viejo	1987	mayo	38	33
San José del Cabo	1987	mayo	180	180

Tabla 2.- Cantidad de Coliformes totales y fecales, detectados en pozos del acuífero de San José del Cabo, 1986-1987.

Con la intención de verificar la existencia de una posible contaminación fueron realizadas dos salidas al campo, donde se tomaron muestras de agua subterránea en: Miraflores (pozo 4), Sta. Anita (pozo 3), y Arroyo San José porción sur (pozos 1 y 2) (Fig.41), las muestras de agua corresponden a norias, ya que no se pudo muestrear en los pozos anteriormente descritos.

El primer muestreo fue efectuado en noviembre de 1993 obteniéndose el Número más Probable (NMP) en 100 ml. Las aguas de

los pozos muestreados cerca de la línea costera, (pozos 1 y 2), difieren en el número de coliformes, a pesar de estar separados por unos cuantos metros. El pozo 1 que se encuentra cerca del Estero San José presentó un NMP/100 ml de 7.3 CT, y un NMP/100 ml de 7.3 CF. Esto hace suponer que hay un aporte fecal directo sobre el agua del pozo, ya que la cantidad de coliformes totales es la misma que de fecales (Fig. 42). En el pozo 2 la cantidad de CT fue de NMP/100 ml 2.3, y NMP/100 ml de 0.91 CF. En el área de Sta Anita (pozo 3) el NMP/100 ml fue de 1100 CT, de las cuales 150 eran CF; y para Miraflores (pozo 4) el NMP/100 ml DE CT fue de 1100, con 460 CF (Fig.42).

El segundo muestreo del área fue realizado en diciembre de 1993, después de una fuerte tormenta que afectó el área de estudio por varios días. De las muestras se pudo observar que en el pozo 1 el NMP/100 ml ascendió a 1100 CT, en comparación con el muestreo anterior que fue de 7.3 y con una cantidad de CF de 7.3; en el pozo 2 los CT fueron 24, de los cuales 9.3 correspondieron a CF, es decir, la cantidad de bacterias aumentó en comparación con el muestreo anterior (Fig.43). Por lo que respecta al área de Sta. Anita (pozo 3) y Miraflores (pozo 4), la cantidad de NMP/100 ml fue de 46 CT, de los cuales 2.3 fueron CF, lo. cuál mostró en relación a noviembre, una disminución en la presencia de bacterias en estos pozos (Fig. 43).

Durante el muestreo anterior fue tomada una quinta muestra, correspondiente a la planta de tratamiento de aguas negras. Dicha muestra arrojó la cantidad de 75 NMP/100 ml de coliformes totales

y 4.3 coliformes fecales. De dicho análisis se podría decir que las aguas negras tratadas en el área presentan un buen tratamiento, y por ello se asigna a regadíos de campos de golf, situados cerca de la línea de costa. Este muestreo fue puntual, y sólo para comprobar la calidad del tratamiento de aguas negras en San José del Cabo.

La porción norte y media de la cuenca, donde se localizan los pozos 3 y 4, presenta una gran cantidad de sedimento grueso, por lo que la filtración de agua es abundante, y en consecuencia la filtración de bacterias es alta. En la porcion media y sur de la cuenca, la cobertura sedimentaria presenta una mezcla de arenas gruesas y medias con limos y arcillas, donde éstos últimos evitan que el agua superficial se filtre eficientemente, y retenga gran cantidad de bacterias y otras sustancias; además, la cobertura vegetal incrementa el efecto anterior. Esto fue comprobado durante el segundo muestreo, ya que fue realizado después de un período de tormenta. En la porción norte, las fuertes avenidas lograron lavar los sedimentos, y en consecuencia transporte de material particulado. En la porción sur las avenidas alcanzaron altas velocidades y transportaron un gran volúmen de material en suspensión, así como gran cantidad de bacterias fecales, provenientes de los puntos contaminantes situados a lo largo del Arroyo San José. Las norias cercanas a la costa estan situadas en pendientes muy suaves, esto propicia que el flujo superficial generado en temporada de lluvias, penetre a las norias por la parte superior de ellas, esto es debido al cambio de la pendiente del terreno.

	noviembre 1993			diciembre 1993	
POZO	CT	CF	POZO	CT	CF
1	7.3	7.3	1	1100	7.5
2	2.3	0.91 *	2	24	9.3
3	1100	150	3	46	2.3
4	1100	460	4	46	2.3

(*) está dentro del limite establecido por la norma editada por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología.

Tabla 3.- Cantidad de Coliformes Totales y Fecales, detectados en las norias situadas sobre el cauce del Arroyo San José, durante nov. y dic. de 1993.

De lo anterior se puede decir que en los pozos III , IV y norias 3 y 4 el número de coliformes se incrementa, sobre todo durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, debido a las características del sedimento, ya que al ser este grueso permite la filtración de las bacterias, provenientes de corrales, chiqueros y fosas sépticas-letrinas. Además, sólo en temporada de ciclones, las norias situadas al sur de la cuenca presentan alto índice de contaminación debido a que las avenidas transportan agua a elevada velocidad y con grandes volúmenes de sedimento y materia orgánica en suspensión, que logran penetrar en las norias situadas pendiente abajo, sobre el cauce del Arroyo San José.

VIII. SECTOR PRODUCTIVO

En cuanto a las características del Municipio de Los Cabos, este presenta un sistema montañoso compuesto de cañones, mesas y colinas, así como sectores acumulativos (aluviales), los cuales facilitan la formación de acuíferos situados en las cuencas de la región, las cuales son: Migriño, Cabo San Lucas, San José del Cabo, Cabo Pulmo y Santiago, garantizando la presencia de agua dulce, lo cual hace posible el desarrollo de la agricultura, ganadería, pesca, turismo y urbanismo en el municipio.

El desarrollo turístico en el Municipio de Los Cabos es el que mayores ingresos aporta, no obstante sólo se está aprovechando un porcentaje mínimo de la cuenca del Arroyo San José. De los capítulos anteriores (Geología e Hidrogeología), donde son descritas las características hidrogeológicas del área de estudio, es posible determinar zonas aptas para el desarrollo de otras actividades que generen ingresos en el área, como son agricultura y ganadería.

El Municipio de Los Cabos contaba en 1990 con una población de 43,920 habitantes. La población urbana era de 33,989 habitantes y la población rural de 9,931 habitantes. Los inmigrantes ascienden a un 32.2% de la población municipal, aproximadamente 14,129 habitantes, y el desarrollo turístico es el factor más importante que causa la inmigración de Los Cabos (Gobierno del Estado, 1992).

Dentro del sector productivo destacan como los más importantes servicios, en cuanto a generación de empleos (Fig. 44), los siguientes :

Servicios	Total de empleados
Restaurantes y Hoteles	3,340
Construcción	2,043
Agricultura, ganadería silvicultura y pesca	1,851
Servicios personales, mantenimiento y otros	1,690
SUBTOTAL	8,932

Hay otros sectores como: minería, electricidad y agua, comunicaciones y transportes, servicios financieros, administración pública y defensa, servicios comunales y sociales, servicios profesionales y técnicos, y no especificados, que dan un total de 15,384 empleos, aproximadamente un 35.5% de la población total del municipio (Gobierno del Estado, 1992).

Por su importancia económico-social y para abordar el tema de una manera sencilla se dividió al sector productivo en:

1.- agricultura, ganadería y pesca

2.- construcción

3.- turismo, consumo directo, servicios turísticos y

4.- Sector Social (población)

a.- Sector Agrícola.-

El Municipio de Los Cabos a principios del siglo xx era importante ya que producía caña de azúcar en gran cantidad, en 1930 el auge agropecuario de la zona motivó que la Agencia Ford de San José del Cabo, fuera la segunda en importancia en ventas de la República (FONATUR, 1982).

La agricultura en el municipio es de tipo extensivo (maíz y sorgo) e intensivo (frutas y hortalizas).

El área destinada para la agricultura era de 442 has, 22 has de propiedad privada y el resto ejidales. De esta última sólo el 32% se aprovechaba para producción, debido a la escasez de agua (FONATUR, 1982).

En la actualidad existen 18 ejidos en el municipio con 1,218 ejidatarios, todos los ejidos pertenecen a la Confederación Nacional Campesina y son:

Agua Caliente, Boca de la Sierra, Cabo San Lucas, Caduaño, La Candelaria, Las Casitas, Las Cuevas, San Jorge, San José del Cabo, Migriño, Miraflores, El Ranchito, La Ribera, Sta Cruz, Santiago, La Trinidad, San Vicente y El Zacatal (Secretaría de Gobierno, 1992), (Fig.45).

El uso potencial del suelo destinado en el municipio a la actividad agrícola es de 2,972 Has. Las áreas agrícolas de riego en el Municipio de Los Cabos se localizan en el Valle de Santiago con una superficie de 1,589 Has y en San José del Cabo 967 Has, éstas representan, aproximadamente, el 2.7% y 1.6%, respectivamente, del total estatal (Gobierno del Estado, 1992).

La superficie agrícola de regadío es laborada por 680 productores, los cuales trabajan una superficie de 2,067 Has. La pequeña propiedad está representada por 145 productores, los cuales trabajan 489 Has; es decir existe un total de 825 productores en una superficie de 2,556 Has. El potencial de la cuenca es de 2,972 Has, y se aprovechan sólo 2,556 Has, que equivale al 85.7% de la superficie potencialmente aprovechable (Gobierno del Estado, 1992).

En el Municipio de Los Cabos los sistemas de riego son de tres tipos: gravedad, aspersión y goteo. El sistema de riego por gravedad es el más usado y abarca una superficie de 2,243 Has; el sistema por aspersión se utiliza en una superficie de 266 Ha; y el de goteo sólo cubre una superficie de 47 Has (Secretaría de desarrollo del Estado, 1992).

La superficie agrícola del Municipio de Los Cabos aprovecha dos fuentes de agua: Aguas subterráneas (las cuales abastecen a 2,071 Has, aproximadamente un 81% del suelo agrícola); y aguas superficiales (abarcan 485 Has, aproximadamente 19% del suelo). En la cuenca, la Comision Nacional del Agua reporta 45 pozos, de los cuales son extraídos 6,905 miles de m^3 anuales. (Gobierno del Estado, 1992).

La producción agrícola depende de la estación del año, para cultivos de Otoño-Invierno se tiene un volúmen de producción de 1,792.0 Tn, cuyo valor de producción es de 6'966,877.1 nuevos pesos. Las especies cultivadas son: chile-verde, frijol, fresa, maíz grano, tomate rojo, calabacita, chícharo, hortalizas (varias), pepino y sorgo forrajero (Tabla 2).

Los cultivos de Primavera-Verano ascienden a un total de 872.0 Tn, con un valor de producción de 2'322,295 nuevos pesos. Las especies cultivadas son: chile verde, frijol, maíz grano, sorgo forrajero, tomate rojo, sandía, calabacita, cebolla, hortalizas (varias) y fresa (Gobierno del Estado, 1992) (Tabla 2).

Los cultivos perennes representan un valor de producción de 8,824.8 Tn, con un valor de 4'673.000 nuevos pesos, las especies cultivadas son: aguacate, naranja, caña de azúcar, ciruela del país, mandarina, mango, otros cítricos, otros frutales, tongelo, toronja y zacate forrajero (ver tabla 3).

PRODUCCION AGRICOLA

OTOÑO-INVIERNO				PRIMAVERA-VERANO		
CULTIVO	tn	VALOR		CULTIVO	tn	VALOR
Chile.v	530.0	1’672,99		Chile v.	152.0	456,000
Frijol	12.0	9,600.0		Frijol	82.0	253,000
Fresa	72.0	223,776.		Maiz	284.0	244,800
Maíz grano	397.0	317,600.		Sorgo	105	31,500
Tomate	241.0	272,990.		Tomate	45	292,995
Calabacita	5.0	23,520.0		Sandia	120.0	48,000
Hortalizas	371.0	4’354,05		Hortaliza	72.0	900,000
Pepino	14.0	47,334.0		Fresa	12	96,000
Sorgo	150.0	45,000.0				
TOTAL	1,792.0	6’966,877.1		TOTAL	872.0	2'322,295

Tabla 4.- Producción agrícola estacional en en el Municipio de Los Cabos durante 1992.

PRODUCCION AGRICOLA

cultivo perenne

CULTIVO	VOLUMEN tn	VALOR
Aguacate	666.8	1,332,000.0
Naranja	348.0	348,000.0
Caña de azúcar	90.0	45,000.0
Ciruela del país	18.0	54,000.0
Mandarina	15.0	12,000.0
Mango	1,054.0	632,400.0
Otros cítricos	110.0	110,000.0
Otros frutales	248.0	248,000.0
Pomelo	14.0	11,200.0
Toronja	21.0	8,400-O
Zacate forrajero	6,240.0	1'872,000.0
TOTAL	8,824.8	4'673,000.0

Tabla 5.- Cultivos Perennes en el Municipio de Los Cabos en 1992.

b.- Sector Ganadero.-

La superficie destinada a la ganadería, en el Municipio de Los Cabos, es de 278,807 Has y el área asignada potencialmente para el desarrollo de esta actividad es de 278,391 Ha (Gobierno del Estado, 1992), por lo que la superficie destinada- a la ganadería se aprovecha en su totalidad.

Dentro de las especies que se crían en el municipio están las siguientes (Fig.46) :

l.-Ganado bovino, que se destina exclusivamente al consumo de carne, con 35,000 cabezas.

2.-Ganado ovino, con una cantidad de 3,359 cabezas,

3.-Ganado porcino, con 1,532 cabezas,

4.-Ganado caprino, 10,921 cabezas, y por último

5.- Aves, con una cantidad de 2,450, de las cuales se consume carne, en cantidad de 650 Kg/día, y huevo, con una producción de 1,800 huevos diarios.

Además, de las especies ya citadas se cuenta con 1,356 colmenas. El ingreso total, por los conceptos anteriores, es de de N$ 34'694,552.5; y el ingreso mayor es por la explotación del ganado bovino, del cual se consumen 1,120.7 Tn, seguido del ganado porcino cuyo consumo es de 78.7 Tn y el caprino con 53.1 Tn. La apicultura ofrece una producción de 62 Tn con un ingreso de 339,000 nuevos pesos.

c.- Sector Pesquero.-

En la década de los treintas en 1936, la primera empacadora de pescado que se estableció en Baja California Sur, (Situada en el Corredor Turístico) fue la de Cabo San Lucas, la cual industrializaba atún, barrilete, bonito, sierra ahumada y otras especies; y fue hasta la década de los setentas en 1971 la principal fuente de vida de la comunidad sanluquense. Se aprovechaba la corriente marina denominada California, que dista aproximadamente 50 millas naúticas de Cabo San Lucas, sus aguas son ricas en especies migratorias como las antes citadas, y representan 'un importante filón como actividad de la pesca de altura.

La pesca ribereña, es rica en especies comerciales, gracias a lo cual se encuentran en el territorio municipal cuatro cooperativas: dos en La Playa, Palo Escopeta y La Ribera en el Golfo.

El Municipio de Los Cabos cuenta con una flota compuesta por embarcaciones menores y otra destinada a embarcaciones para pesca deportiva (Gobierno del Estado, 1992). La flota está constituida por 103 embarcaciones menores y 116 embarcaciones para pesca deportiva, lo cual indica que la mayoría de las embarcaciones son destinadas al turismo. La pesca comercial captura: baqueta,bota, cabrilla, cazón, cochito, chupalodo, estacuda, huachinango, macarela, ojoton, pargo, pierna, tiburón, y alcanza un volúmen de 79,876 tn, junto con otras especies y pescados sin registro (Tabla 4).

Volúmen de producción pesquera

ESPECIE	VOLUMEN (Tn)
Baqueta	8
Bota	326
Cabrilla	2322
Cazón	76
Cochito	24
Chupalodo	505
Estacuda	911
Huachinango	713
Macarela	7056
Ojoton	403
Pargo	1260
Pierna	410
Tiburón	3876
Otras especies	4576
Pescado sin Registro Ofic.	57410
TOTAL	**79876**

Tabla 6.- Producción pesquera en el Municipio de Loe Cabos, 1992.

d.- Sector Construcción.-

En cuanto al sector urbano hay 300 localidades en el municipio, de las cuales 24 son asentamientos importantes, los restantes son rancherías aisladas.

El proceso de urbanización en el Municipio de Los Cabos, debido al desarrollo del Corredor Turístico, sobre todo en la Ciudad de San José del Cabo, experimentó los cambios en forma desordenada, culminando con el desarrollo de la zona turística habitacional de Fonatur. En base a las condiciones de vivienda, la ciudad se divide en zonas: precaria, popular, media y residencial (Fig. 47). La zona precaria representa a las colonias de nuevo desarrollo con una densidad alta; la zona popular se establece dispersa a lo largo del corredor; el sector medio rodea a la zona precaria; y el sector residencial está representado por la zona hotelera, ubicada a lo largo del malecón y carretera de San José del Cabo a Cabo San Lucas.

Las densidades de población son altas para las colonias de nuevo desarrollo y disminuyen hacia la zona residencial (Gobierno del Estado, 1992). Se aprecian condiciones de vivienda precaria sobre los cauces de los arroyos y sobre los cerros, como una respuesta al acelerado crecimiento hotelero en el área, el cual demanda mano de obra. Por lo tanto, los anteriores elementos dan lugar al surgimiento de colonias en zonas riesgosas y con precarias condiciones de vida.

e.- Sector Turismo.-

El Municipio de Los Cabos, además de sus atractivos turísticos actuales, que conforman sólo una parte de los 172 km de litorales que posee, y en los cuales se encuentran hermosas playas y bahías naturales. Algunas de las cuales han sido consideradas como parques nacionales, dentro de las que se incluye a la Bahía de Cabo San Lucas y a la de Cabo Pulmo-Los Frailes. Además, el Municipio posee recursos naturales no explotados en todo su potencial, como son:

1.- El Estero de San José del Cabo

2.- Los Balnearios de aguas termales de Santa Rita y el Chorro

3.- Presas de Caduaño y Boca de La Sierra

4.- Museo y Zoológico Municipales en Santiago (Fig. 48).

En San José del Cabo es posible admirar: dentro de la arquitectura colonial, la Mision Estero de Las Palmas, situada en el centro de la ciudad, construida por misioneros Jesuitas, en el S.XVIII en 1730; playas de arena blanca y bajo declive, como son: Palmilla y Puerto Chileno; y el Estero de agua dulce, situado junto al hotel Presidente, en el cual se pueden apreciar más de 100 variedades de aves.

Sin embargo, el turismo ha traído consigo serios problemas de contaminación. Las zonas más críticas en cuanto a contaminación son:

1.- Dársena de Cabo San Lucas, por descargas de las embarcaciones

2.- **Estero de San José por contaminación con aguas residuales y desechos sólidos.**

Las actividades turísticas, pesqueras, ganaderas y agrícolas en la zona de Los Cabos han deteriorado, paulatinamente, las características naturales del medio ambiente, por no llevarse un control de las mismas y no respetarse los usos del suelo y vocación natural del mismo (Gobierno del Estado, 1992). Como resultado del crecimiento hotelero, a lo largo del Corredor Turístico de San José del Cabo, fue hecha una proyección del consumo de agua potable en la zona para el período 1988-2000, (Tabla 7) (Programa Operativo Urbano para San José del Cabo, libro N° 2, 1978, SEDUE).

Concepto	Unidad	1988	1994	2000
Población	Habs	12,271	19,799	31,946
Consumo Urbano	l/s	99	160	258
Cuartos	Ctos	881	1,281	1,601
Consumo Hotelero(Cto)	l/s	30.5	44.4	55.5
Consumo Total	l/s	129.5	204.4	313.5

Tabla 7.- Proyección del consumo de agua potable en los años 1988, 1994 y 2000 en el Corredor Turístico de San José del Cabo.

En conclusión, la mayor cantidad de agua va dirigida al sector turístico-urbano, sin embargo debería de canalizarse más agua al sector agrícola y ganadero, para fortalecer ls producción agrícola y obtener otra fuente de ingresos para la población. El sector turístico-urbano puede utilizar plantas desaladoras y reducir así el consumo de agua dulce, por lo tanto el agua debería de usarse en agricultura y ganadería, renglones básicos para el correcto desarrollo del municipio, aparte del turismo.

Además de la costa del Golfo de California, entre Buenavista y La Ribera (Fig. 48), existen: las zonas artesanales de Miraflores y San Dionisio; zonas arqueológicas y de pinturas' rupestres, situadas en la Sierra La Laguna; abundantes zonas rurales cinegéticas; zonas propias, por sus condiciones naturales de viento y marea, para: deportes acuáticos, tabla de vela (wid-surf), zonas de alto oleaje (surf), buceo, esquí acuático, paracaidismo; así como colonias de lobos marinos en zonas rocosas aledañas a las playas del corredor turístico; también son atractivos el paso de las ballenas, las misiones, el mercado de productos regionales, el folklor en ferias y fiestas tradicionales. Todo lo anterior da un potencial enorme al desarrollo de un turismo de tipo ecológico, el cual no se lleva a cabo y puede constituir una fuente importante de ingresos en la región. Siempre y cuando se haga con uso controlado e integral de los recursos naturales (plan integral de manejo) (Fig. 48).

Finalmente, con la intención de discutir y concluir algo global sobre el sector productivo, fue considerado el trabajo realizado por SEDESOL, junto con otras instituciones, en 1993, denominado Plan de Ordenamiento Ecológico para el Desarrollo Urbano en el Municipio de Los Cabos, como una idea contrastable para esta investigación.

El Proyecto de Reordenamiento Ecológico determina las actividades que se pueden desarrollar en determinada área, en este caso fue el Municipio de San José del Cabo, en función de las características naturales de la misma, bajo una serie de normas.

El objetivo del mismo fue elaborar una serie de reglamentos que ayuden a determinar el uso del suelo tomando en cuenta el desarrollo urbano y turístico del lugar, llegando a analizar la problemática existente en la interrelación de los diversos sectores productivos desarrollados en el área.

Para el desarrollo del proyecto fueron analizados de manera general, factores como: geomorfología, hidrología, actividades y consumo de agua, hidrodinámica costera, población, agricultura; y conflictos entre los diferentes sectores de producción, con respecto al desarrollo turístico.

La justificación que se da a la existencia del desarrollo turístico en el Municipio de Los Cabos es por la presencia de la Sierra de La Laguna, la cual propicia un alto escurrimiento y por ende la presencia de agua en la región, lo cual permite que se den las actividades de desarrollo en la misma.

Se dice que la hotelería en el municipio ejerce una baja intensidad sobre el paisaje. Sin embargo en base a lo descrito en los capítulos anteriores, el desarrollo hotelero requiere espacio en donde desarrollarse y para ello ocupa áreas, las cuales modifica para el establecimiento de campos de golf, condominios, villas, etc. Por otro lado el sistema de aguas residuales y negras no es eficiente en el área, debido a que el acelerado crecimiento hotelero no ha permitido el desarrollo de un plan con base en el cual se pudieran canalizar de manera adecuada estas aguas, esto da lugar a que parte de las aguas residuales del área desenboquen en el mar o en el Estero San José. Asímismo, el desarrollo de nuevas colonias sin red de drenaje apropiado contribuye en gran parte a la contaminación del área ya que el desarrollo turístico no sólo implica la creación de hoteles, condominios y campos de golf, sino además genera puestos de trabajo y propicia la creación de nuevas colonias carentes de drenaje sanitario, agua potable y otros servicios básicos, como es de citar un relleno sanitario: todo esto es producto del desarrollo turístico que afecta en gran medida los servicios a la población y al paisaje, alterando sus características naturales.

En el análisis del Planteamiento Ecológico, se maneja que el costo del agua asignada al sector turismo presenta una interacción negativa y baja, ya que este recurso es barato para el turista. Esto refleja un posible interés lucrativo de las autoridades correspondientes en el manejo de éste recurso, ya que sería mejor manejar un porcentaje de agua destinado al turismo y no el costo de

la misma, ya que si se paga más se obtiene un mayor porcentaje de agua. Esto puede traer como consecuencia una reducción en el suministro de agua en cuanto a cantidad para otros sectores no relacionados al sector turismo. Sólo por abastecer a éste sector no se toma en cuenta la capacidad de los acuíferos del Municipio de Los Cabos, los cuales tienen cierto límite y al rebasarlo pueden llegar a ser dañados seriamente. Asímismo, se dice que el agua es un recurso renovable, no obstante, qué tan renovable sea depende del patrón de recarga.

Se considera que la influencia turística y los asentamientos humanos sobre la infraestructura pública es positiva, pero baja, ya que " estas relaciones no son aparentes dentro del sistema" (FONATUR, 1982). No obstante, el desarrollo turístico propició la formación de asentamientos humanos en lugares indebidos y con condiciones de vida precarias, como es el caso de las colonias situadas en laderas de montaña y cauce de arroyos. Ciertamente, el turismo propició la construcción de vías de comunicación terrestre y aéreas y por ello hubo un beneficio en infraestructura pública, sin embargo estos beneficios son pocos en contraste con todas las condiciones negativas que esto propició. Por lo que, la relación turismo-urbanismo puede considerarse como alta y negativa.

El desarrollo turístico generó la creación de nuevos sectores urbanos, al crecer el desarrollo hotelero crecen los asentamientos humanos y estos últimos se desarrollan en áreas que originalmente eran asignadas al sector agrícola, provocando más demanda de agua y una gran competencia por este recurso por parte de ambos

sectores. No sólo el sector agrícola es afectado, también el ganadero, ya que el crecimiento hotelero demanda terreno, el cual además de la hotelería es ocupado por el sector urbano, reduciendo así el de pastoreo. La falta de terreno y agua propicia que el valor de la carne en el Municipio vaya en incremento conforme aumenta la población.

La relación existente entre turismo y sector urbano es muy estrecha, el problema entre estos dos sectores es que su desarrollo relativo no está sujeto a un plan, y no es equilibrado, esto se manifiesta en que a pesar de la falta de agua se siguen desarrollando colonias, las cuales en lugar de poseer un drenaje sanitario adecuado cuentan con letrinas y fosas sépticas, y en vez de contar con una red de agua potable se les suministra agua por medio de pipas, esto ocasiona problemas en la salud pública.

Por otro lado, el desarrollo turístico ha interferido en la cantidad y calidad de servicios en la infraestructura pública, las necesidades básicas como: redes de agua potable, alcantarillado, desechos, energía y recreación, no han sido resueltos todavía. Al parecer la política del Gobierno del Federal y del Estado es apoyar al sector hotelero y resolver con retraso las necesidades. Sin embargo debe considerarse que el sector urbano es producto del desarrollo hotelero y este último no podría subsistir sin la ayuda del sector urbano. Hay que tomar en cuenta que el área turística no está constituída sólo por el Corredor Turístico, todo el entorno lo es e incluye a los asentamientos humanos.

El Plan de Ordenamiento Ecológico tiene como fin hacer un enlace entre el Gobierno Municipal, Estatal, la federación y la población, y propiciar leyes 0 reglamentos que permitan una mejor gestión y coordinación entre los distintos sectores. El trabajo se supone que está enfocado hacia un reordenamiento de las actividades a desarrollar en el municipio con base en las características del paisaje, incluyendo flora y fauna; pero en realidad no se ve el objetivo reflejado en el trabajo, pues da la impresión de que es un reordenamiento más bien económico, que posiblemente beneficiará a un pequeño grupo, **ya** sea del Gobierno Municipal, Federal o del sector Privado.

En realidad El Plan de Ordenamiento Ecológico es válido para zonas a desarrollar, no es factible aplicarlo en una zona que ya tiene un gran desarrollo como es el caso del Corredor Turístico de San José del Cabo. Para la problemática del lugar sería conveniente establecer un plan que ayude a resolver los problemas ya existentes en el Municipio de Los Cabos a consecuencia del desarrollo turístico. Y quizás antes de seguir apoyando una actividad se debería de tratar de solucionar los aspectos negativos ya existentes en el lugar.

Finalmente, la figura 49 refleja la relación existente entre el paisaje, o características naturales del entorno del Corredor Turístico, con las actividades de desarrollo que se dan en el Municipio de Los Cabos. Se observa, claramente que las actividades del lugar son el desarrollo turístico y urbano, sin embargo estas están supeditadas al volumen de agua existente en el área. Pero,

las características del agua pueden y han sido modificadas por el desarrollo turístico y urbano, ejerciendo estos últimos una acción negativa sobre este recurso, la agricultura ha sido afectada por el desarrollo turístico-urbano, y el paisaje ha sido modificado en la porción sur del Corredor Turístico debido al mismo desarrollo.

Sin embargo, en el área es posible desarrollar actividades tales como: ecoturismo, acuacultura y pesca, entre otras, las cuales ayudarían a la economía del lugar, sin afectar tanto a la naturaleza ni al recurso agua, como está pasando con las actividades que actualmente se desarrollan, como lo son el turismo hotelero. El desarrollo de las citadas posibles actividades a desarrollar se debe de efectuar siempre y cuando se desarrollen bajo un programa de manejo del recurso a trabajar bien planteado, para evitar afectar en lo más posible a la naturaleza de la Cuenca.

IX.- CONTAMINACION

Con base a lo descrito en el subcapítulo de Química del Agua Subterránea y capítulo de Morbilidad, aquí se trata de resaltar los puntos vulnerables de contaminación en el área de estudio. Además, cabe mencionar que esto es cualitativo, ya que para hablar de contaminación es necesario establecer muestreos más sistemáticos y de período mucho más largo que el realizado para este trabajo.

La contaminación en la Cuenca del Arroyo San José es puntual, no se puede hablar de una contaminación general. Las zonas posiblemente afectadas son, las norias de: Miraflores y Sta. Anita, la zona de Sta. Rosa y San José del Cabo, y también las de las zonas ejidales.

Como fue mencionado en el apartado de química del agua subterránea, el agua de la cuenca posee dureza elevada, lo cual provoca problemas con los sistemas de enfriamiento y tuberías en la región.

Al parecer no hay contaminación por intrusión salina en los pozos cercanos a la línea de costa, en base a la interpretación de sondeos geofísicos, realizados por ROASA (1980) y Consultores del Agua Subterránea (1988), el intrusivo granítico que caracteriza el basamento de la península actúa como una barrera que evita en gran parte la intrusión del agua salada; así como también el cociente Ca^{2+}/Mg^{+}.

Según ROASA (1980), el aporte de sulfatos en el agua es debido en parte a los fertilizantes usados en las zonas ejidales, por lo que la contaminación de agua es puntual en estas zonas, debido al constante uso de fertilizantes. Asimismo, al continuar regando con agua de dureza elevada a la larga puede llegar a reducir la producción agrícola, debido al incremento de sales en el suelo.

Datos proporcionados por C.N.A.para 1986 y 1987 y de un muestreo de agua realizado en 1993 permiten concluir que existe contaminación por residuos orgánicos (fecales) en los pozos y norias situados a lo largo del Arroyo San José, sobre todo en el sector norte a la altura de Miraflores y en el sector centro, en Sta. Anita. Esta contaminación se puede considerar puntual, ya que existen chiqueros, corrales y letrinas cerca de las norias contaminadas. En temporada de lluvias la contaminación se incrementa. SARH.(1987) reporta para los años 1986-1987 tres pozos, pertenecientes al acueducto Viejo, con índices altos de coliformes fecales.

En época de lluvias, un sector importante de la población correspondiente a la Ciudad Lineal (San José Viejo a San José del Cabo) sufre de afecciones intestinales en las colonias de alta densidad poblacional, las cuales carecen de los servicios básicos, como son red de aguas negras y red de agua potable. Así por la carencia de agua potable, estas personas pagan pipas de agua, con agua que es tomada de dos norias situadas en San José del Cabo, cerca de la línea de costa.

Sin embargo, del análisis bacteriológico realizado en estas aguas se aprecia gran cantidad de coliformes fecales, sobre todo en temporada de lluvias.

Cuando llueve en la región suelen activarse los arroyos que acarrean todo lo que encuentran a su paso incluyendo heces fecales además, existen rupturas de tuberías de aguas negras, lo cual ocasiona contaminación.

Asímismo, las alcantarillas pertenecientes a algunas colonias de San José del Cabo transportan aguas negras hacia el Estero San José y al mar.

También es de mencionar la existencia de un basurero Municipal, situado en Sta. Rosa. Ahí, la basura no clasificada es depositada sobre un cerro, que en temporada de lluvias es acarreada por el flujo superficial hacia un arroyo que pasa por la falda del cerro, el arroyo transporta la basura hacia las partes bajas, lo cual es un indicio de contaminación, que tal vez, hoy en día no se note todavía, pero con el tiempo puede producir graves consecuencias.

Estos problemas ocurren en cualquier zona donde el desarrollo de alguna actividad, en este caso el turismo, se da en forma vertiginosa, ocasionando un rápido crecimiento urbano sin una planeación urbana adecuada.

En conclusión, las posibles zonas contaminadas son:

1.- Zonas ejidales (uso de fertilizantes e incremento de sales en el suelo).

2.- Zonas suburbanas y rurales (contaminación de agua debido a la ubicación de letrinas y áreas de mantenimiento de animales domésticos cerca de las norias).

3.- Zona urbana (en colonias que carecen de los servicios básicos).

4.- Estero San José y linea de costa (aporte de aguas negras).

5.- Zona de Sta. Rosa (mala ubicación del basurero).

X. DISCUSION

La porción sur de Baja California ha sido escenario de un emporio turístico suscitado durante los setentas. Dicho desarrollo se vió facilitado gracias a las condiciones naturales del lugar. En este trabajo con la intención de comprender lo acontecido fueron empleadas dos escalas de trabajo, la escala macro en la que se describen las características físicas de la Cuenca del Arroyo San José y la escala micro donde es manejado el desarrollo turístico.

La cuenca del Arroyo San José está constituída en su mayoría por basamento granítico, hay rocas sedimentarias marinas al SE del área de estudio y volcánicas al NW de la misma, la porción centro se caracteriza por el Arroyo San José, y está conformada por terrazas compuestas de gravas y fragmentos gruesos, con poco o nada de cementante. Estas unidades rocosas son afectadas por fallamiento con tendencia predominante N-S como lo muestra el Arroyo San José, otra tendencia es hacia el NW-SE y es la que representa a los tributarios del Arroyo San José, situados en la margen derecha del mismo, por último está la tendencia NE-SW que siguen los tributarios situados en la margen izquierda del Arroyo San José.

La litología y el patrón estructural del área son los que indican las características del drenaje en la misma, principalmente el último. Un sistema de drenaje subdendrítico se aprecia al NW del área, constituído por numerosos tributarios de primer y segundo

orden, los cuales indican zonas de erosión alta. El sistema de drenaje recto-paralelo se localiza al SW de la cuenca, constituído por arroyos de primer orden distribuídos esporádicamente, en esta porción la erosión es elevado. El drenaje de tipo paralelo es común en la margen izquierda del Arroyo San José, en esta zona los escurrimientos son elevados, y sus arroyos son buenos conductores de agua y alimentadores del acuífero. La porción SW refleja zonas de alta erosión, la corta longitud que presentan los tributarios de primer orden en esta zona provoca que en temporada de lluvias la erosión sea elevada, sin embargo las longitudes largas que presentan los tributarios de segundo orden que facilitan la acumulación de agua y lenta infiltración de la misma, esto prácticamente depende de la pendiente del terreno.

Las porciones NE y SE en el área a contraste de la anterior presentan arroyos largos de primer orden, bastante espaciados, paralelos entre ellos y propician poca o nula erosión a profundidad y altos escurrimientos. El sector centro, representa el área en la que el depósito de sedimento es mayor y el almacenamiento de agua es abundante y sobre la cual están ubicados los pozos de la región.

Al oeste la densidad de drenaje es de 3/Km en las partes altas y disminuye a 2/Km en las laderas de montaña y a 1/Km en el pie de monte, lo cual indica que en el NW la separación entre las corrientes es menor y el drenaje es más eficiente. En las porciones SE y NE, la densidad es de 3/Km en las laderas de montaña y alcanza 1/Km en el pie de monte.

Se puede decir que el sector centro es el área que mayor

densidad de drenaje presenta, la cual va de 3/Km en la zona norte del Arroyo San José y 5/Km en la desembocadura del mismo, esto se debe a la confluencia de los tributarios sobre el Arroyo San José, situado en esta porción centro.

La porción NW, es la que presenta pendientes pronunciadas llegando a ser estas mayores a los 36°, esto propicia alto escurrimiento y elevada tasa de sedimentación sobre las partes con pendientes suaves; los sectores SW y NE presentan pendientes similares entre 33° y 27°, también propician alto escurrimiento. El sector centro presenta pendientes menores a los 20° y esto condiciona el alto depósito sedimentario sobre el cauce del Arroyo San José.

El tipo de suelo predominante en los sectores NW y SW es el litosol con presencia de bosques de pino-encino; en las laderas de montaña y pie de monte predomina el suelo tipo regosol y se aprecian coníferas y selva caducifolia.

En los sectores NE y SE los suelos son de tipo regosol lítico, donde abunda la selva caducifolia y pequeñas áreas de vegetación crasicaule, también predomina el suelo tipo litosol, con presencia de matorrales tipo sarcocaule. En la porción centro, debido a la convergencia de los tributarios del área, hay áreas donde la acumulación de agua es más abundante y por lo mismo es común encontrar palmares, en contraste en la desembocadura del Arroyo San José es común encontar la denominada vegetación de galería.

Estas características son posibles debido a que el sistema orográfico de la Sierra la Laguna actúa como captador de agua

pluvial, y como consecuencia da las características de clima templado y abundante vegetación, en contraste con el resto de la cuenca.

Todas estas características son los factores que determinan el atractivo del lugar, caracterizado por un sector boscoso en las partes altas de la cuenca, un sector desértico en la porción media y un sector costero al límite sur de la cuenca. El contraste entre los paisajes propició la visión de establecer un emporio turístico en la región, el cual se dió durante los setentas, y produjo un incremento en la población y en la demanda de trabajo, así como de servicios.

El desarrollo turístico propició fuentes de trabajo, la principal fue el sector restaurantero y hotelero, siguiendo el sector construcción, agrícola, ganadero, silvícola,- pesquero y de servicios personales.

Para abastecer las necesidades de agua de dicho crecimiento poblacional fue construído el primer acueducto en el área a principios de los ochentas. El acueducto cuenta con cuatro pozos con un gasto de 200 l/s, pero debido al acelerado crecimiento turístico-urbano se llegó a la necesidad de construír un segundo acueducto, denominado Sta. Anita, lugar en donde se localizan los pozos, compuesto de siete pozos con un gasto de 270 l/s.

La lluvia es un factor primordial en la existencia de agua en la cuenca, es por ello que los niveles de los pozos en el área no son constantes; de 1968-1976 los niveles descendieron debido a que de 1968 a 1971 el volúmen de lluvia fue menor al promedio de

precipitación. También se observó que los valores anuales mayores que el promedio no necesariamente contribuye significativamente a la recarga, sino la sucesión de valores mensuales altos. En 1976 los niveles empezaron a recuperarse debido a las fuertes lluvias y la respuesta a la recarga fue de 1 a 2 meses. En el período 1977-1978 se observó otra recuperación.

La lluvia no es el único factor limitante para el uso de agua en el área, y por lo tanto del desarrollo en la misma, también hay que considerar las características químicas del agua a través del análisis de agua de pozos, norias y manantiales de la región. El agua es dura y el contenido de sales es bajo. En las márgenes del Arroyo San José el agua tiende a ser de tipo incrustante, con salinidad media y baja en sodio. En el sector centro el agua cambia a ser agresiva. Esto puede ocasionar problemas en los sistemas de enfriamiento y tuberías en el área, asímismo el prolongado uso de estas aguas para riego puede reducir el potencial de producción de las mismas, por acumulación gradual de sales.

Pero las características del agua subterránea no son las únicas que causan problema al desarrollo suscitado en el área, el agua superficial juega un papel muy importante. En temporada de lluvias se forman grandes avenidas, las cuales arrasan con lo que encuentran a su paso. En 1992 se inauguró la carretera de cuatro carriles, que va desde Santa Anita a Cabo San Lucas. Esta carretera fue diseñada y trazada perpendicular al cauce de tributarios principales del Arroyo San José, pero las lluvias de nov. de 1993, arrasaron con varios tramos de la carretera cuatro carriles, al

fallar su drenado, además de afectar a colonias situadas en las vecindades.

El hecho de llevar a cabo un desarrollo sin una adecuada planeación conduce a problemas como el anteriormente citado, además de ayudar a que la población sea afectada por pérdida de vivienda y padecimientos gastro-intestinales por falta de un drenaje sanitario adecuado, como ocurre en la Ciudad lineal y en San José del Cabo. Esto ha ocasionado que las norias del lugar presenten rasgos de contaminación como es la presencia de coliformes fecales. En el área al menos en las norias muestreadas no todas rebasan la norma de SEDUE, pero contienen coliformes fecales, lo cual indica que puntualmente están siendo afectadas por residuos fecales, y este aporte en ocasiones es directo, sobre todo después de las lluvias. Y como resultado el índice de enfermos por infecciones intestinales aumenta en temporada de lluvias, sobre todo en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y diciembre, lo cual va en detrimento de la salud de la población de San José.

El desarrollo turístico-urbano no sólo ha interferido con la naturaleza del lugar, sino que ha opacado a las actividades que se desarrollan en el área, como son: la agricultura que cuenta con 18 ejidos. Entre las actividades productivas de la región está la ganadería, en la cual abunda el ganado bovino con 35,000 cabezas, seguido del ganado caprino con 10,921 cabezas y la pesca comercial con un volúmen de producción de 79,876 ton, anuales.

Debido al desarrollo turístico-urbano, a estas actividades no se les ha brindado apoyo apropiado, y por lo tanto la economía del Municipio está a merced de las altas y bajas del turismo.

Esto refleja la problemática existente en el área de estudio, como producto de un desarrollo mal planeado, el cuál está afectando seriamente a sus moradores y a la naturaleza del lugar.

Existe una relación estrecha entre el desarrollo turístico y la naturaleza del lugar que ha propiciado, un desarrollo deplorable de la mayoría de la población que va ocasionando daños materiales, pobres servicios y baja calidad de vida.

Se ha desarrollado un Plan de Ordenamiento Ecológico para el área de estudio, sin embargo este plan no representa una solución para la problemática del lugar, mas bien es un plan con orientación económica, que muestra los beneficios que pudieran llegar a obtenerse del sector hotelero. Es un plan que propone zonas aptas para seguir acrecentando la inversión hotelera, cuando en realidad el área de estudio necesita soluciones para combatir en cierta manera la problemática existente.

Actualmente, no se están aprovechando los recursos naturales del área en forma adecuada, y se está afectando a la calidad del suelo y agua, lo cual lleva implícito una reducción en el potencial de producción agrícola y ganadero. Asímismo, la calidad de vida de la población se ha visto seriamente dañada y la preservación de especies y alteración de cuerpos de agua, como son el Estero San José y línea de costa también reciben grandes presiones.

El área de estudio tiene potencial para el desarrollo de otras actividades como: pesca ribereña, la cual se pudiera realizar bajo un buen plan de manejo del recurso, que tome en cuenta las especies existentes en el área, volúmen de éstas y período de reproducción, para producir sin sobreexplotar.

Hay **potencial para** el desarrollo de actividades ecoturísticas, las cuales se llevarían acabo a través de un buen plan de manejo que permitiera recrear al turista y ampliar su conocimiento acerca de los recursos del área, ya sea sobre mamíferos marinos como: ballenas, delfines, lobos marinos, etc, o sobre la flora y fauna terrestre, geología, etc. Esto se haría a través de guias especializados capaces de ofrecer pláticas acerca de lo que se vea o relacione con la excursión educacional.

Las actividades acuaculturales pudieran desarrollarse en zonas agrícolas inactivas o zonas costeras protegidas. Hay que 'tener cuidado al mencionar el posible desarrollo de otras actividades ya que de llegar a desarrollarse, éstas deben realizarse bajo un régimen de manejo integral. Esto es muy importante, ya que si se llegan a desarrollar actividades sin una debida planeación pueden contribuir y/o aumentar los problemas en el área y alterar el medioambiente, que como se pudo apreciar en el desarrollo del presente trabajo, es muy importante ya que es el regulador de cualquier actividad productiva, y por lo tanto hay que cuidar la naturaleza del lugar.

XI. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

A. Conclusiones.-

1.- Las rocas sedimentarias existentes en el área de estudio, convierten al sector NE y SE de la cuenca, en zonas impermeables, con grandes escurrimientos en temporada de lluvias.

2.- **Los tributarios del Arroyo San José de primer orden localizados en el sector E del arroyo, son rectos, largos y espaciados, son paralelos entre sí provocando una poca o nula erosión a profundidad y gran escurrimiento.**

3.- **Los tributarios del Arroyo San José, correspondientes al** segundo orden, tienden a ser más largos y espaciados que los demás tributarios esto provoca una infiltración mayor y un escurrimiento fluvial moderado.

4.- Los arroyos situados en el área de estudio que poseen **abundantestributariosdelongitudespequeñaspertenecientes al primer y segundo orden, propician la erosión.**

5.- **Las subcuencas situadas en la porción occidental de la Cuenca del Arroyo San José son las que mayor erosión y depósito de** sedimentos presentan en el área, siendo aptas para la alimentación del acuífero.

6. El área de estudio presenta abundantes precipitaciones durante los meses de agosto-septiembre-octubre, debido a la acción de los ciclones originados en la zona del Golfo de Tehuantepec. Las lluvias son captadas en las porciones altas de las Sierras produciendo un escurrimiento anual del 20% en las mismas.

7. **-Los suelos del área de estudio están íntimamente ligados a la porosidad y pendiente del terreno, dependiendo de ello se desarrollan diversos tipos de vegetación, y zonas aptas para la formación de aguas subalveas, alimentadores del acuífero.**

8.- **La distribución de la vegetación en el área de estudio está supeditada a la precipitación y temperatura, es común encontrar bosques de pino-encino a elevaciones de** 1000-1500 **m y en las partes bajas sobre los cauces de los arroyos es común la presencia de palmares y matorrales, siendo la evapotranspiración más abundante en la porción NW del área que en el resto de la misma.**

9.- **El sedimento que conforma a las playas situadas en el área de estudio, es de origen fluvial, existe una gradación textura1 en el tamaño del grano, variando de grano grueso a fino en las inmediaciones costeras. Este sedimento es retrabajado por las corrientes litorales, los cuales lo distribuyen hacia el E en verano y al W en invierno. La plataforma continental al SW del área tiende a ser estrecha, por lo que hay playas más anchas en la porción SE del área de estudio.**

10.- **La respuesta a la recarga en los pozos situados sobre el cauce del Arroyo San José es de** 1 **a 2 meses, cuando las condiciones son favorables.**

11.- El **efecto de la recarga es acumulativo, y la respuesta de la misma es rápida, pero el efecto total de la misma se hace notar hasta pasados cuatro meses.**

12.- El agua subterránea en la cuenca es de tipo bicarbonata cálcica y sódica. El agua bicarbonatada mixta se encuentra en áreas cercanas a la línea de costa, esto indica que los suelos de la región son regados con aguas con contenidos importantes de cloruro, calcio y sodio, lo cual limita a la agricultura.

13.- La dureza del agua de la cuenca del Arroyo San José del Cabo, es alta, debido al contenido de iones bicarbonato, los cuales pueden dañar las tuberías de cobre y sistemas de enfriamiento situados en el sector urbano, asímismo puede llegar a afectar al sector agrícola.

14.- El agua subterránea en la porción norte de la cuenca cuenta con valores elevados de coliformes fecales, las norias situadas en el norte del área rebasan la norma, y en la zona sur la cantidad de coliformes disminuye comparado con la porción norte, pero de todas formas muestran presencia de contaminación fecal. Es posible que el tamaño de sedimento sea factor importante para la determinación de coliformes en las norias del lugar, ya que éste permite la filtración de la flora microbiana. Hacia el sur, el sedimento tiende a ser de grano más fino con la presencia de limos y arcillas, ésto hace el terreno más impermeables y con ello evita la infiltración del agua cargada con coliformes fecales.

15.- **En la Cuenca del Arroyo San José del Cabo se ha experimentado un gran desarrollo urbano y turístico debido a las características naturales y belleza que posee, sin embargo este desarrollo no ha sido correctamente planeado, provocando un sin número de problemas a la población y a los inversionistas.**

16.- **El desarrollo turístico en San José del Cabo ha provocado:**

a.- **Requerimiento de mano de obra y por consiguiente gran cantidad de inmigrados.**

b.- Construcción de obras civiles mal planeadas en lugares vulnerables a desastres naturales.

c.- **Pésimas condiciones de vivienda para los inmigrados.**

d.- Demanda de servicios que no son bien distribuídos a toda la población.

e.- **Incremento de las necesidades de agua potable**

f.- Contaminación del litoral

g.- Modificaciones en el paisaje

17.- **La Cuenca del Arroyo San José'del Cabo es una fuente importante de suministro de agua dulce para el sector urbano y hotelero . Pero también puede llegar a ser una zona peligrosa debido a que es muy vulnerable a los escurrimientos en temporada de lluvias, ya que la corriente principal que capta su flujo durante épocas de huracanes o tormentas (Arroyo San José) provoca la destrucción de obras urbanas situadas sobre su caudal, que hayan sido ubicadas**

indebidamente con relación a estos factores.

18.- El Gobierno del Estado junto con el Municipio de Los Cabos, son los únicos que tienen la solución para el problema de desarrollo en San José. Dicho desarrollo fue mal planeado y provocó faltas y deficiencias en los sistemas de alcantarillado, tanto sanitario como fluvial, que causa problemas de salud en la población.

19.- Para poder cumplir con las necesidades de agua potable en la zona hotelera se construyó un acueducto que va desde Sta.Anita a los Cabos, el cuál provocó con su desmesurado bombeo un abatimiento de los niveles de los pozos agrícolas del lugar.

20.- Debido a la regularización del agua potable no se ha desarrollado como debiera la agricultura, las áreas agrícolas son ocupadas para pastoreo.

21.- La mayor cantidad de agua dulce se designa al sector turístico-urbano, descuidándose el sector ganadero y agrícola, esto provoca que la economía del lugar esté supeditada a las altas y bajas del turismo.

22.- La gran mayoría de los problemas de salud en San José del Cabo, son debidos a padecimientos intestinales, una de las causas es la calidad del agua, ya que en norias situadas sobre el cauce del Arroyo San José, se han detectado contaminación, debido a que cerca de las mismas hay corrales, chiqueros y fosas sépticas.

En conclusión, **el desarrollo turístico en el Municipio de Los Cabos está limitado por el recurso agua, el cual es suministrado por la Sierra de La Laguna; la hotelería demanda mano de obra y con esto fuentes de trabajo, pero tambien ocasiona inadecuados asentamientos urbanos con precarias condiciones de vida, lo cual afecta a los sectores pesquero, agrícola y ganadero, que han reducido su producción. Aunque la mayor parte de la economía de dicho municipio, por no mencionar que casi toda, se basa en el turismo, esto hace que los ingresos dependan de las altas y bajas que ocasione la afluencia. Así, en lugar de apoyarse en varios sectores la economía se apoya en uno, generándose así una gran inestabilidad, que redunda en una pobre calidad de vida para la mayoría de la población.**

B.Sugerencias.-

1.- Antes de desarrollar cualquier obra urbana debe de hacerse un estudio hidrogeológico del área a construir que abarque un análisis, geomorfológico e hidrológico así como el desarrollo de estudios eco-geotécnicos.

2.- Antes del desarrollo de cualquier obra urbana deben de tomarse en cuenta las estadísticas del lugar a planear, en cuanto a desastres naturales, considerando los **rasgos** geológico-estructurales existentes en el área y los máximos eventos suscitados en la misma.

3.- En áreas costeras donde el recurso agua es escaso se deberían de establecer plantas desaladoras, al menos en todos los hoteles, evitando el uso de agua potable para riego, uso doméstico, y otras actividades de esparcimiento **así** como el planteamiento del uso de un sistema de reciclaje de aguas residuales, con el cual se pudieran volver a usar las aguas destinadas a la cocina y lavandería.

4.- Sería conveniente instalar receptores (gaviones) 0 presas pequeñas de agua superficial en las laderas montañosas, para que en los valles se propicie la recarga de acuíferos, y evitar así la pérdida de este recurso, ya sea por evapotranspiración o por el escurrimiento hacia el mar.

5.- Teniendo la Península de Baja California Sur tanto litoral es lamentable que no se apoye adecuadamente al sector pesquero y se prefiera al turismo sobre aquel. Con apoyo del Municipio se pueden poner en práctica cooperativas pesqueras que manejen la materia prima de una manera

BIBLIOTECA
I.P.N.
DONATIVO

integral. La cual incrementaría la producción y abriría nuevos empleos y mercados, todo esto bajo un plan del manejo del recurso, un plan en pesquerías, para evitar de esta manera la sobreexplotacion de alguna de las especies de captura.

6.- Aprovechando el recurso marino y litoral bien pudieran contemplarse el desarrollo de industrias procesadoras de pescado y enlatadoras bien planificadas, así como el establecimiento de zonas para acuacultura.

7.- Sería conveniente establecer zonas, en las que se pudierandesarrollar actividades turísticas de bajo impacto; en las cuales, con ayuda de guías especializados y conocedores de la región se desarrollen actividades, como: buceo, cayakeo, visita a las ballenas y lobos marinos, campamentos en la sierra, bajo un buen plan de manejo del litoral y recursos marinos. Estas salidas estarían complementadas con pláticas acerca de lo observado, a través de guías especializados, brindando al turista recreación, diversión y ampliación del conocimiento.

8.- El Municipio de Los Cabos junto con el Gobierno del Estado pueden llegar a acuerdos con los hoteleros para mejorar el alcantarillado, drenaje y condiciones de vida de la población de Los Cabos.

9.- Pudiera instalarse una planta desaladora que abastezca de agua a la población y hoteles alejados de la línea de costa, reduciéndose así el consumo de agua dulce.

10.- **Realizar campañas educativas y sanitarias, para evitar la frecuencia de padecimientos gastrointestinales se recomienda a la** poblacion **hervir el agua potable o clorinizarla.**

BIBLIOGRAFIA

Aceves N.L., 1981. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Depto. Suelos, PATUACH, Chapingo, México.

Alvarez Sánchez G, Merritt R. Stevenson y Bruce Wyatt, 1978. Circulación y Masas de agua en la Región de la Boca del Golfo de California en la primavera de 1970. v 5(1):57-69, Ciencias Marinas, México.

American Public Health Association, 1989. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, APHA-AWWA-WPCF, Washintong,DC.

Anderson, D.L., 1971. The San Andreas Fault, Sci. Am.

Aranda Gómez J, 1982. El Basamento Metamórfico en la Región de Todos Santos, B.C.S.. Informe Preliminar: Resúmenes, VI Convención Geológica Nacional S.G.M. pP 103-104.

Aranda Gómez J.,J. Pérez Venzor, 1988. Estudio Geológico de Punta Coyotes, Baja California Sur, U.N.A.M. Inst. Geol (7):1-21.

Aranda Gómez, J y José A. Pérez Venzor,1989. Estratigrafía del Complejo Cristalino de la Región de Todos Santos, B.C.S., U.N.A.M., Inst de Geología, Bol 8:149-170.

Arriaga Laura and Jose Luís León, 1989. The Mexican Tropicaldeciduous forestof Baja California Sur: A floristic and structural approach. VEGETATIO (In Press).

Atwater, T., 1970. Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America. Bull. Geol. Soc. Am (810: 125-133.

Bates Robert L and Julia A. Jackson, 1980.- Glossary of Geology. American Geological Institute. Falls Church, Virginia.

Beal, C.H., 1948. Reconnaissance of the Geology and oil possibilities of Baja California Mexico: Geol. Soc. Am, M31, Pp 138.

Carrillo Chávez A. y J. Gaytan Moran, 1986 . Mapa Preliminar Estructural del Bloque de La Paz- Cabo San Lucas, B.C.S., U.A.B.C.S.

Carrillo Chávez, A, 1986. Terrenos Tectono-estatigráficos de la parte sudoccidental del Bloque Cabo San Lucas, B.C.S.: Resúmenes VIII. Convención Nacional, Pp 68.

Carrillo Chávez, A, 1990. Mineralogy alteration and genesis of los Uvares Gold deposits, Baja California Sur, México: Tesis M.C. Universidad de Cincinnati, 186 p.

Comisión Exploradora del Pacífico, 1922. Exploración de la Península de Baja California. U.N.A.M.

Comisión Nacional del Agua, 1980. Estudio Geohidrológico de San José del Cabo, Baja California Sur, en: Técnicas Modernas de Ingienería, S.A. Consultores. Reporte técnico.Pp l-100

Comisión Nacional del Agua, 1993. Reporte Técnico, datos de Precipitación de estaciones climatológicas situadas en San José del Cabo, B.C.S., México. La Paz, B.C.S.

Comisión Nacional del Agua, 1994. Presa San Lázaro, Municipio de Los Cabos.

Consultores en agua subterránea, S.A, 1988. Exploración Geofísica en Los Cabos, B.C.S, México

Curray, R.J., D.G. Moore y G. Einsele., 1982. Tectonics and Geological History of the Passive Continental Margin at the Tip of B.C. (64): 1089-1115.

Demant, A y C. Robin, 1975. Las fases del volcanismo en México, una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico, Rev. Inst. Geol. UNAM. 75(1):70-83.

DETENAL, 1977. Atlas de Huracanes en el Océano Pacífico y en el Océano Atlántico. México. D.F.

Dirección de Planeación Urbana y Regional, Gerencia General de Planeación Urbana y Regional, 1978. Diagnóstico Urbano de San José del Cabo, B.C.S, p 90 en: Programa Operativo Urbano Para San José del Cabo.

Dokka, R.K, R.H. Merriam, 1982. Late Cenozoic Extensión of Northeastern Baja California, México, Bull. Geol. Soc. Am (93):370-378.

Dreger, H.E,1900. Soils of arid regions. Developments in Soil Science 6. Ed. Elsevier Science Publishing Company, 52 Vanderbilt Avenue. New Yprk, New York 10017.

FIDALC, 1990 . Fideicomiso para la construcción y administración del segundo acueducto Sta. Anita- Cabo San Lucas Escala 1:50,000

Finch, J.W., E.A. Pessagno and P.L. Abbott, 1979. San Hipólito Formation: Triasic Marine Rocks of the Vizcaíno Península, In: Abbott, P.L. and R.G. Gastil, eds Baia California Geology: Field guides and papers, Geológica1 Society of America Annual Meetin San Diego, 1979, Pp 117-120.

Folk, R.L., 1966. A review of grain-size parameters. Sedimentology, 6:73-93.

Folliott Peter F, Martin M. **Fogel, Gerald J. Gott Fried (1992).** Recursos Forestales de la Sierra de la Laguna en: Usos y Manejo de los Recursos Naturales en la Sierra de la Laguna, Baja California Sur, Ed: Alfredo Ortega. Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur. A.C. García Pelayo Ramón y Gross, 1982. Pequeño Larousse.

FONATUR, 1982. Un desarrollo Turístico de Cara al Siglo XXI, San José del Cabo, B.C.S.

Gastil, G.R., D. Krummenacker, G. Morgan, 1981. The Tectonic History of Peninsula California and adjacent Mexico,Inst. Ernest, W.G. (ed), The Tectonics development of California, Prentice-Hall, New Jersey, Pp 285-306.

Geldreich E.E. and B.A. Kenner, 1969. Concepts of fecal streptococci in Stream Pollution. J. Wat. Pollut. Control Fed. 41:336-352.

Gobierno del Estado de Baja California Sur,1992. Municipio de Los Cabos. Situación Socioeconómica y sus Perspectivas. Secretaría General de Gobierno. Subsecretaría de asuntos y coordinación de desarrollo Municipal, La Paz. B.C.S. Pp 71.

Gobierno **del Estado de Baja California Sur, 1994.** Coordinación Estatal de Turismo. Sistema de Información Turística Estatal

Hausback, B.P., 1984. Cenozoic Volcanic and Tectonic Evolution of Baja California Sur, Mexico, in U.A. Frizzell Jr. ed, Geology of the Baja California Península: Pacific Section, SEP M, (39):219-236.

Heim, A., 1922. Notes on the Tertiary of Southern Lower California. Geol. Mag., V 59(702).

INEGI, 1970. Carta Climatológica, La Paz, escala: 1: 500 000.

INEGI, 1980a. Carta de dirección de vientos, La Paz, escala 1:250 000

INEGI, 1980b. Carta de escurrimientos fluviales, La Paz, escala 1:1000 000.

INEGI, 1981b. Carta de Climas La Paz, escala: 1: 500,000 Spp, México.
INEGI, 1981 a. Carta topográfica, San José del Cabo, Escala 1:250 000 SPP, México.

INEGI, 1983. Carta de Evapotranspiración y Déficit de agua, Escala 1: 1000.000.
INEGI, 1984b. Carta de Efectos climáticos Regionales, noviembre-abril, de San José del Cabo escala 1:250,000
INEGI, 1984c. Carta de Efectos climáticos Regionales, mayo-octubre de San José del Cabo escala 1:250,000
INEGI, **1984a.** Carta geológica, San José del Cabo, escala 1:250,000 SPP, México.
INEGI, **1985a.** Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, San José del Cabo. Escla 1: 250,000.

INEGI, 1985b. Carta edafológica, San José del Cabo, escala 1:250,000.SP México.
INEGI, 1988. Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas, San José del Cabo, Escala 1:250,000
INEGI, 1989. Carta Uso del Suelo y Vegetación, escala 1:250,000 , México.

INEGI, 1990. Resultados Preliminares XI Censo General de Población y Vivienda.

INGESA, 1968. Estudio Fotogeológico de las Cuencas de los arroyos Santiago y San José del Cabo, en el Territorio Sur de Baja California, México.

Instituto de Servicios de Salud, 1993. Sistema de Mortalidad. Depto. de Estadística. La Paz, B.C.S.

Linsley, Kohler and Paulus, 1984. Hidrología para Ingenieros IN: Horton, R.E. Erosiona1 development of Streams. Geol. Soc. Amer. Vol.56:281-283.

López R, E, 1979. Geología de México 2a Ed., México, D.F., Edición escolar, 3 **volúmenes.**

Lozano-Romen, 1975. Evaluación Petrolífera de la Península de Baja California, México: Bol. Asoc. Mex. Geol. Petr. (27):104-329.

Maya Delgado Yolanda, 1988. Edafología en: Arriaga Laura y Alfredo Ortega "La Sierra de La Laguna de Baja California Sur, CIB, La Paz, B.C.S."

Mc **Cloy, c., 1984.** Stratigraphy and Depositational History of the San José del Cabo Trough, B..C.S., Mexico, Geol of the Baja Peninsula (39): 267-273.

Mina, F., 1957. Bosquejo Geológico del Territorio Sur de la Península de Baja California : Asoc.Mex. de Geol. Petrol. Boletin (9):141-270.

Minch, 1979. Loreto and its bearing on the petroleum possibilities of Baja California: Pacific Sections, AAPG and SEPM, Program for Anahein meeting, P28.

Moore, D.C., 1973. Plate-Edge deformation and crustal growth, Gulf of California Structural Province: Geological Society of America Bull (84): 1883-1906.

Murillo, M.G., 1991. Análisis petrológico y edades K-Ar de las rocas metamórficas e ígneas pre-cenozoicas de la región La Paz-Los Cabos, B.C.S., México en primera reunión sobre geología de la Península de Baja California, La Paz Baja California Sur, México (Resúmenes).

Normark, Curray, 1968. Geology and Structure of the tip of Baja California, México: Geol. Soc. V(79): 1589-1600.

Ortega-Gutiérrez, Fernando,1982. Evolución magmática y metamórfica del Complejo Cristalino de La Paz, Baja California Sur. Soc. Geol. Mex, Convención Geológica Nacional, 6 programas y resúmenes, 39p (resúmenes).

Pantoja J.A, y J. Carrillo B., 1966. Bosquejo Geológico de la Región de Santiago-San José del Cabo, Baja California. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v.58, (1-2):1-11.

Prost E. and Riemann H, 1967. Food-borne Salmonellosis. Ann. Rev. Microbiol. 21:495-528.

Puy Alquiza M. Jesús, 1992. Caracterización Geológico-Estructural del Sistema de Falla San Juan de los Planes, Baja California Sur, México, Tesis de Licenciatura U.A.B.C.S., La Paz, B.C.S.

Raisz, E.W.,1959 (Ed. corregida, 1964). Landforms of Mexico: Physiographic Provinces. Geography Branch of the Office of Naval Research, USA.

Rangin C., 1978. Speculative model of Mesozoic Geodinamics, central Baja California to northeastern Sonora (México). In: Howell, D.G., and Mc Dougall, K.A., Paleontologist and mineralogist, Pacific Coast Paleogeography Symposium 2 Pp 85-106.

ROASA, 1980. Actualización del Estudio geohidrológico de la Cuenca de San José del Cabo, B.C.S. En: Secretaría de Agricultura y Recursos hidraúlicos representación en el Estado de Baja California Sur (Eds) Jefatura de infraestructura hidraúlica, residencia de geohidrología y de zonas áridas, Rocha y Asociados S.A.

Romero Rojas Sergio., 1993. Informe de Verificación Terrestre de Anomalías zona La Trinidad, Municipio de Los Cabos, Estado de Baja California Sur (Tercera Etapa). Consejo de Recursos Minerales, Subgerencia Regional Zona Noroeste. Residencia Baja California Sur (Informe. Técnico).

SARH, 1987. Análisis químicos y Bacteriológicos (Reporte Técnico) Municipio de Los Cabos.

SARH, 1993. Reporte Técnico, datos de Análisis Microbiológicos durante el período 1986-1987. La Paz, B.C.S.

SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, 1987. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de Calidad de agua CE-AA-421987. México, Pp 28.

SEDESOL, 1993. Reporte Inédito-Programa de Ordenamiento Ecológico Para el Desarrollo Turístico Urbano del Municipio de Los Cabos, B.C.S, México. en : Depto. de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la OEA e Instituto Nacional de Ecología.

Silver, L.T. **y** T.H. **Anderson,** 1978. Mesozoic magmatism and Tectonism in northern Sonora and their implications for mineral resources. Resúmenes del primer simposio sobre la Geología y potencial minero del Estado de Sonora, Hermosillo, Sonora, Instituto de Geología U.N.A.M. :117-118.

Soil Survey Staff, 1976. Soil Taxonomy. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.in press.

Stevenson, M.R. and F.R. Miller, 1971. Oceanographic and meteorological observations for the project little window: march 1970. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Data Rept. 4, 324 Pp.

Técnicas Modernas de Ingeniería , S.A. (TMI),1974. Estudio Geohidrológico de San José del Cabo, Baja California Sur, México.

Universidad Nacional Autónoma de México, 1989. Diccionario Geomorfológico, p 337. México.

Whitten D.G.A, 1979. Dictionary of Geology, Inglaterra, p 487.

GLOSARIO

* **Acuífero.-** Es una formación, grupo de formaciones o parte de una formación geológica que contiene suficiente material permeable para permitir el almacenamiento y la transmisión de agua por los intersticios del material permeable como para producir cantidades apreciables de agua. No emplear manto acuífero pues es una redundancia.

* **Aforo.-** Es la medición de la cantidad de agua que lleva una corriente en determinada unidad de tiempo.

* **Anticlinal.-** Estructura geológica consistente en un pliegue de capas de rocas convexas. Las rocas más antiguas se encuentran en el centro (núcleo).

* **Barrera.-** Acumulación de roca o sedimento a manera de limitar un cuerpo.

* **Batolito.-** Nombre aplicado a cualquier masa intrusiva voluminosa de roca ígnea (casi siempre granito, en sentido amplio). Los Batolitos están constituídos generalmenete por un complejo de rocas plutónicas ácidas y están siempre asociados a cinturones orogénicos, presentando un trazo más 0 menos paralelo **a** los mismos.

  Plutón discordante que aumenta de tamaño hacia abajo, cuya base es difícil de determinar y cuya superficie de afloramiento pasa de 100 Km^2.

* **Berma.-** Son playas, que parecen terrazas pequeñas, formadas por las tormentas; y que en sus bordes, del lado del mar, tienen camellones bajos, formados por las olas de tormenta.

* **Buzamiento.-** Angulo que forma el eje de una masa de rocas plegadas con relación a un plano horizontal.

* **Corredor Turístico.-** Franja de tierra ocupada por un desarrollo turístico (hotelero, principalmente).

* **Cratón.-** Parte de la Corteza Terrestre que ha alcanzado estabilidad y ha estado sometida a deformación por un período prolongado. Los cratones contienen parte de roca del fondo de los continentes y del océano.

* **Cuenca Hidrográfica de una corriente.-** Area que contribuye al escurrimiento y que proporciona parte o todo el flujo de la corriente principal y sus tributarios.

* **Dique.-** Espeso filón de roca magmática que después de haber rellenado una fractura profunda, se yergue más tarde como si fuese una muralla.

* **Erosión.-** Es un proceso geológicos exógeno, sigue al intemperismo y precede a la acumulación. En un sentido restringido se refiere a la remoción de partículas por procesos gravitacionales y escurrimientos.

* **Escurrimiento.-** Proceso de movimiento del agua sobre la superficie terrestre, después de fuertes precipitaciones pluviales. Parte de la precipitación que aparece sobre cauces o corrientes superficiales.

* **Evapotranspiración.-** Cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por la transpiración de la vegetación y la evaporación del suelo, **así** como de la superficie húmeda de la vegetación.

* **Falla.-** Plano o zona de ruptura en el sustrato rocoso, a lo largo de la cual se produce un desplazamiento.

* **Falla de Transformación.-** Falla en la cual el movimiento es horizontal, el término distral y sinistral es aplicado a describir la dirección del movimiento.

* **Fallamiento Lístrico.-** Término aplicado a planos de fractura con curvatura a profundidad, algunas son horizontales y verticales.

* **Fosa.-** Una depresión de gran tamaño, cuyo origen es tectónico 0 erosional.

* **Gabro.-** Roca ígnea intrusiva básica, de color oscuro, compuesta de plagioclasa cálcica y piroxenos. Se presenta en estructuras tipo lacolito, lopolito, dique y tronco.

* **Gneis.-** Roca Metamórfica, cristalina, de grano grueso, textura foliada en bandas o capas onduladas.

* **Geosinclinal.-** Fosa oceánica alargada de decenas a cientos de Km y profunda. Posee potentes acumulaciones de sedimentos marinos y en algunos casos volcanogenéticos.

* **Granodiorita.-** Roca ígnea ácida de grano grueso constituida por cuarzo (20-40%), feldespato calco-alcalino y diferentes minerales ferromagnesianos, principalmente horblenda y biotita. Las granodioritas se diferencían del granito en que tienen un menor porcentaje de sílice y un contenido superior de calcio y magnesio.

* **Guija.-** Fragmento pequeño de roca de forma redondeada, cuyo diámetro es de 4-64 mm.

* **Guijarro.-** Fragmento grande de roca, puede ser redondeado a subredondeado, denominado tambien como Canto Rodado, su diámetro es mayor a 64 mm puede alcanzar hasta varios cm.
* **Intemperismo.-** Proceso de transformación y destrucción de los minerales y las rocas en la superficie de la Tierra y, a poca profundidad, bajo la acción de agentes físicos, químicos y bióticos.

* **Lacolito.-** Intrusión suavemente convexa, en forma de hongo en la cual **tanto** su fondo como su techo coinciden con las capas que intrusionan.
* **Lutita.-** Roca sedimentaria marina, constituida por limos y arcillas. Roca arcillosa.
* **Phi.-** Logaritmo del diámetro en mm de la partícula de sedimento.
* **Pilar.-** Area elevada (levanatada) situada entre dos fallas paralelas.
* **Playa de Bolsillo.-** Franja de la costa débilmente inclinada hacia el mar, compuesta por arenas, gravas y guijarros, cantos depositados por las corrientes del oleaje. Estas playas son pequeñas y se caracterizan por estar protegidas, generalmente por acantilados.
* **Plutón.-** Roca de la Corteza Terrestre originada por procesos endógenos, en especial el magmatismo y el volcanismo.
* **Recarga.-** Proceso de entrada de agua dulce a un acuífero.
* **Riodacita.-** Roca volcánica ácida, mineralógicamente es similar a los granitos y microgranitos.

* **Sinclinal.-** Pliegue cóncavo de capas de roca, cuyo núcleo está compuesto por las capas más jóvenes.

* **Sólidos Totales.-**

El total de sales disueltas en el agua.

* **Subducción.-** Movimiento de una placa litosférica oceánica bajo otra continental. En la zona limítrofe de ambas se forma una trinchera.

* **Tonalita.-** Roca ígnea intermedia, de grano grueso, contiene plagioclasas, feldespatos y ferromagnesianos.

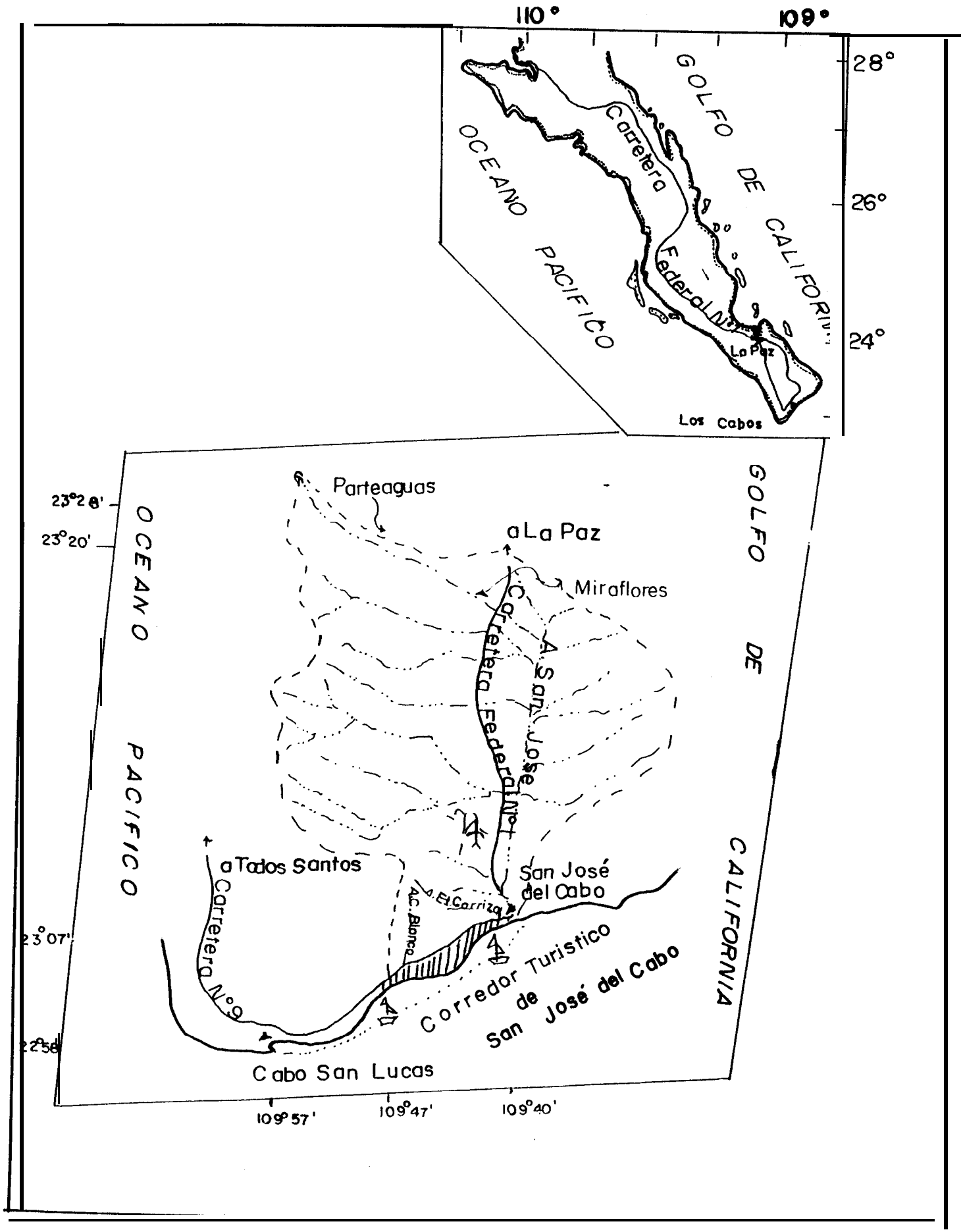


Fig. 1.- Localización del área **de Estudio.**

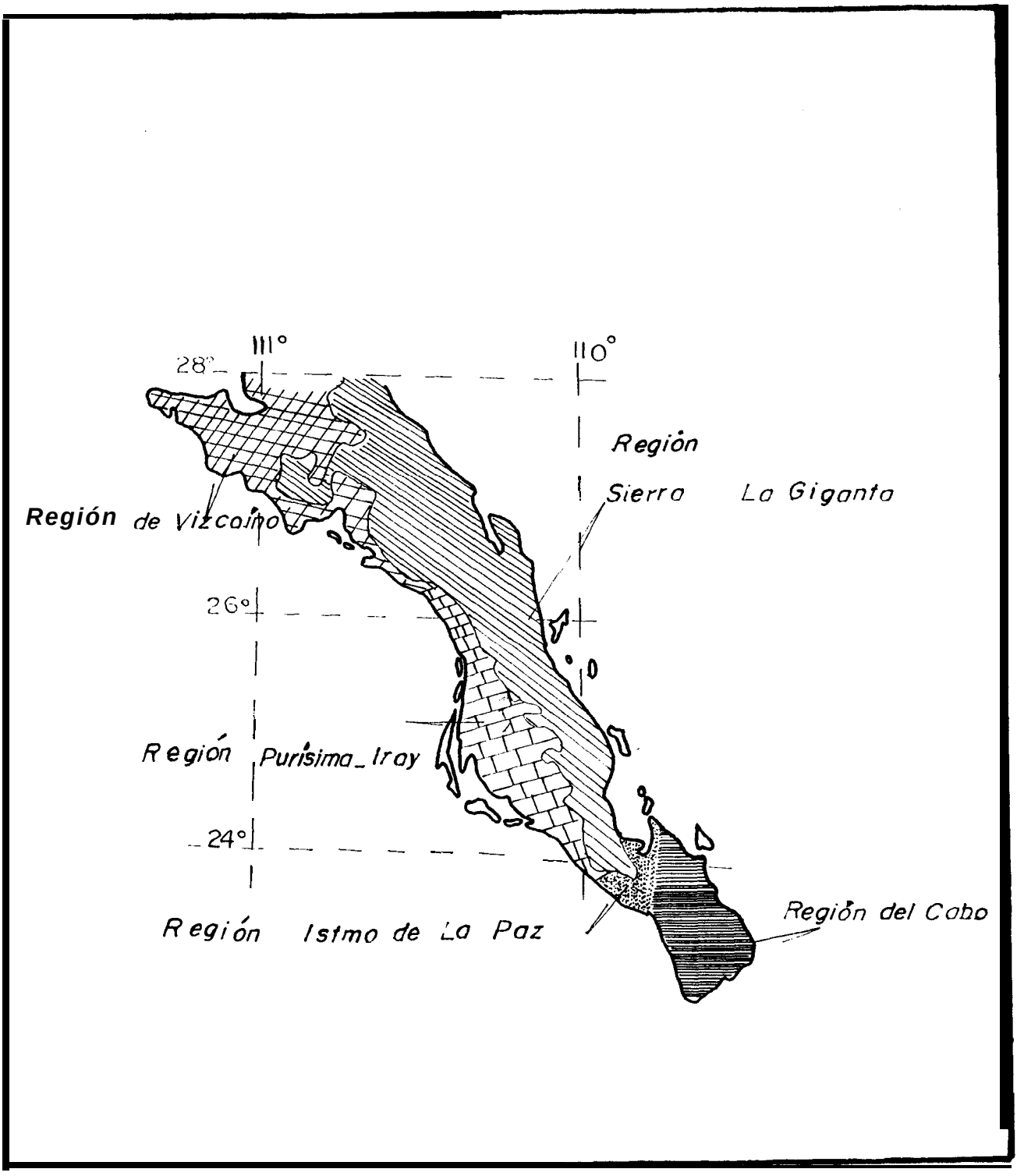


Fig. 2.- Provincias Fisiográficas del Estado de Baja California Sur, S.P.P. (1984).

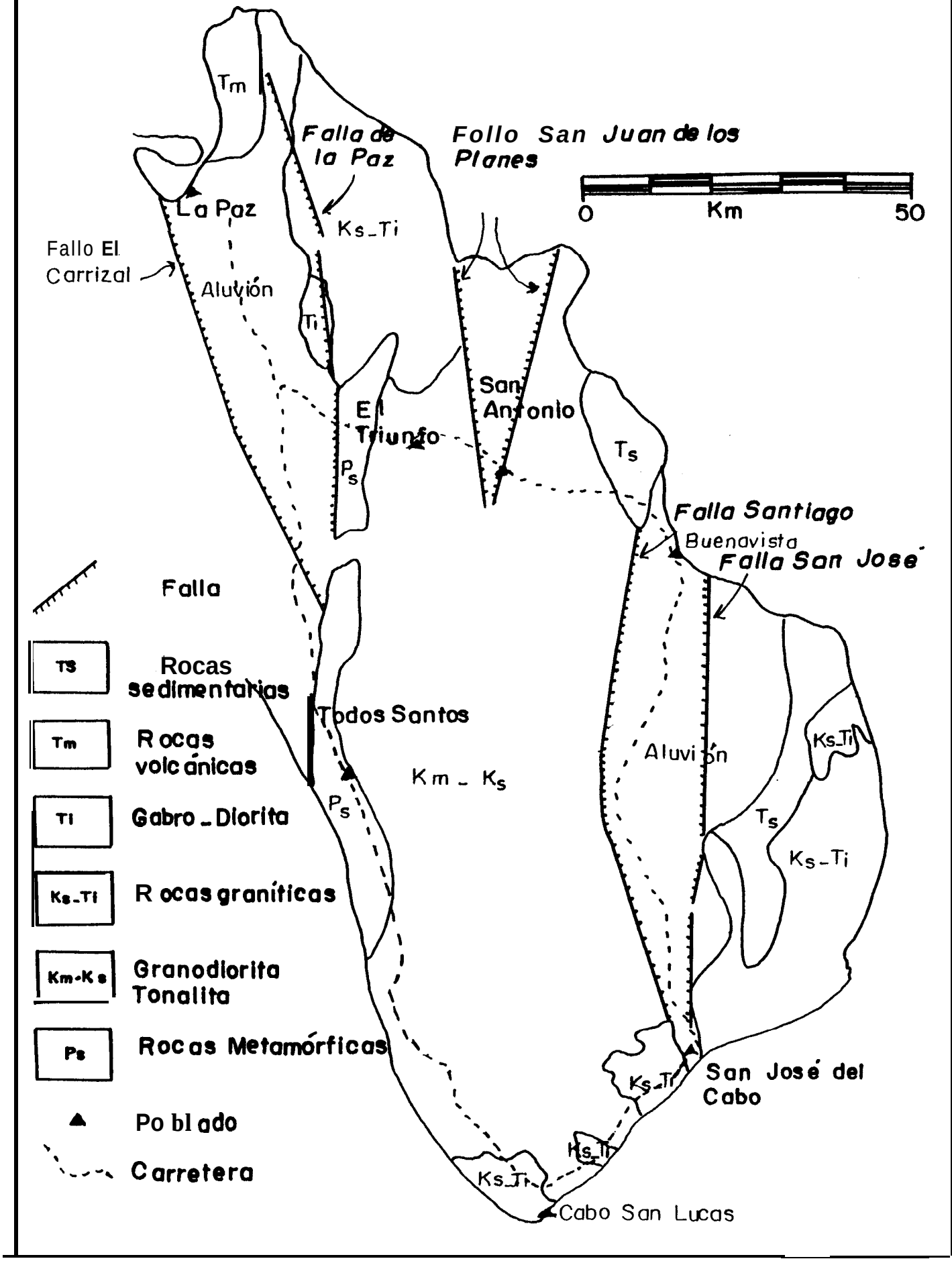


Fig. 3.- Fallamiento Principal, en la porción sur de la Península (Puy Y Alquiza, 1992).

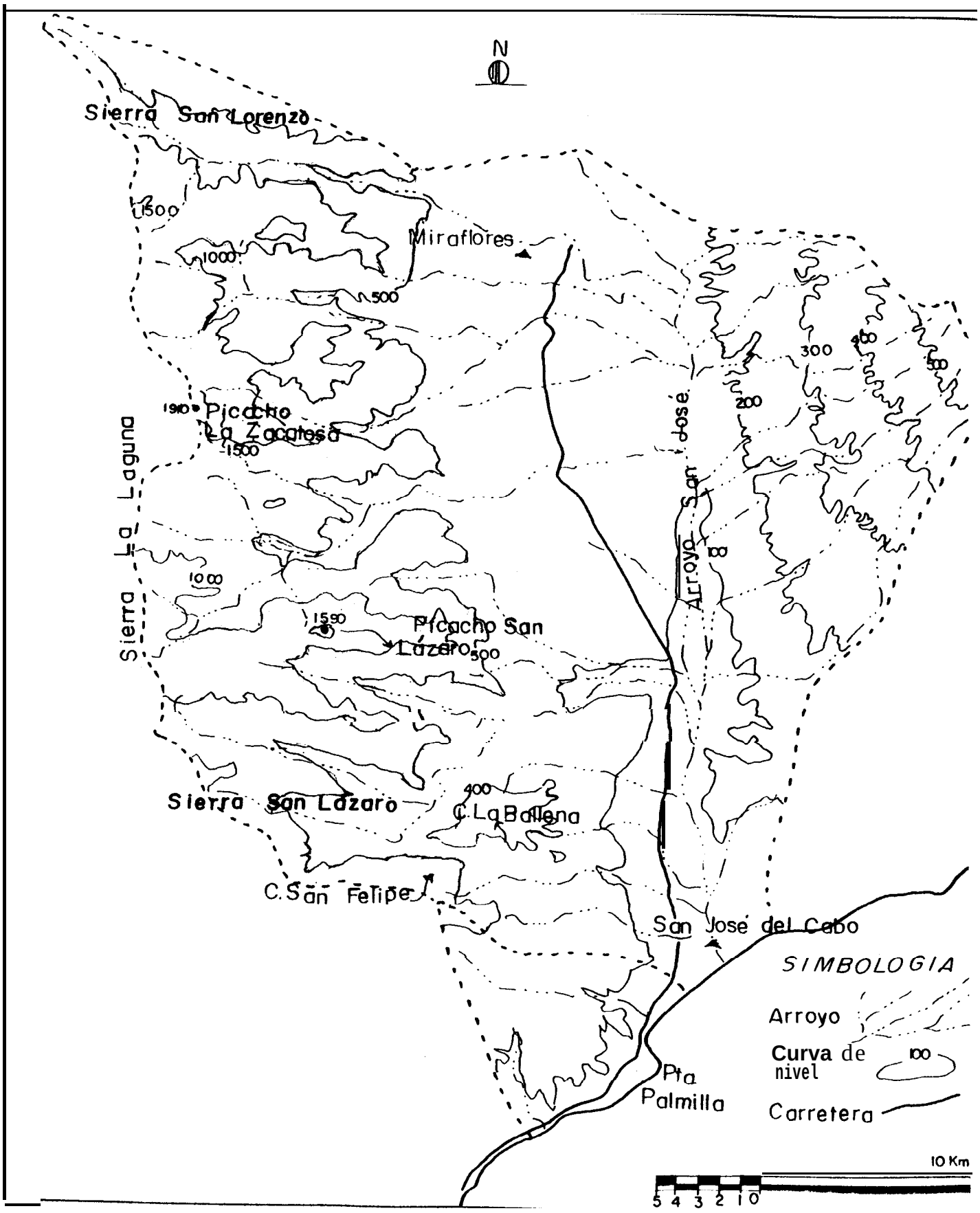


Fig. 4.- Plano Topográfico del área de estudio- (INEGI, 1981).

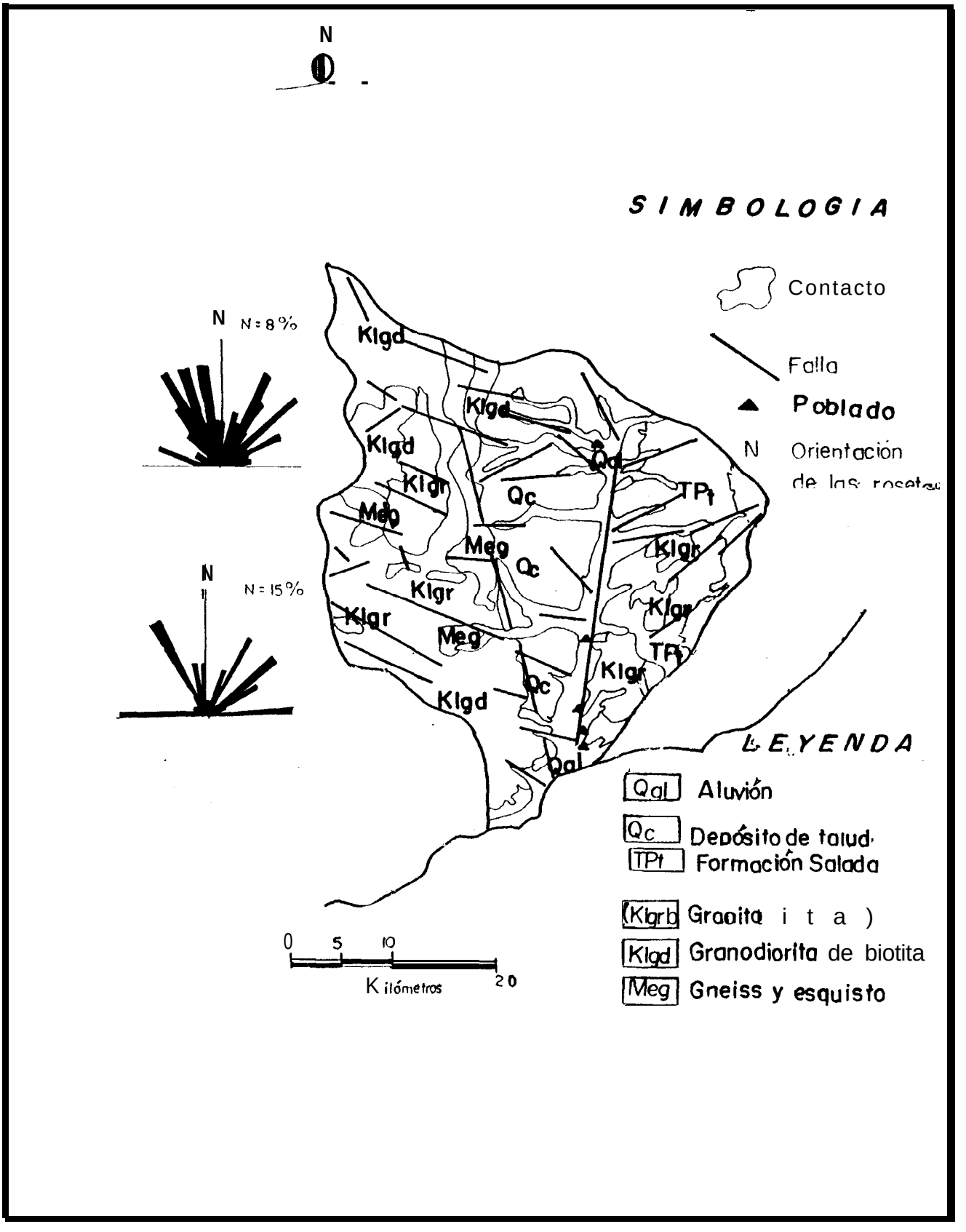
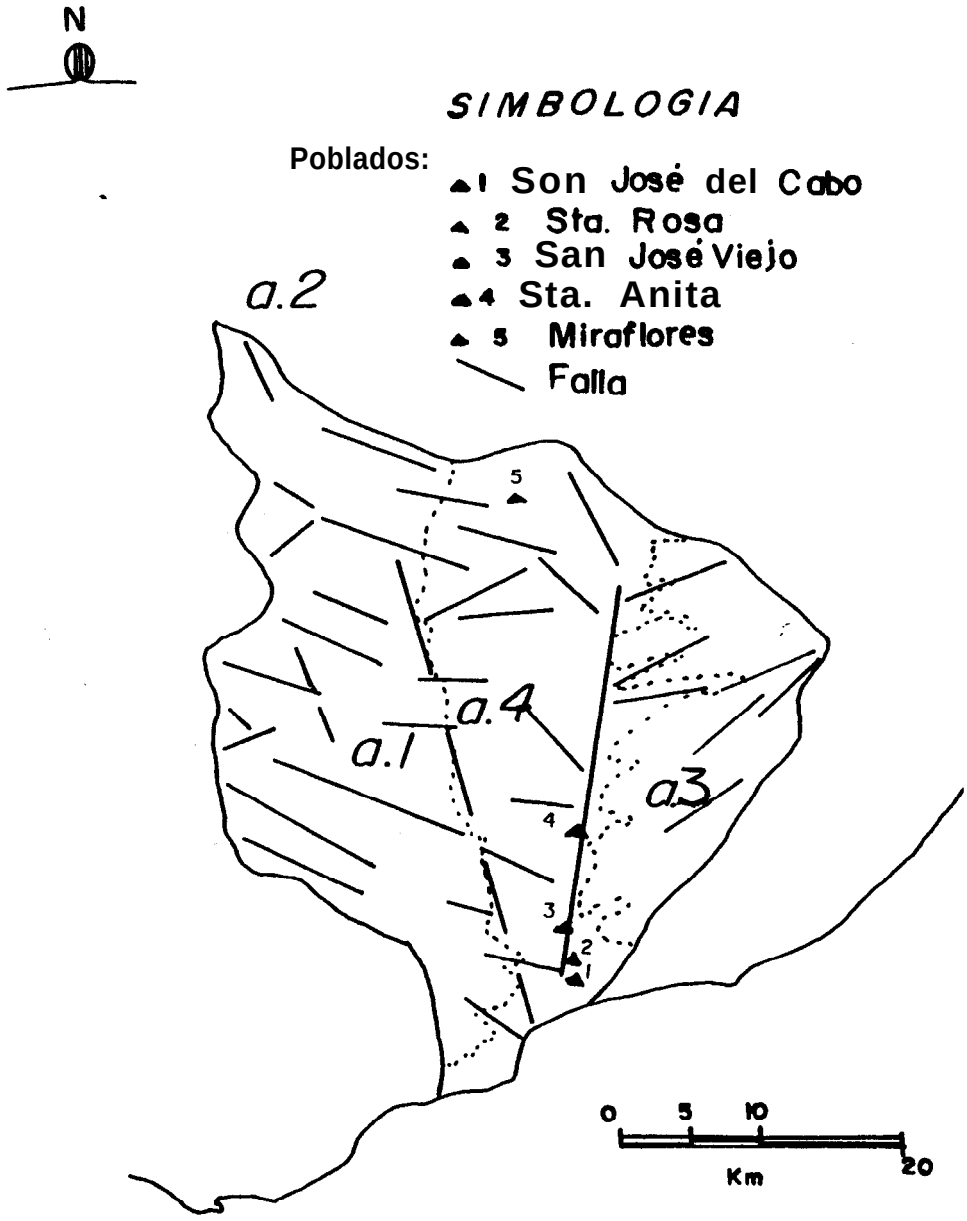


Fig. 5.- Plano Geológico mostrando fallas y rosetas correspondientes a la Cuenca del Arroyo San José (Consejo de Recuraos Minerales, 1993).



a.1 Complejo Igneo Metamórfico
Rocas afectadas por fallamiento NW_ SE con alto grado de intemperismo y erosion don lugar o suelos de tipo Litosol. (Suelo pre dominante)

a.2 Complejo Volcánico
Constituyen zonas no aptas Poro desarrollo de acuiferos (Localizado fuera de la cuenca, representa manchones)

a.3 Complejo Sedimentario
Lo erosion de estas unidades don lugar 0 suelos de tipo Regosol

a.4 Depositos Fluviales Cuaternarios
Producto del deposito sedimentario, do lugar 0 suelos de tipo Regosol, zona apta poro lo formacion de acuíferos.

Fig. 6.- Distribución Litológica tomando en cuenta el tipo de suelo en la Cuenca del Arroyo San José.

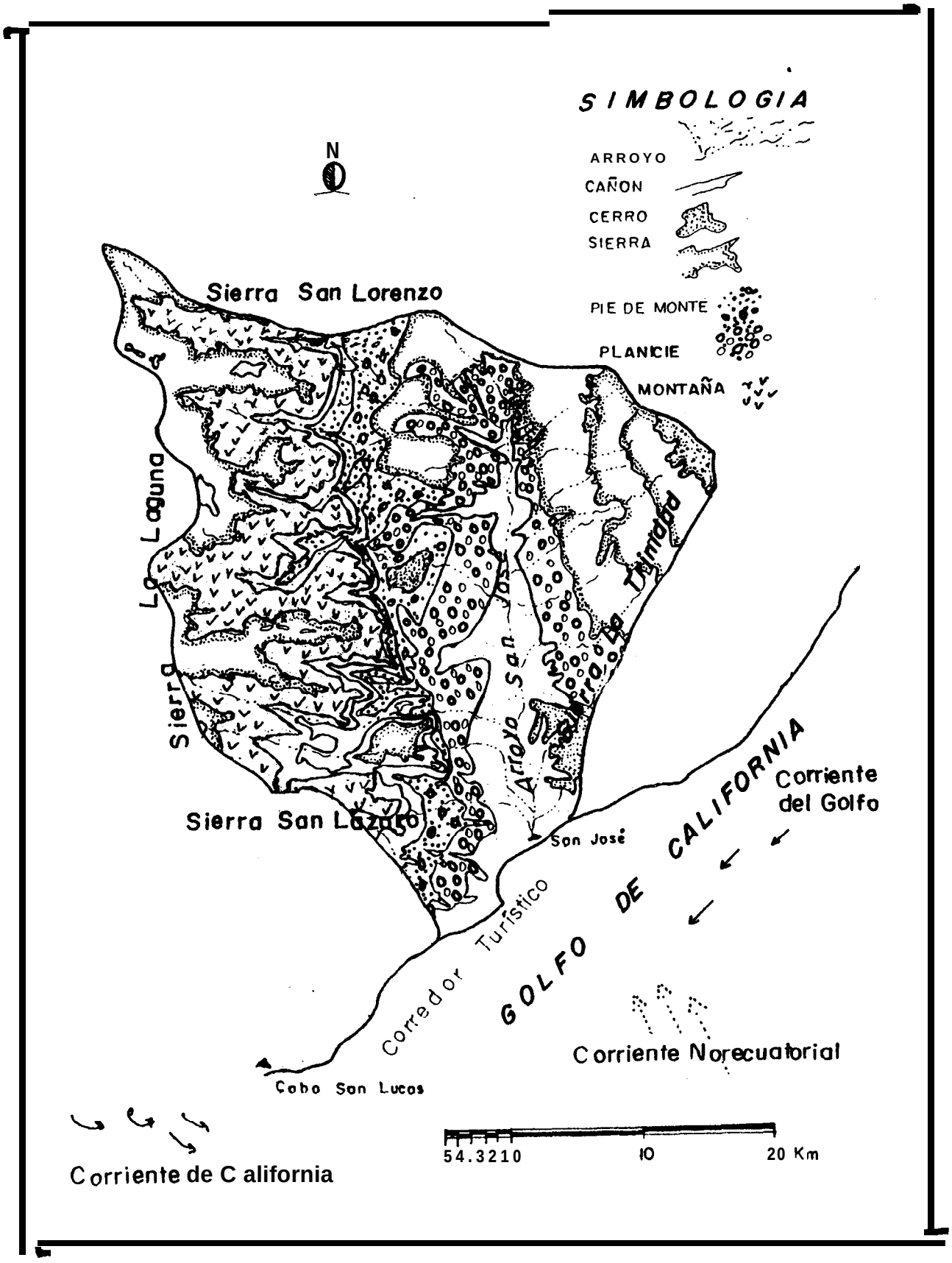


Fig. 7.- Plano Geomorfológico del Area de Estudio.

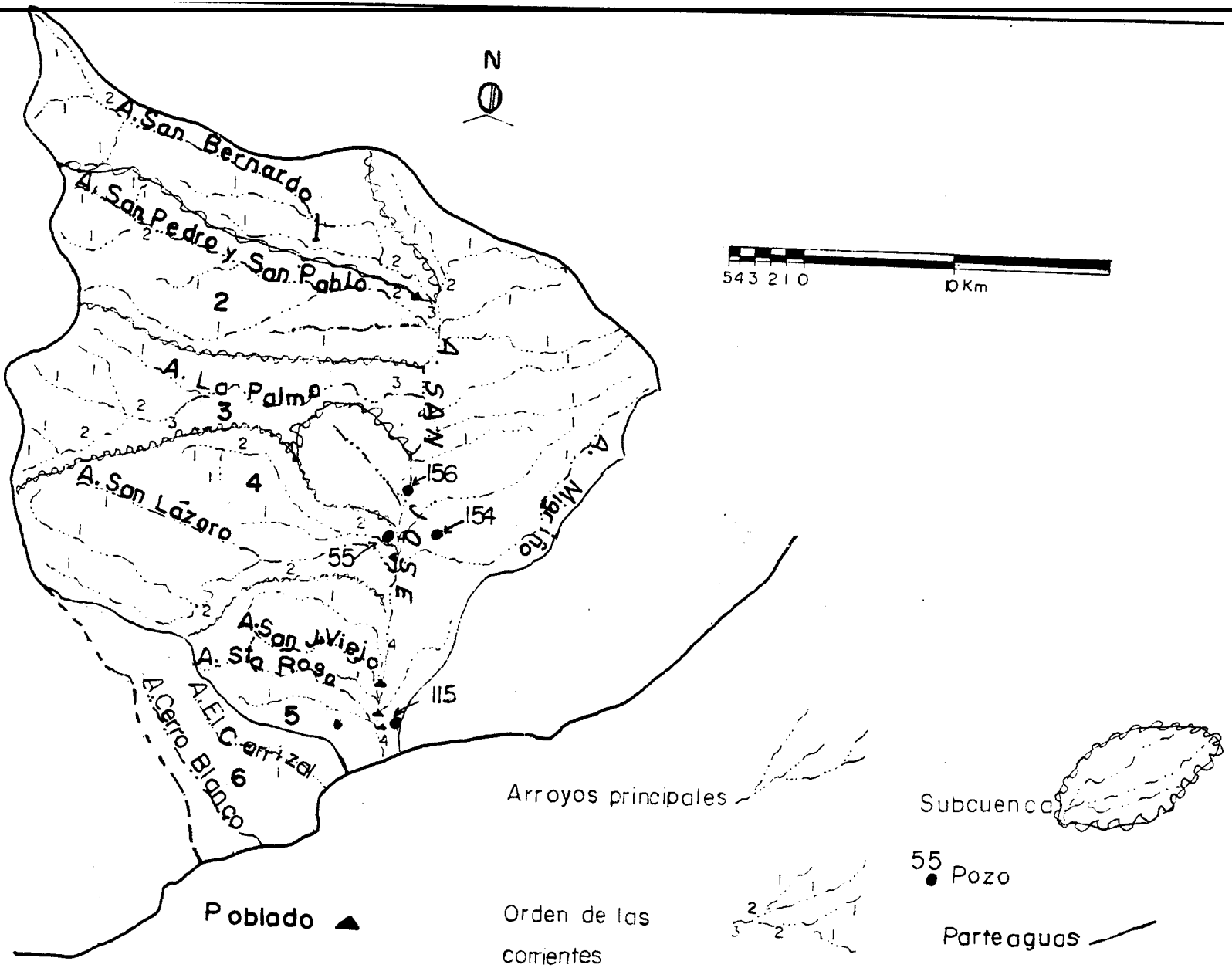


Fig. 8.- Cuencas del Area de Estudio.

DONATIVO

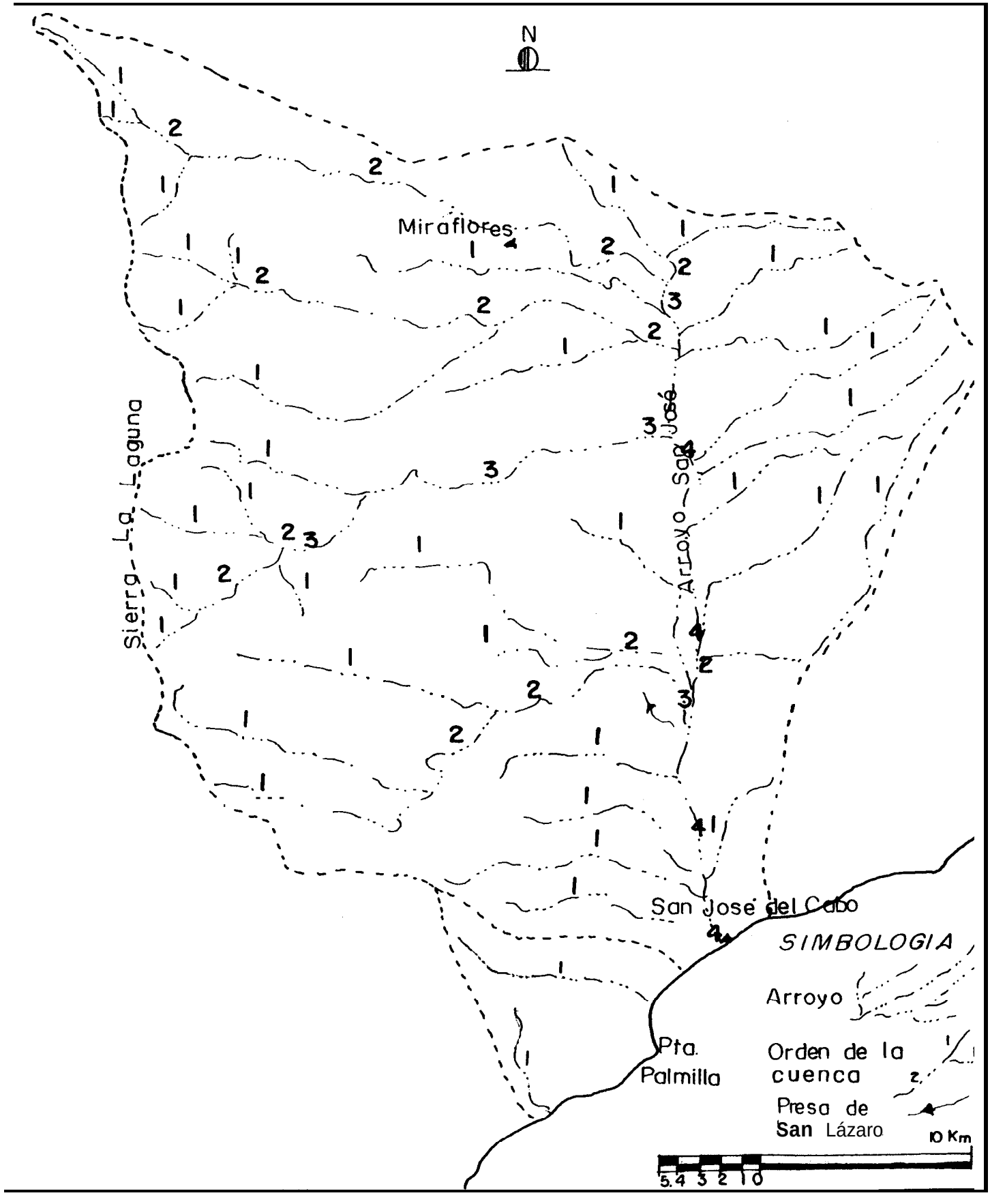


Fig. 9.- Orden de los Cauces en la Cuenca del Arroyo San José.

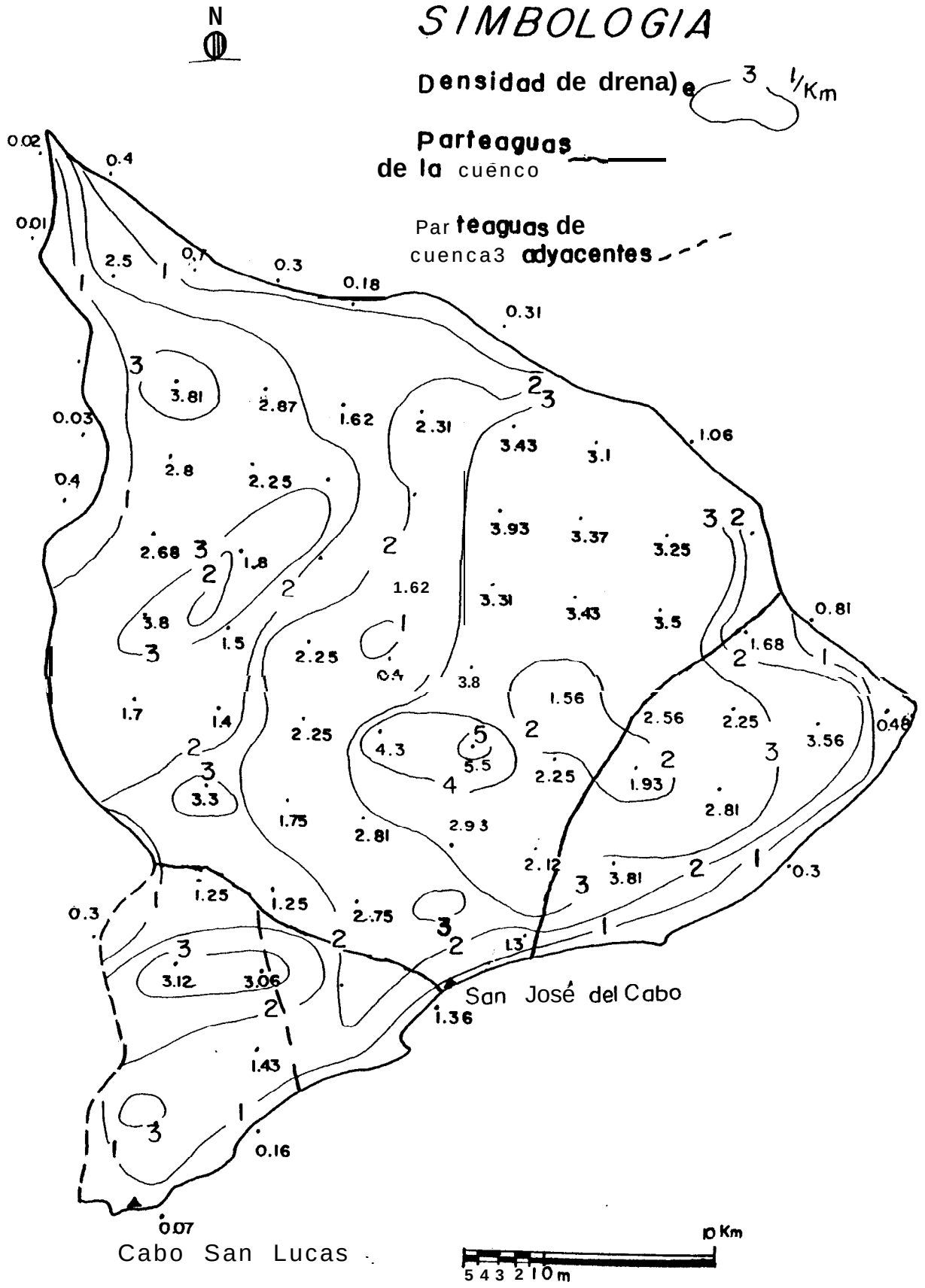


Fig. **10.-** Densidad de Drenaje en la Cuenca del Arroyo San José.

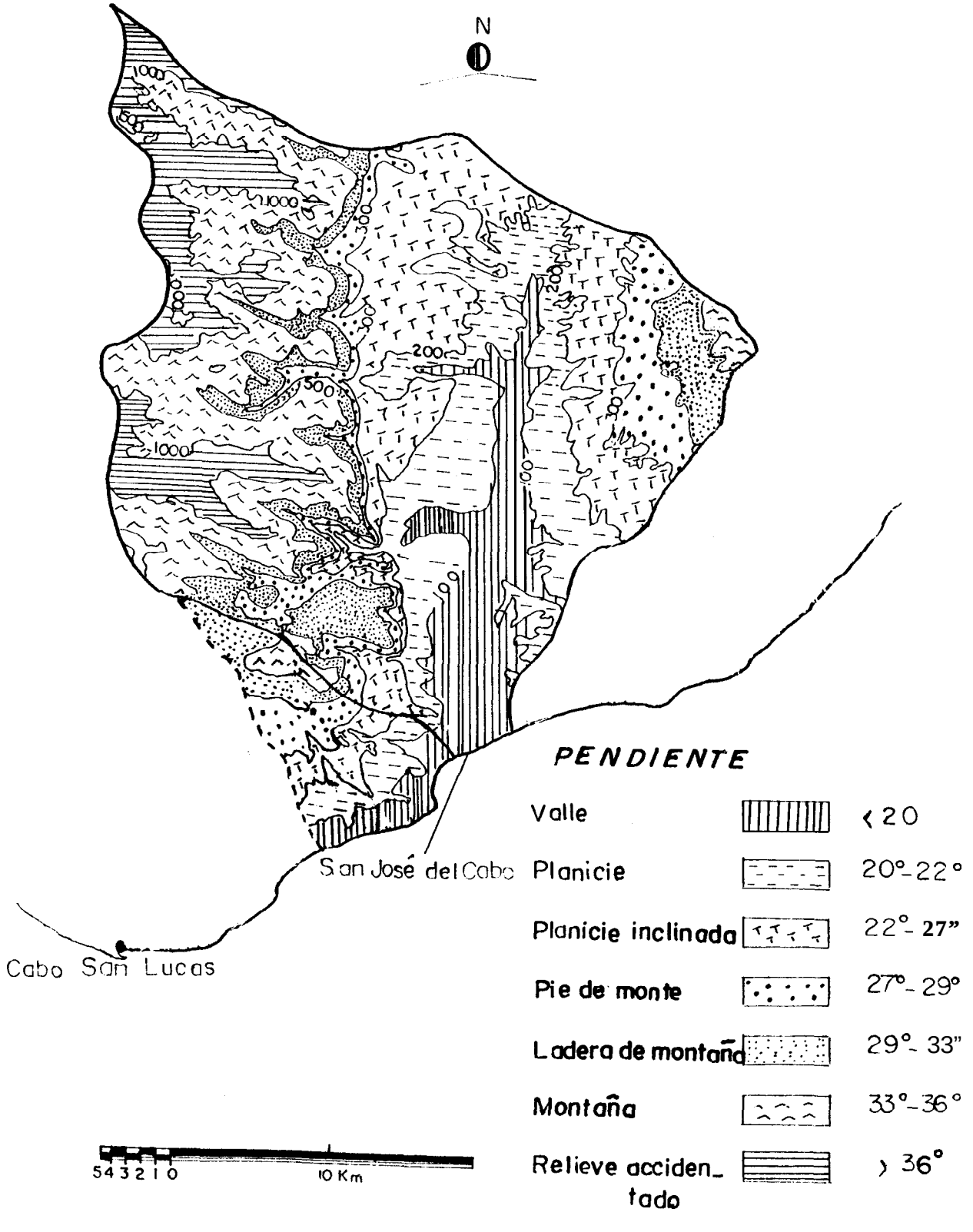


Fig. 11.- Pendiente del Terreno en el área de Estudio.

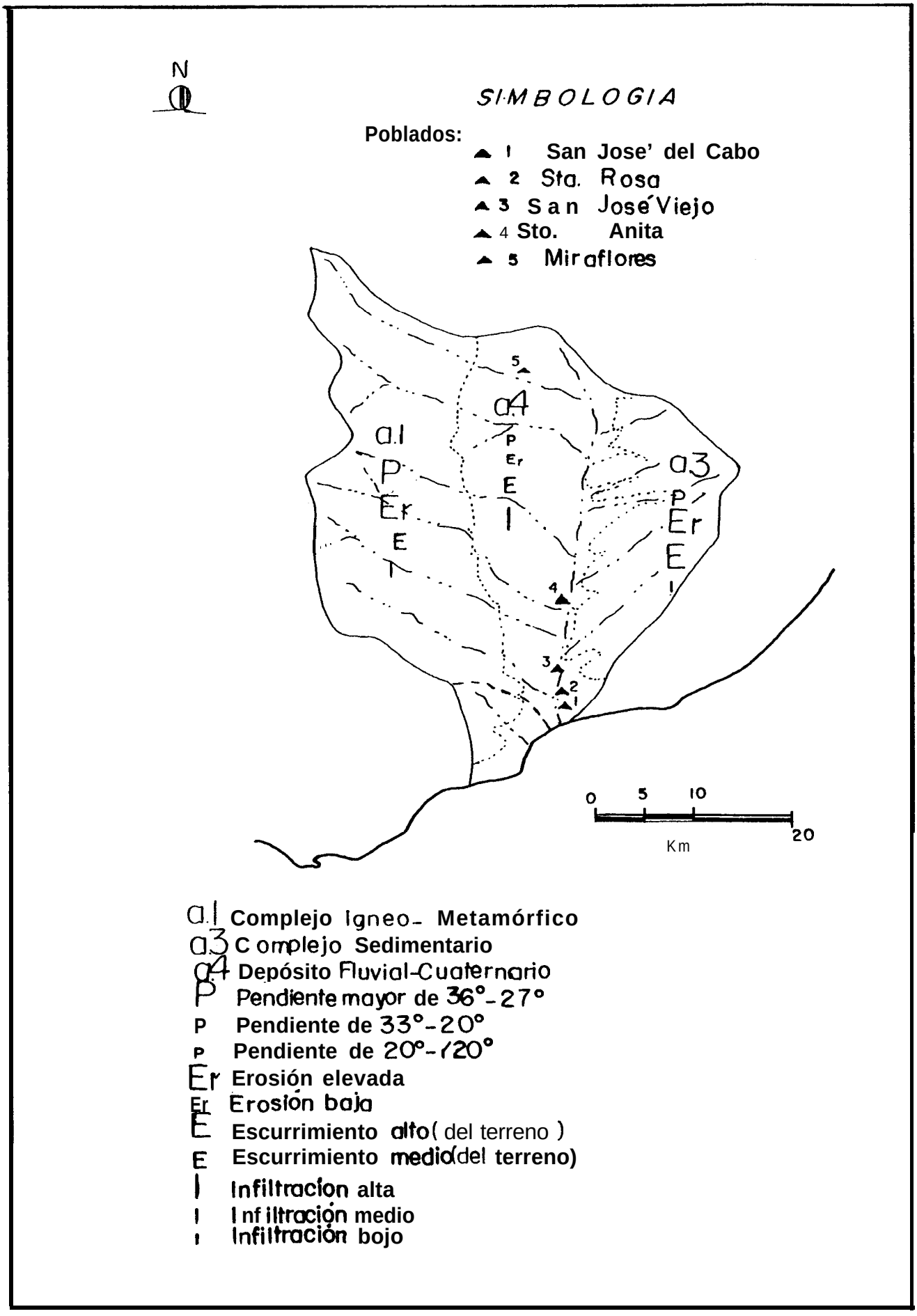
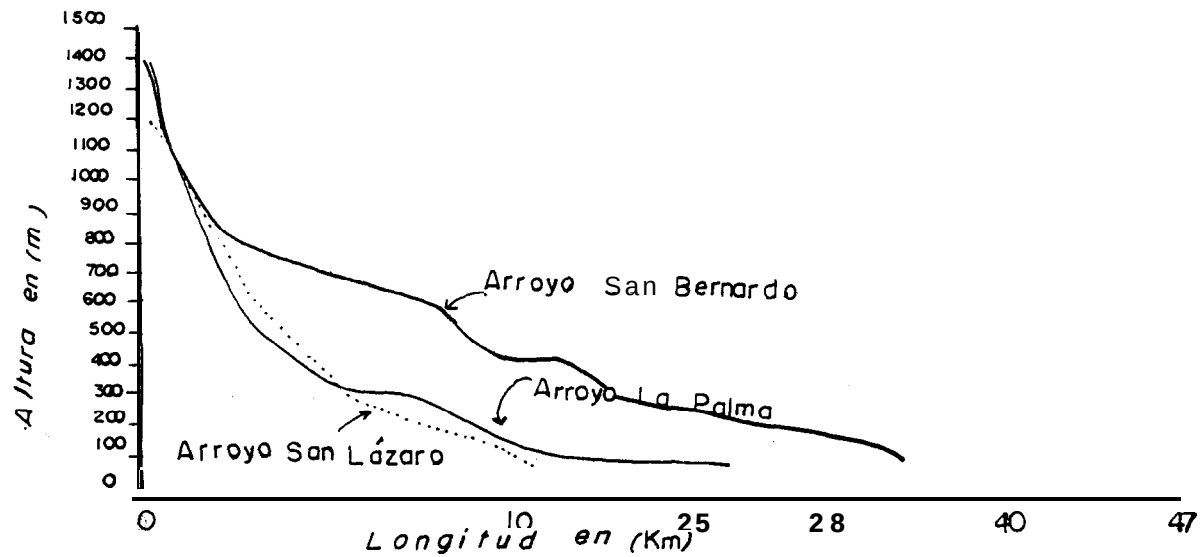


Fig. 12.- Características físicas de la Cuenca del Arroyo San José.



Pig. 13.- Pendiente de Los Cauces Principales de la Cuenca del Arroyo San José.

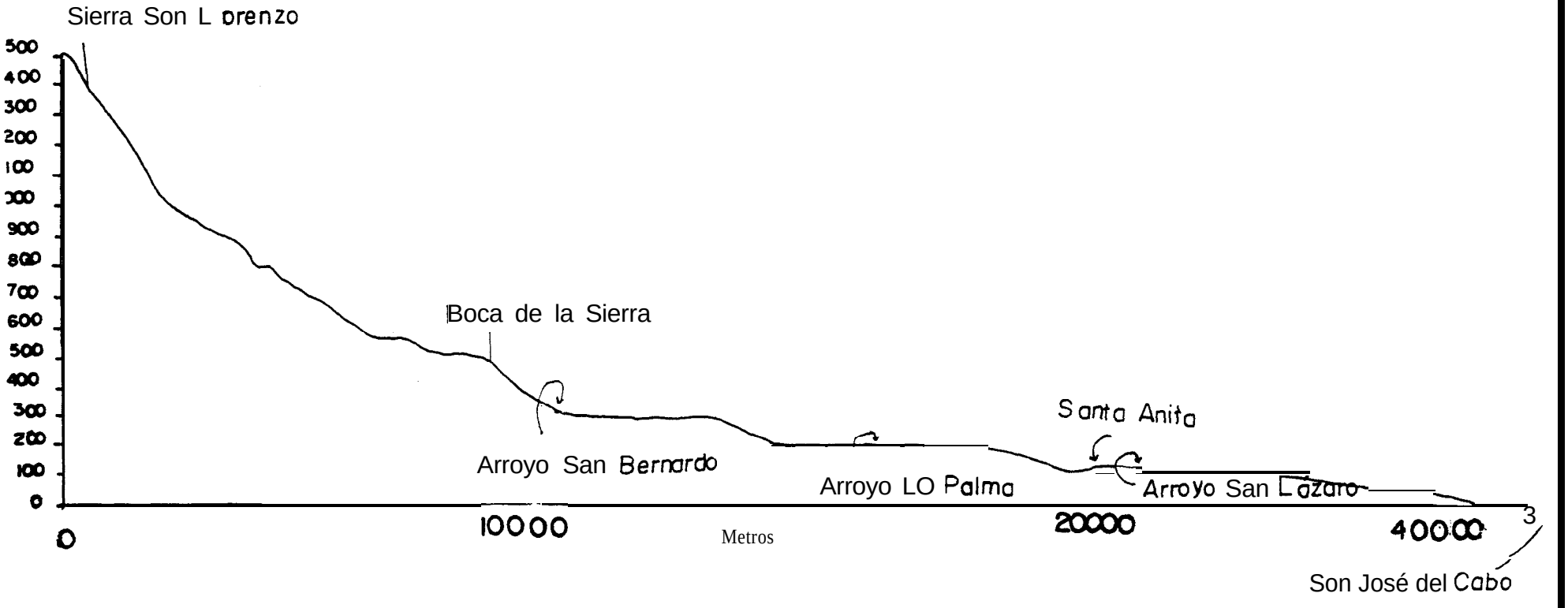


Fig. 14.- Perfil del Arroyo San José **desde la Sierra San Lorenzo hasta su desembocadura.**

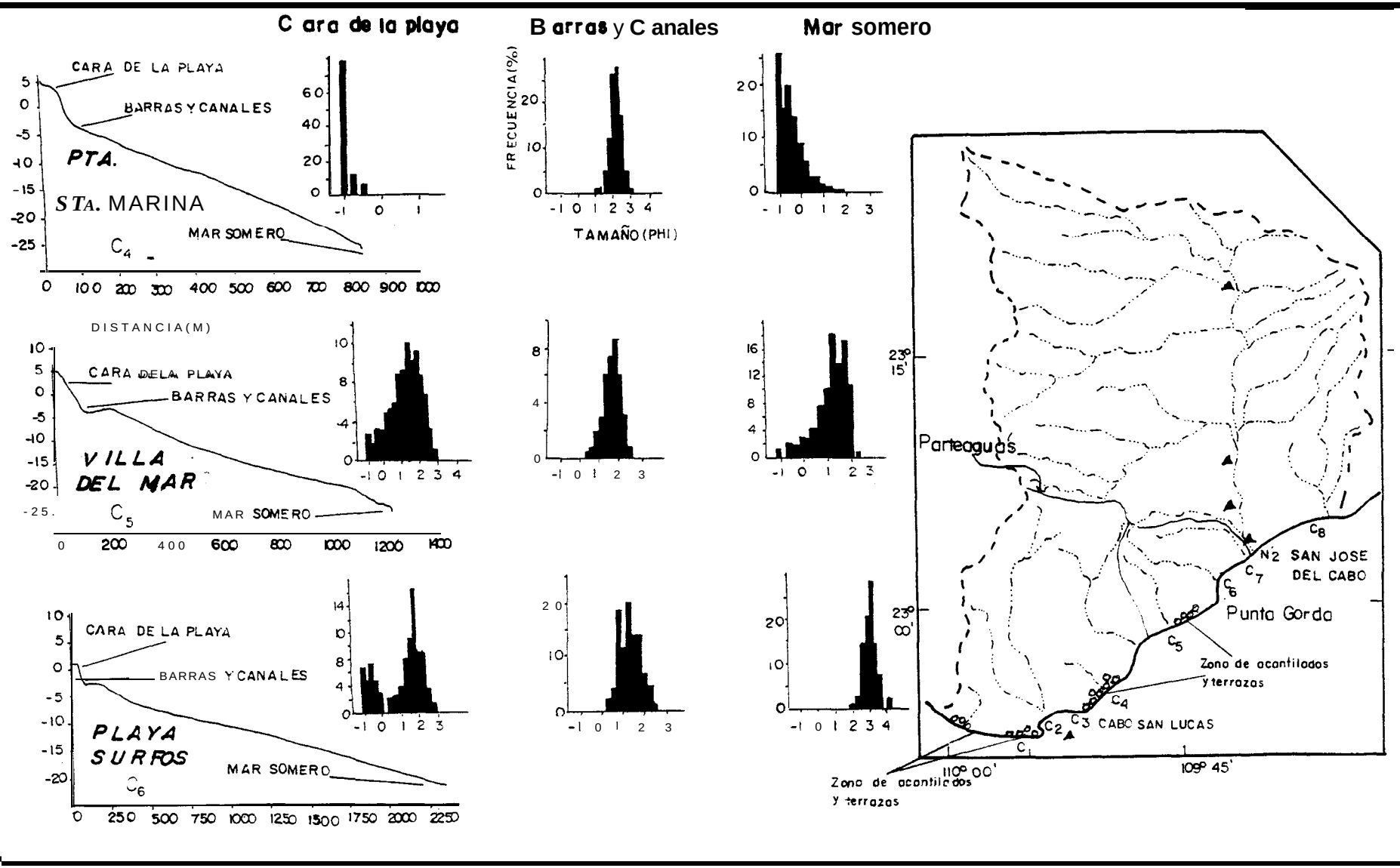


Fig. 15.- Análisis Textura1 de los sedimentos playeros situados en Pta. Sta. Marina, Villa del Mar y Playa Surfos.

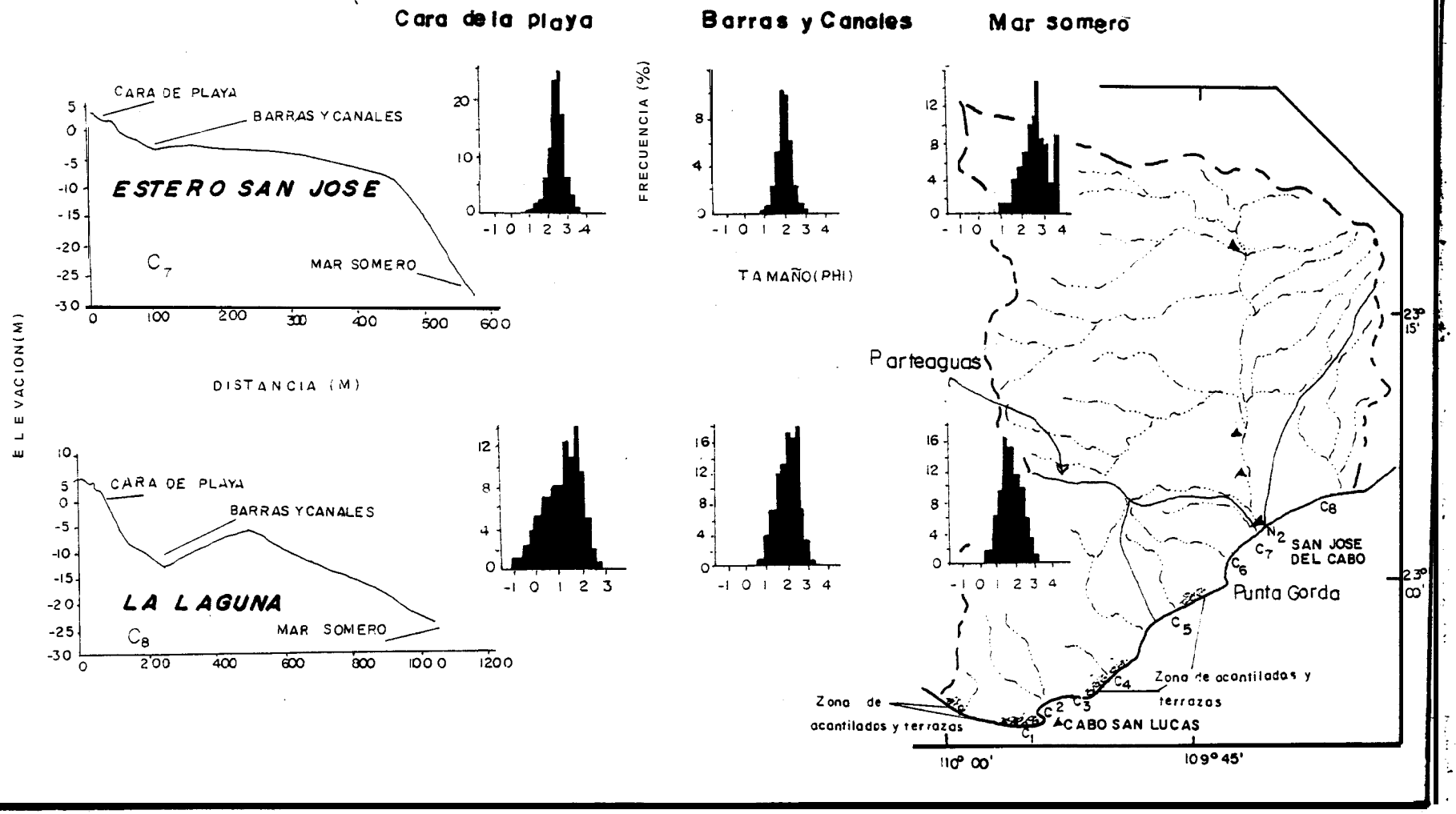


Fig. 16.- Análisis Textural de los sedimentos playeros situados en el Estero San José y la Laguna.

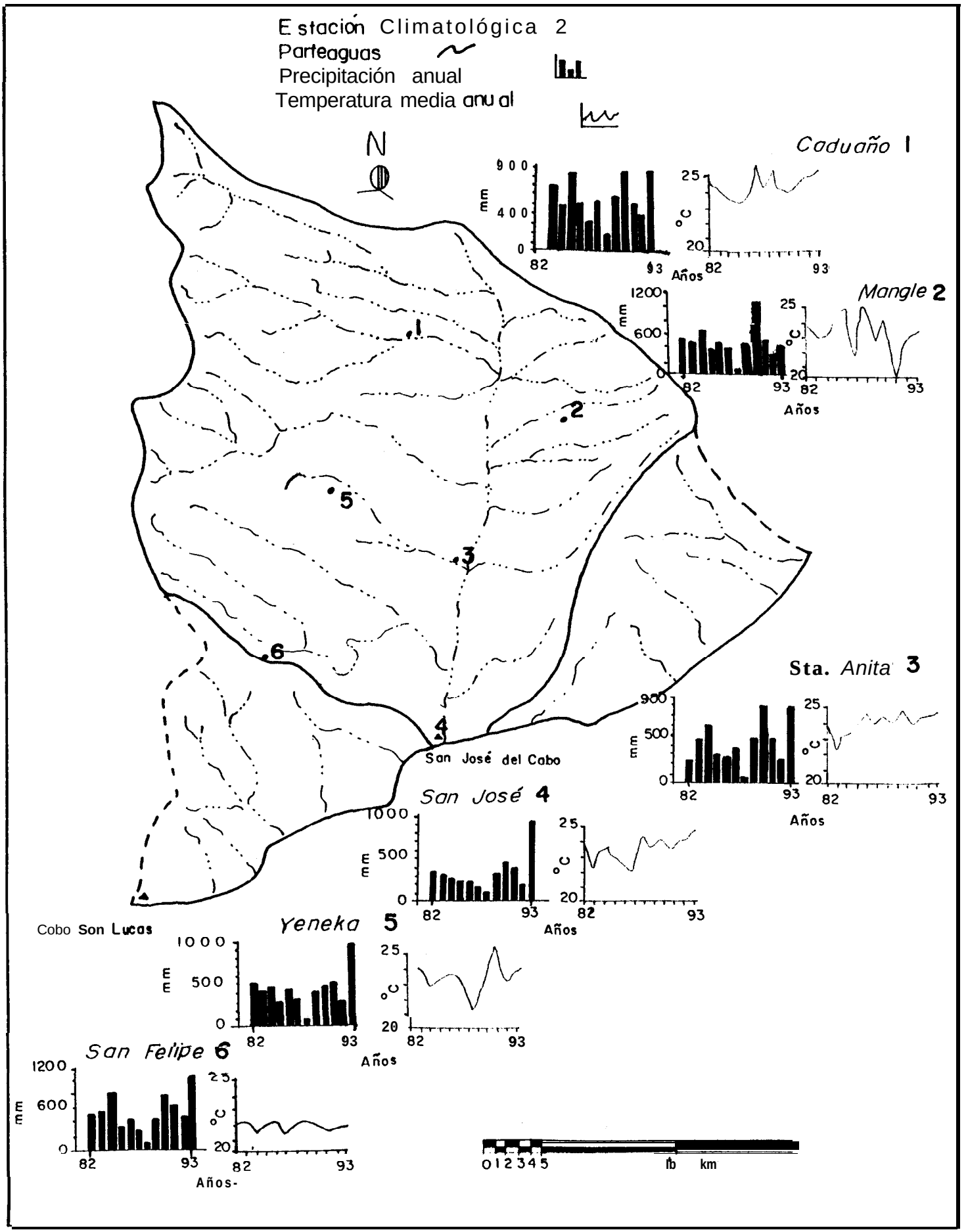


Fig. 17.- Registros anuales de Temperatura y Precipitación de las Estaciones Climatológicas del área de estudio.

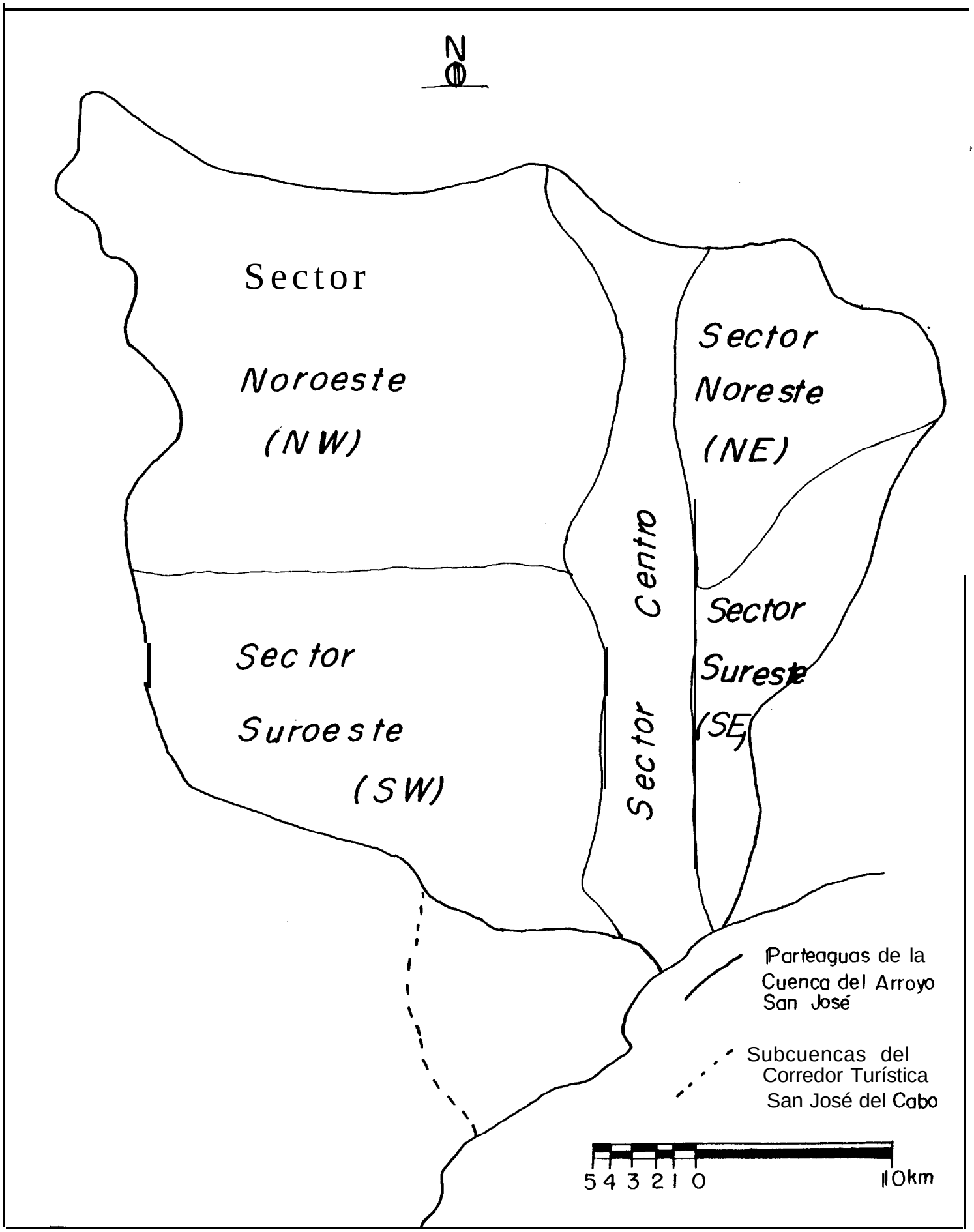


Fig. 18.- División del arda de estudio en Sectores.

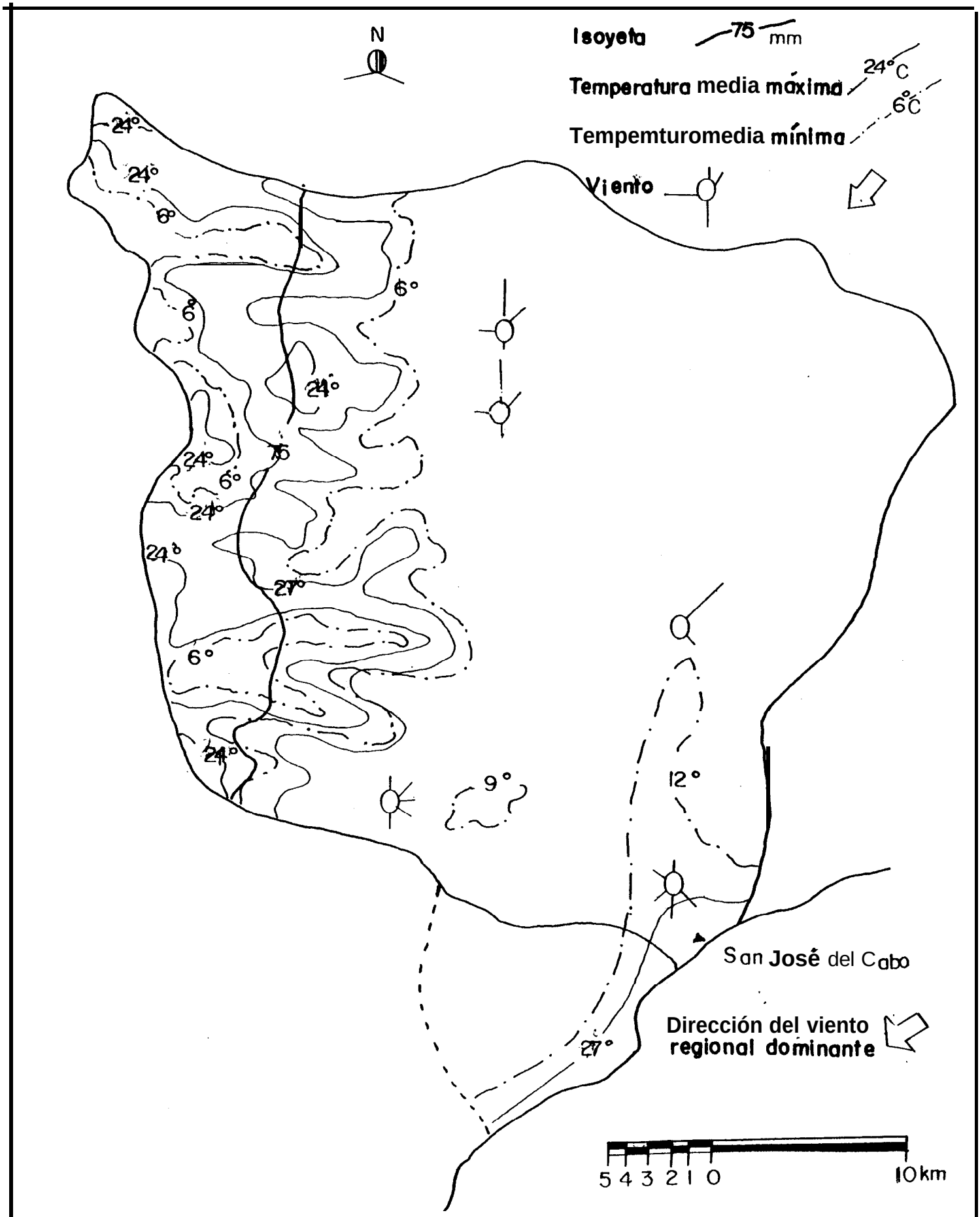


Fig. 19a.- Características Climáticas del Brea de estudio de noviembre a abril (INEGI, 1984).

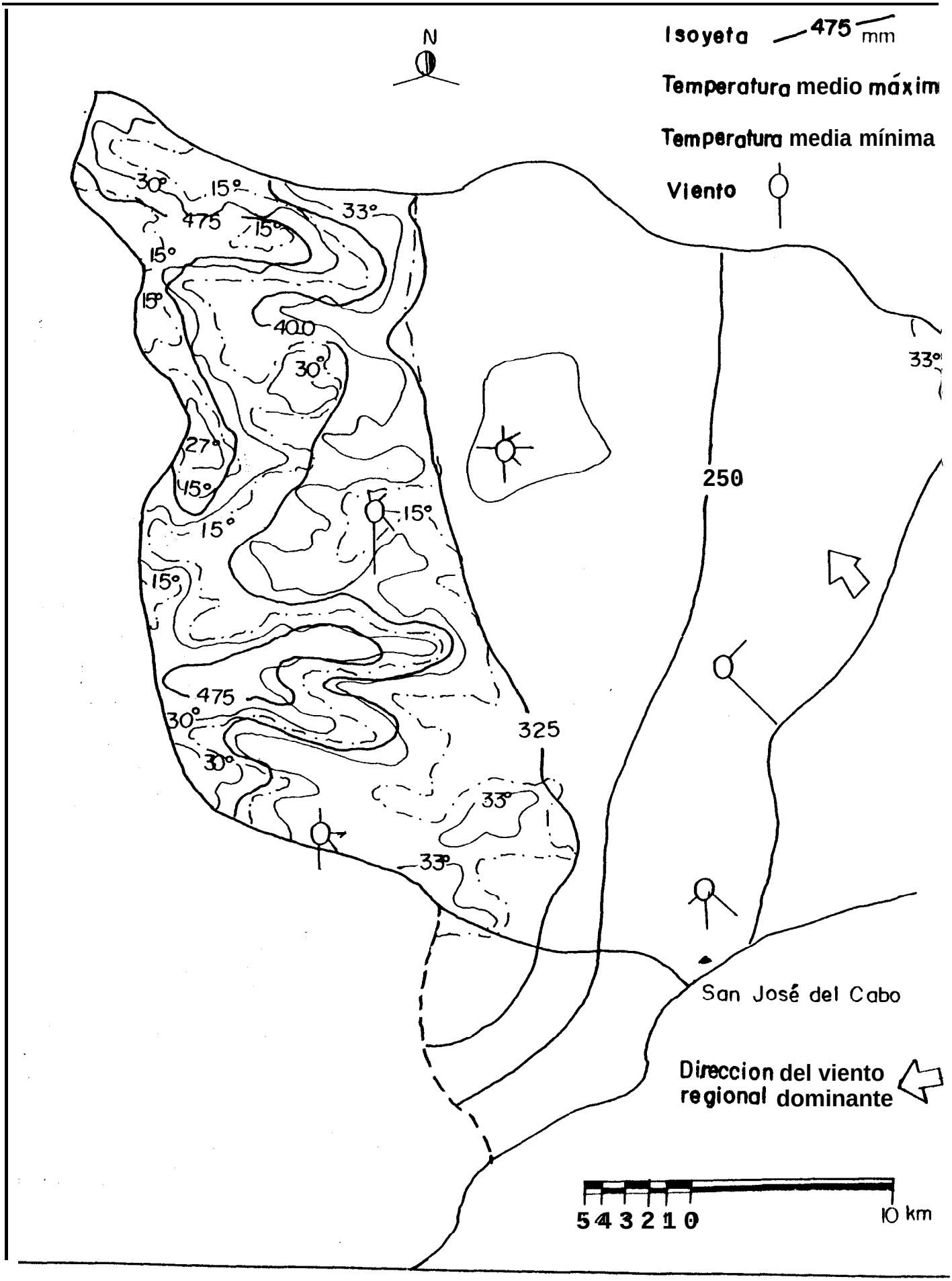


Fig. 19b.- Características Climáticae del area de estudio, de mayo a octubre (INEGI, 1984).

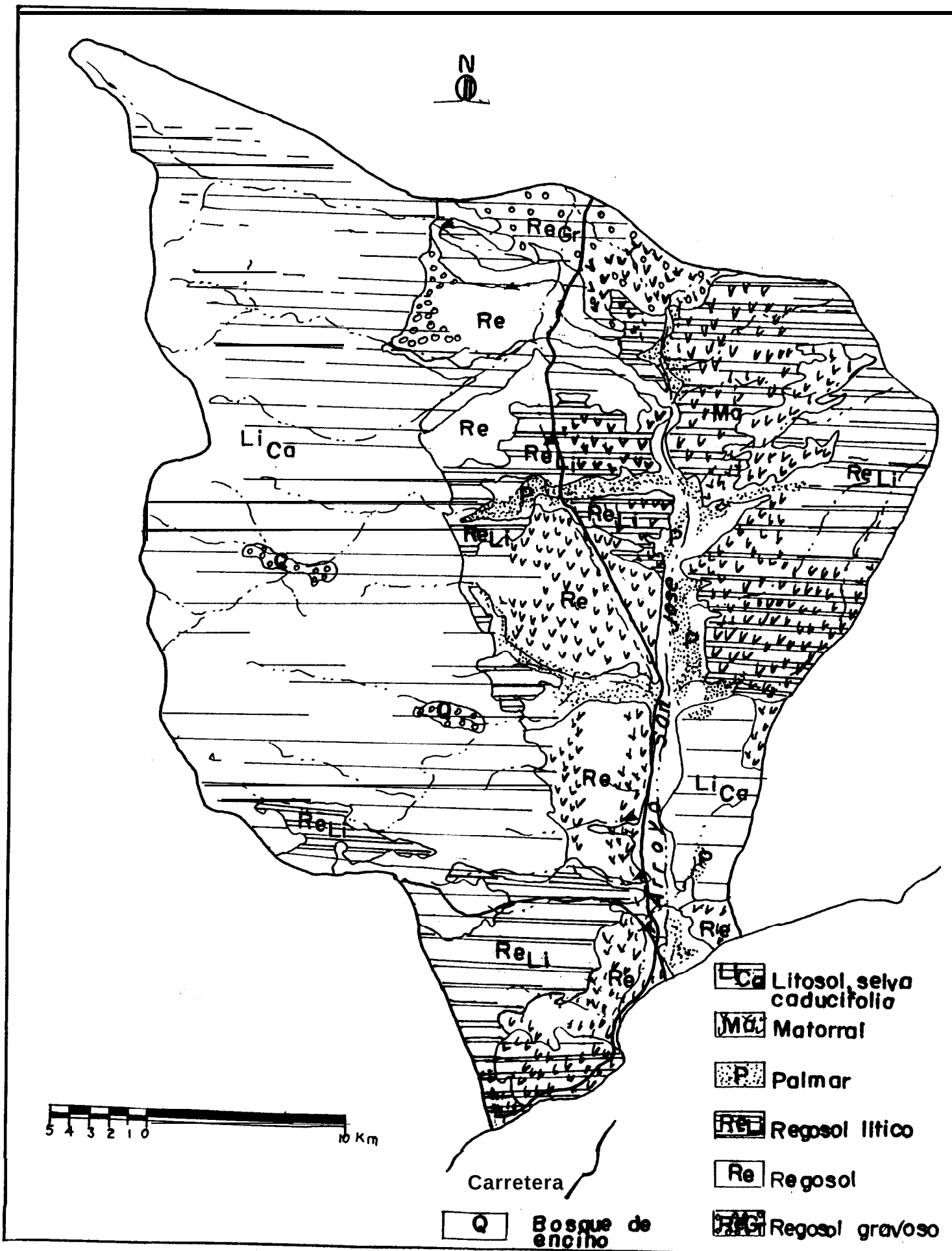


Fig. 20.- Tipos de Suelo y Vegetación en el área de estudio (INEGI, 19891.

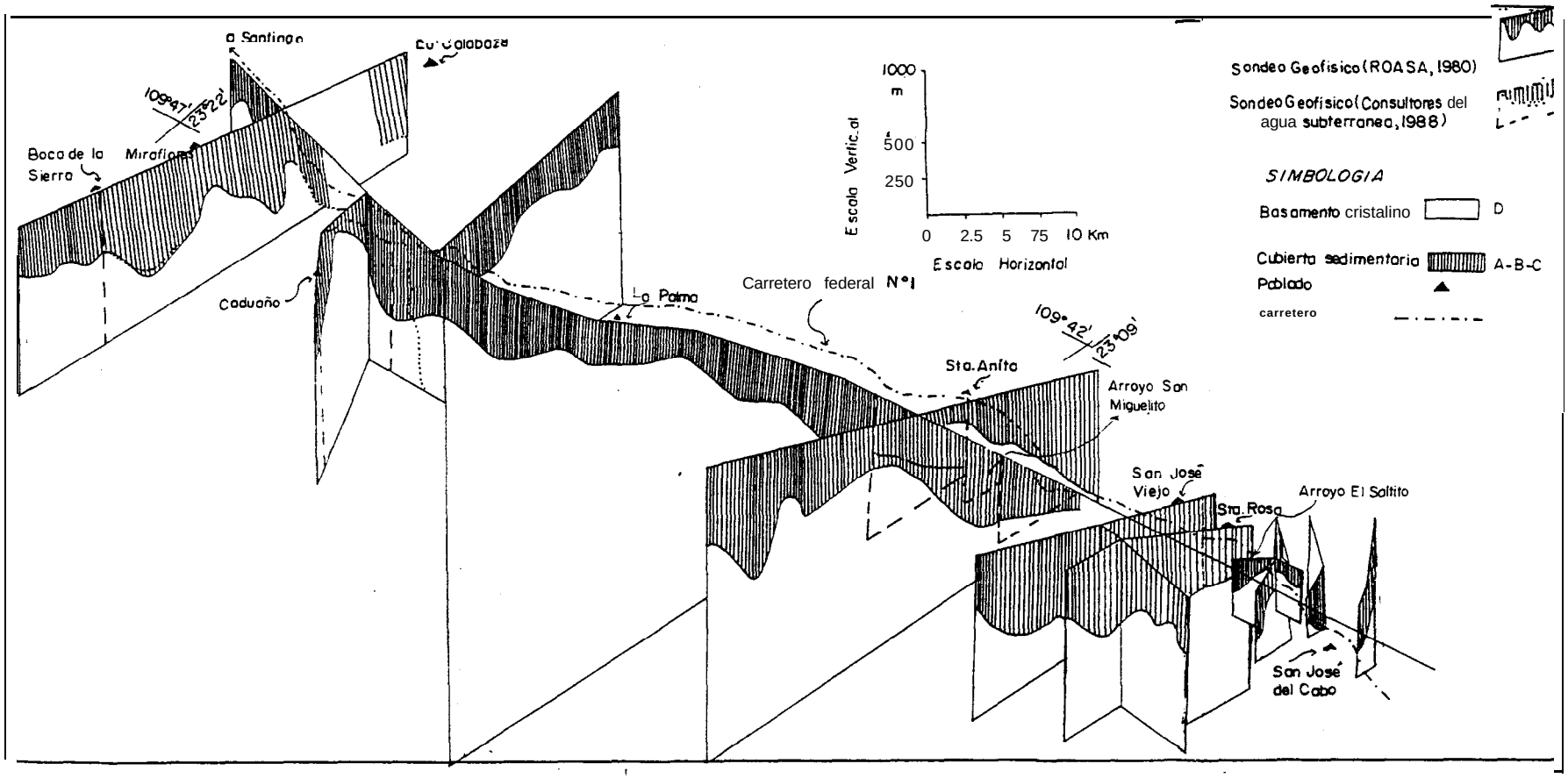
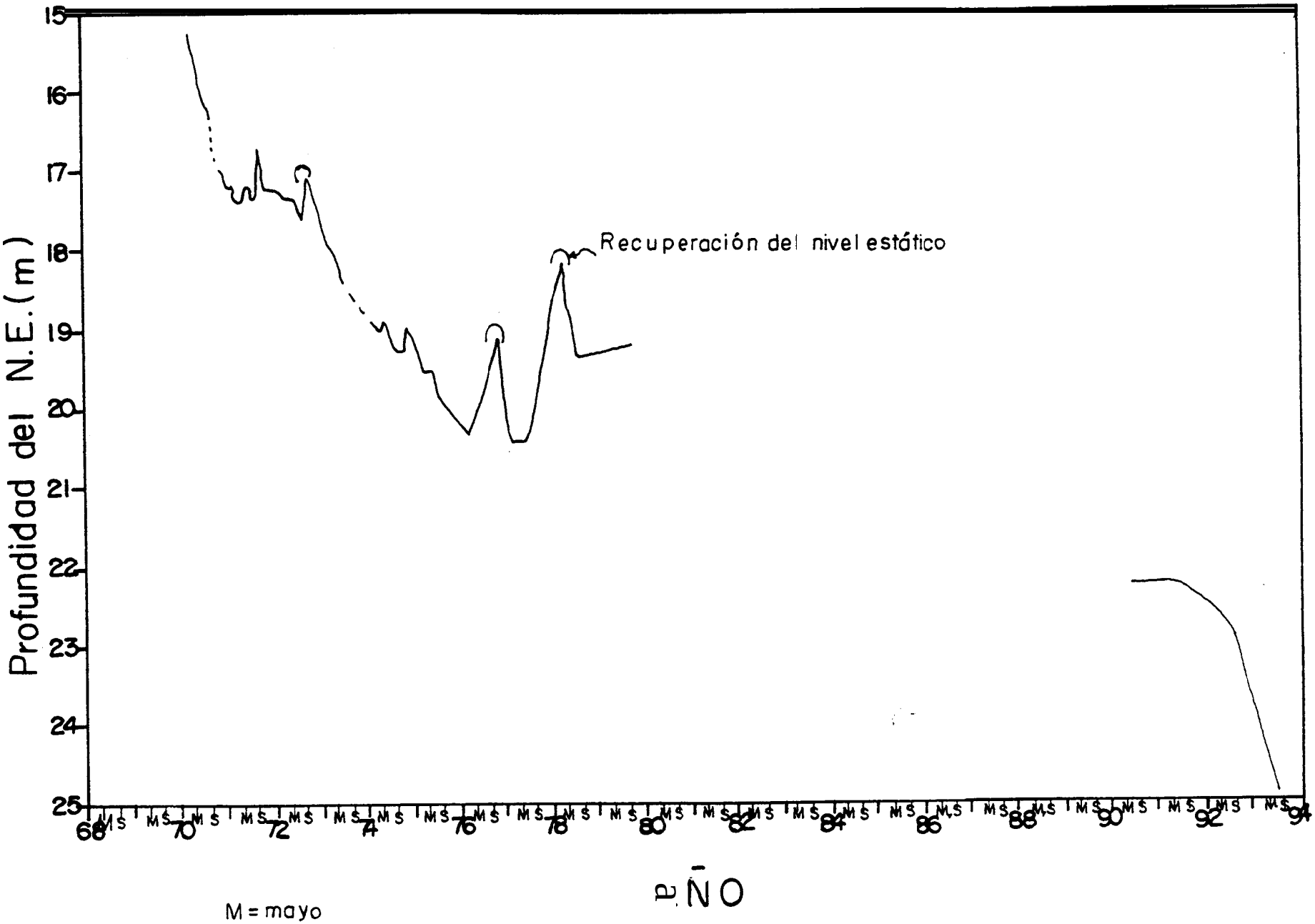


Fig. 21.- Modelo Geológico-Geofísico del eubeuelo del brea de estudio, (ROASA, 1980 y Consultores del agua subterránea, 1988).

POZO R-55

MUNICIPIO DE LOS CABOS



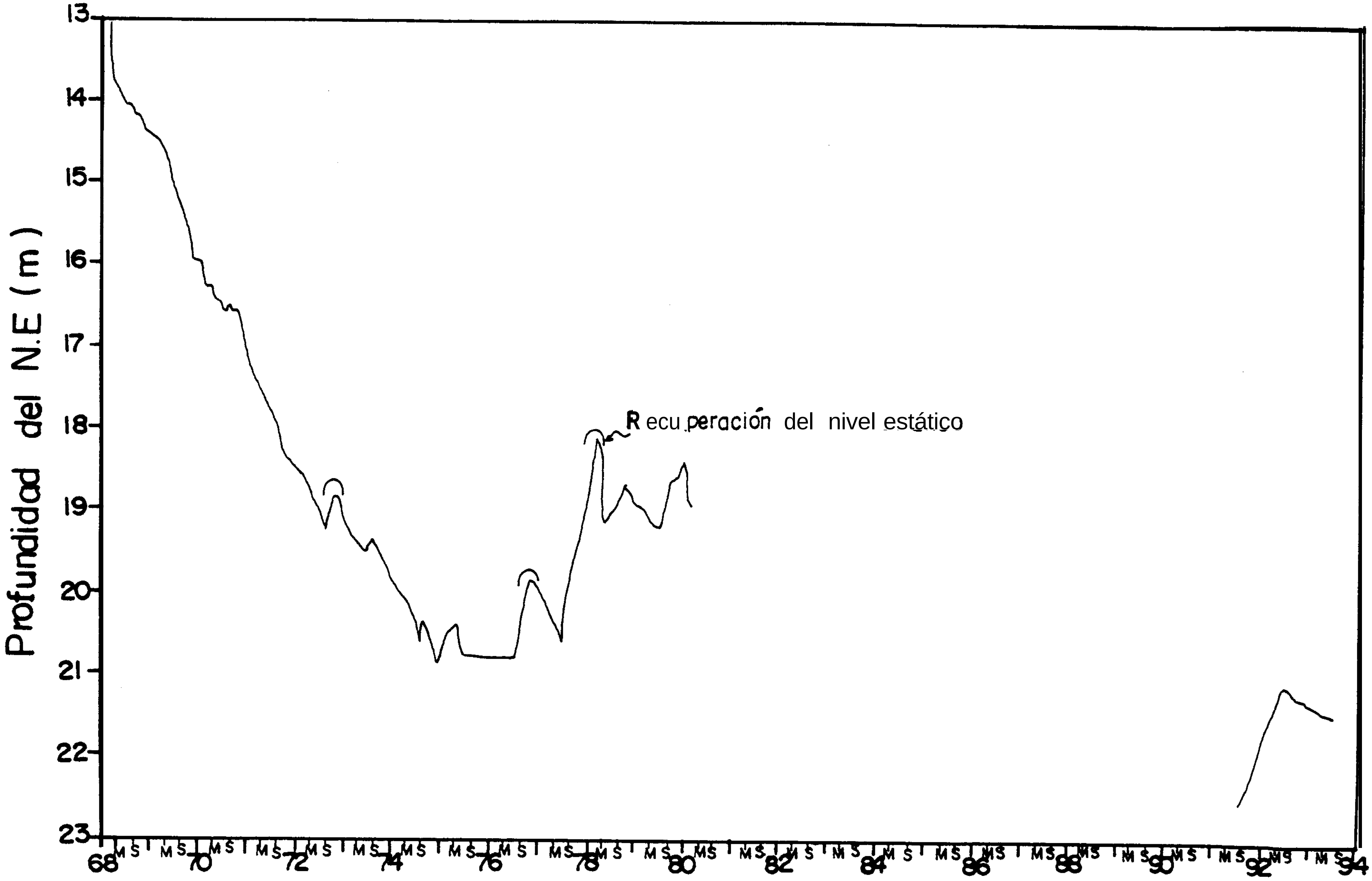
M = mayo

S = septiembre

Fig. 22.- Hidrógrafo del Pozo R55.

POZO R156

MUNICIPIO DE LOS CABOS



AÑO

M = mayo

S = septiembre

Fig. **23.- Hidrógrafo del Pozo R156.**

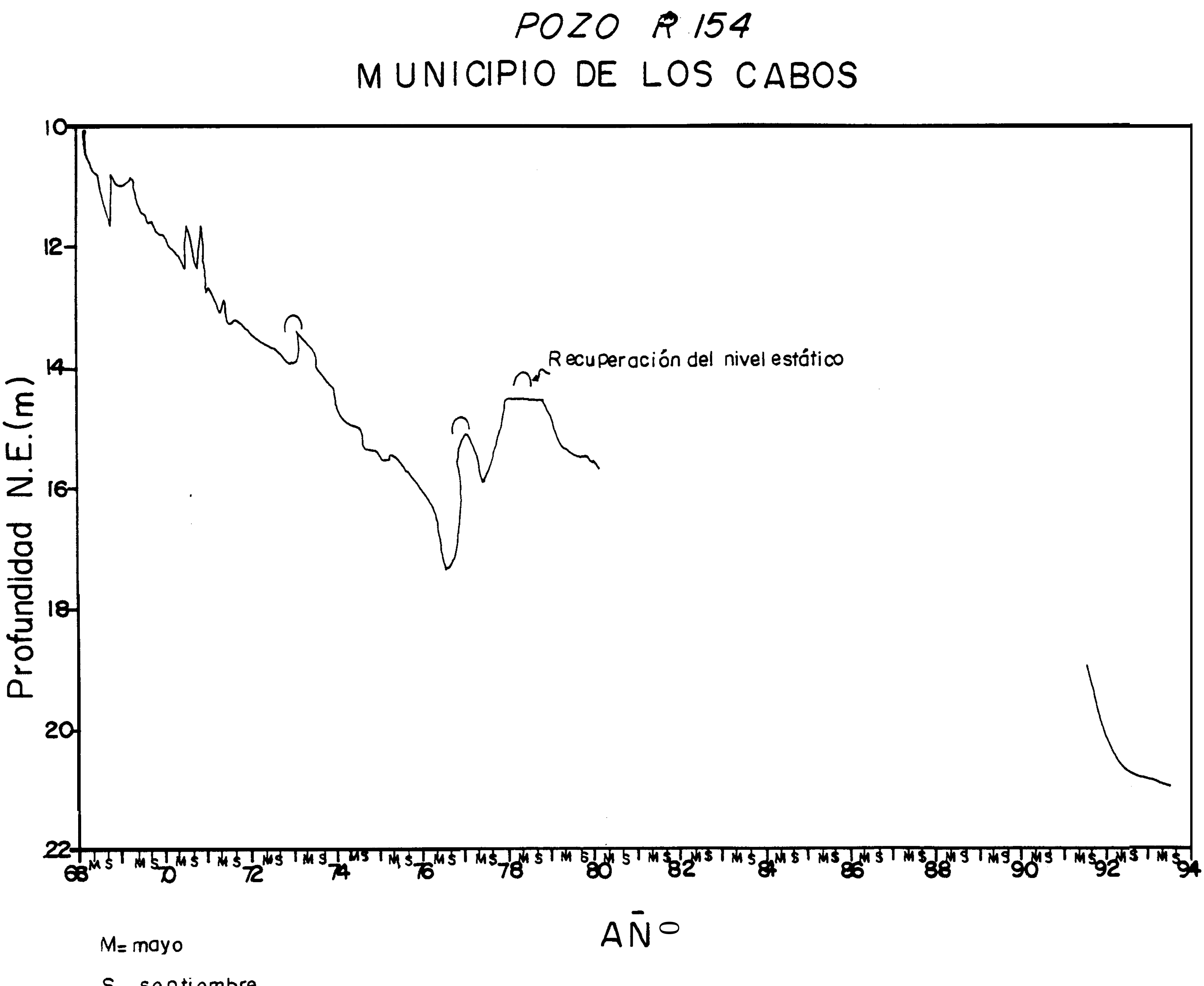
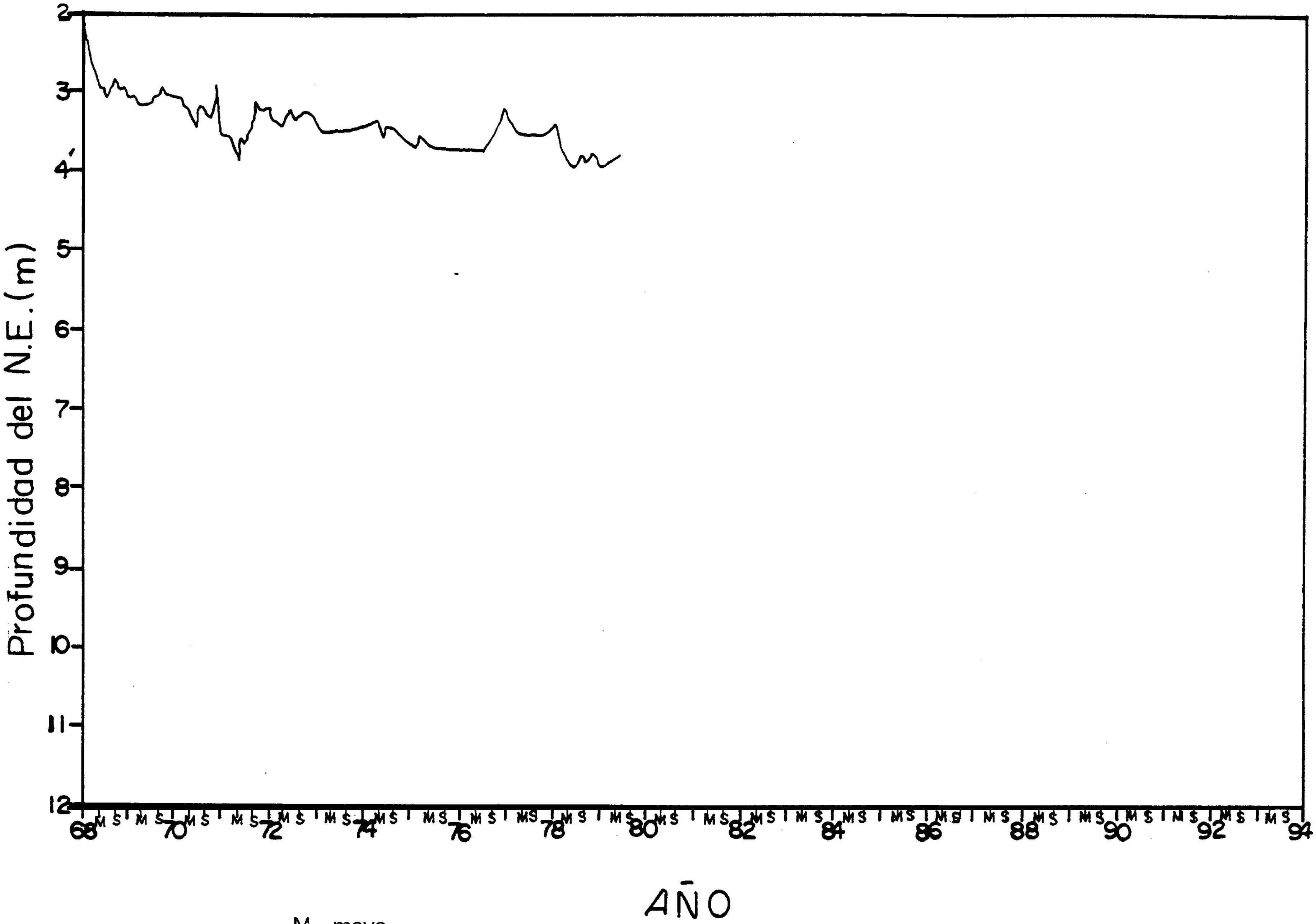


Fig. 24.- Hidrógrafo del Pozo R154

POZO R115

MUNICIPIO DE LOS CABOS



M= mayo

S= septiembre

Fig. 25.- Hidrógrafo del Pozo R115.

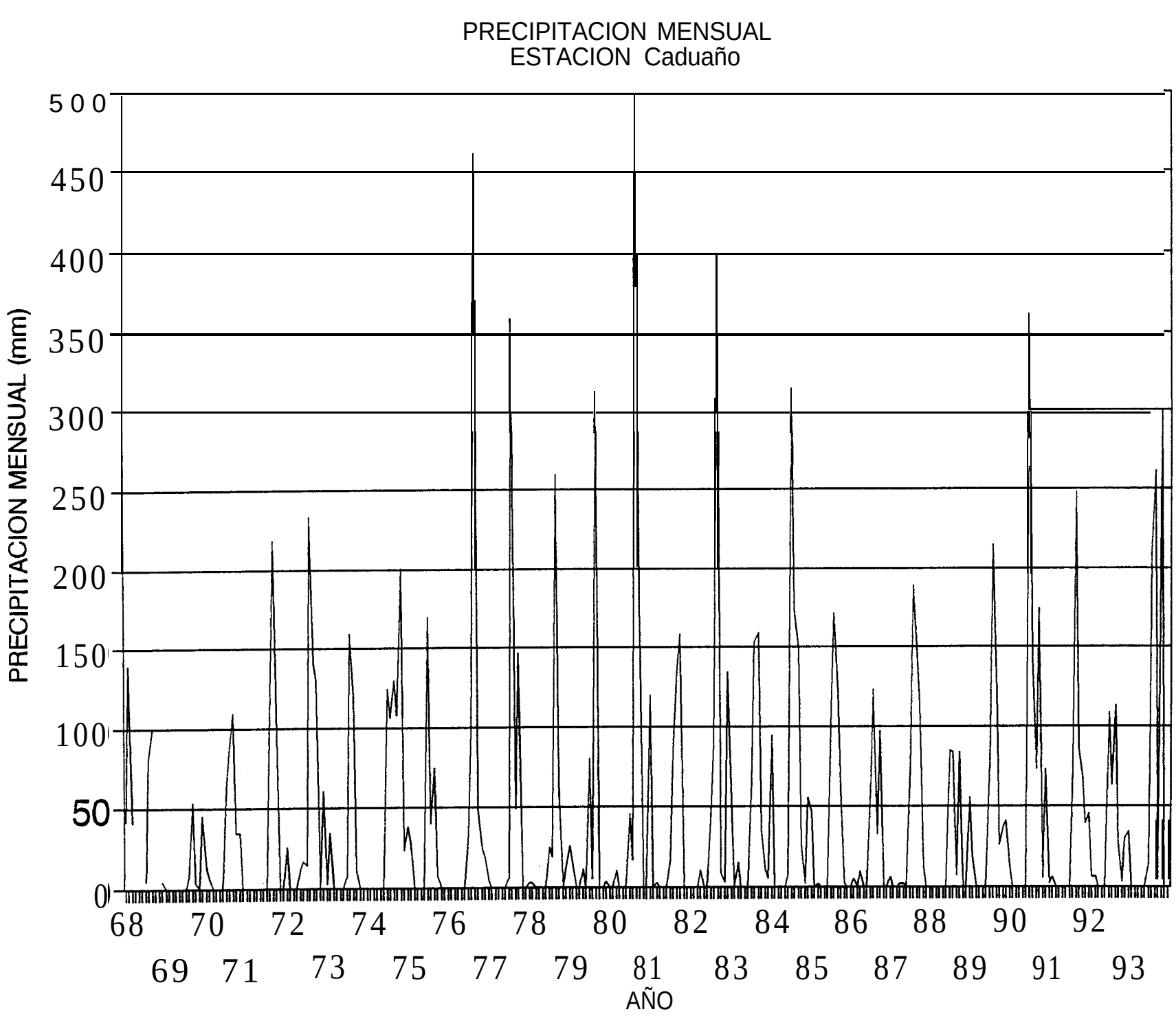


Fig. 26.- Precipitación mensual de la Estación Climatológica Caduaña . período 1 968-1993

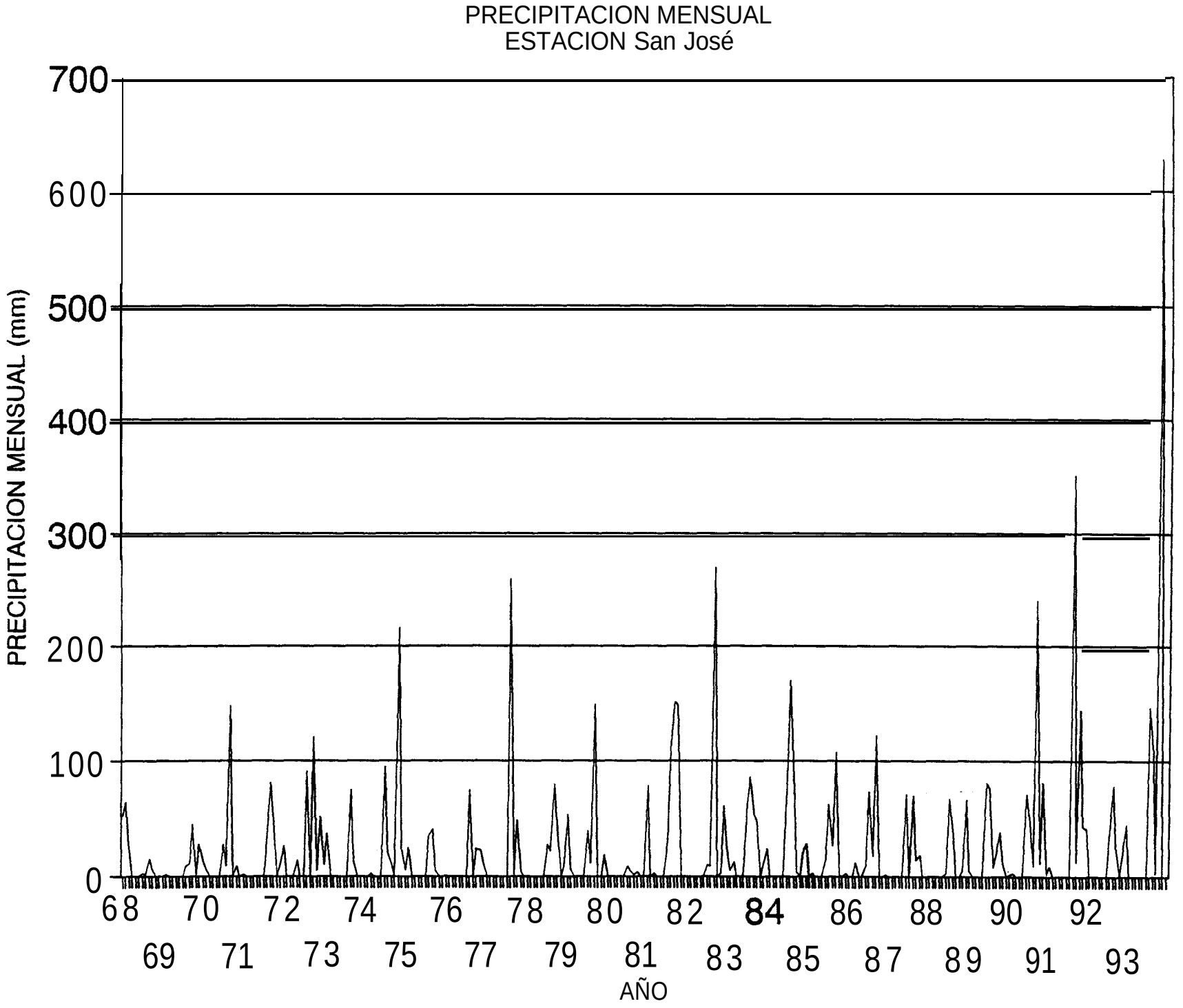


Fig. 27.- Precipitación mensual de la Estación Climatológica San José, período 1968-1993.

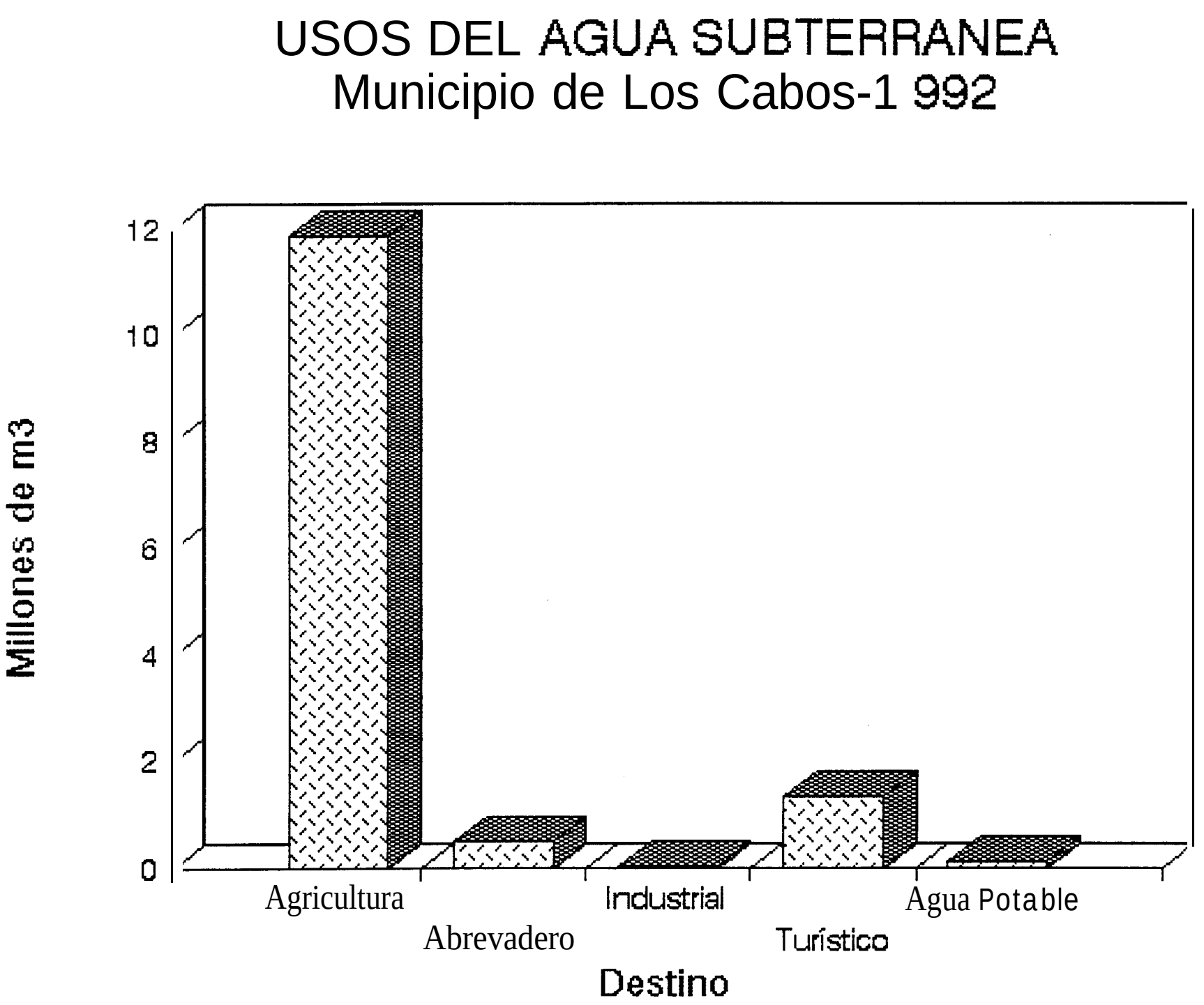
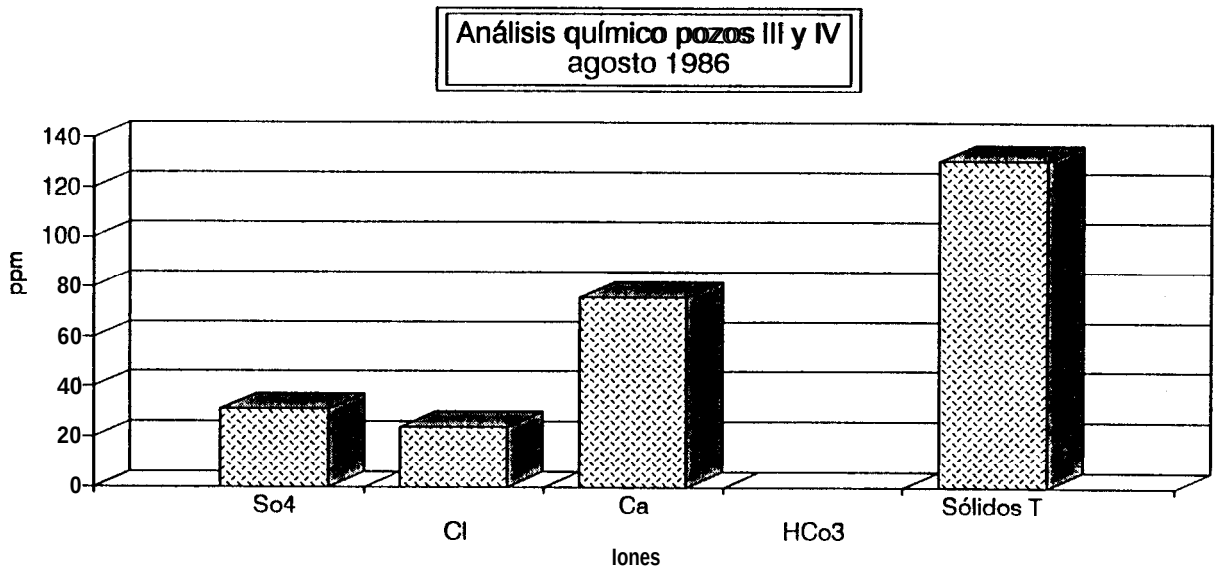


Fig. 28.- Usos del agua en el Municipio de Los Cabos (Gobierno del Estado, 1992).



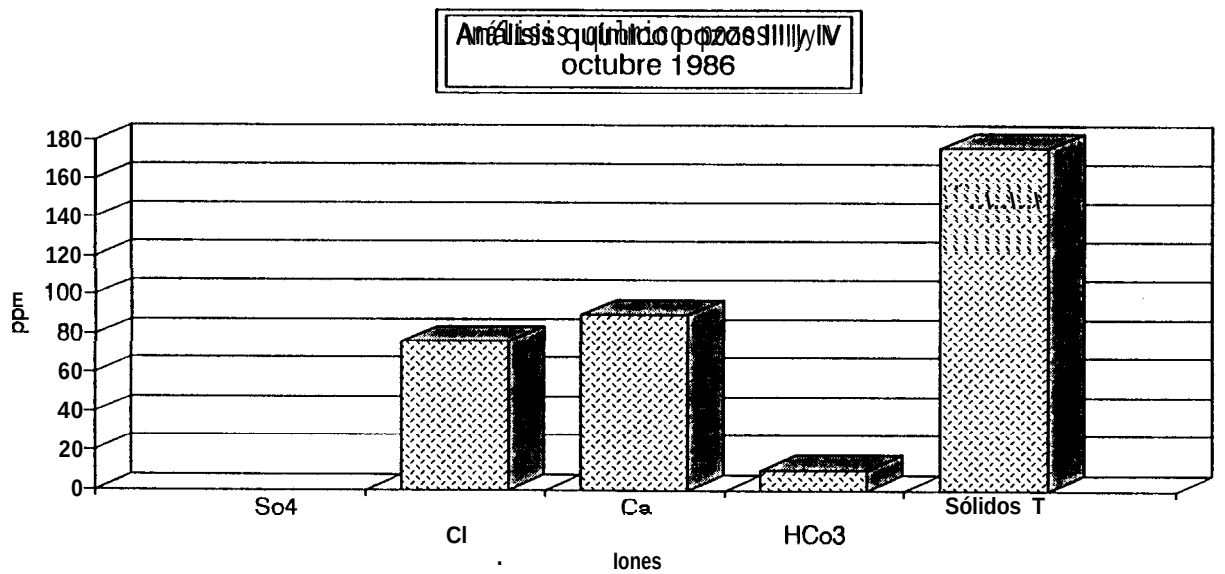
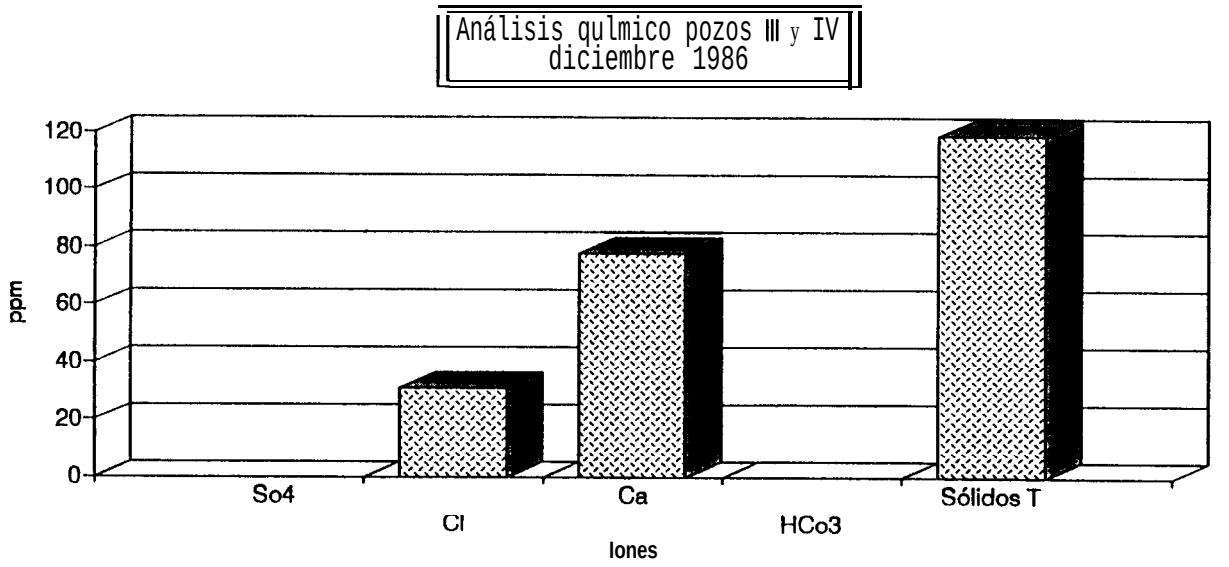


Fig. **29.-** Análisis Químico de los **Pozos III y IV,** en agosto y octubre de 1986.



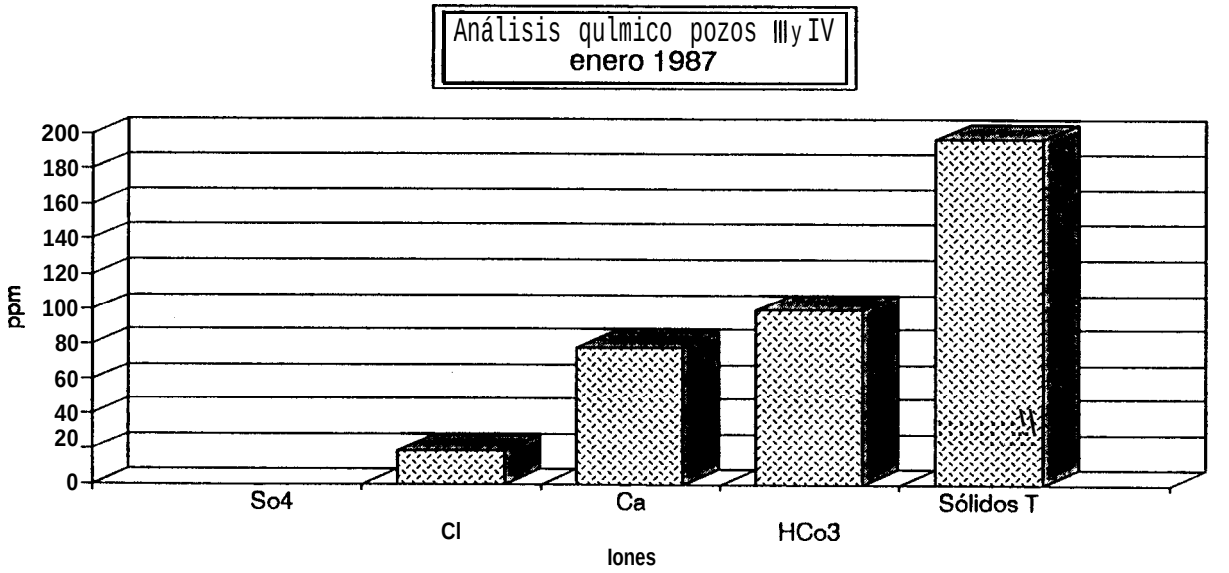
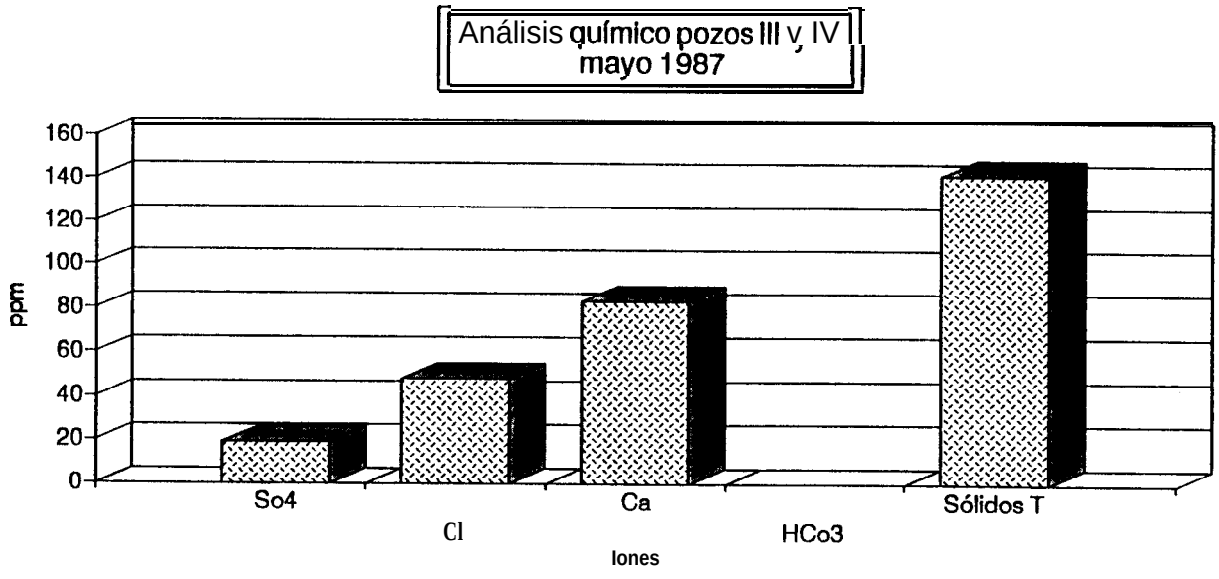


Fig. **30.- Análisis** Químico de los Pozos III **y** IV, en diciembre de 1986 y enero 1987.



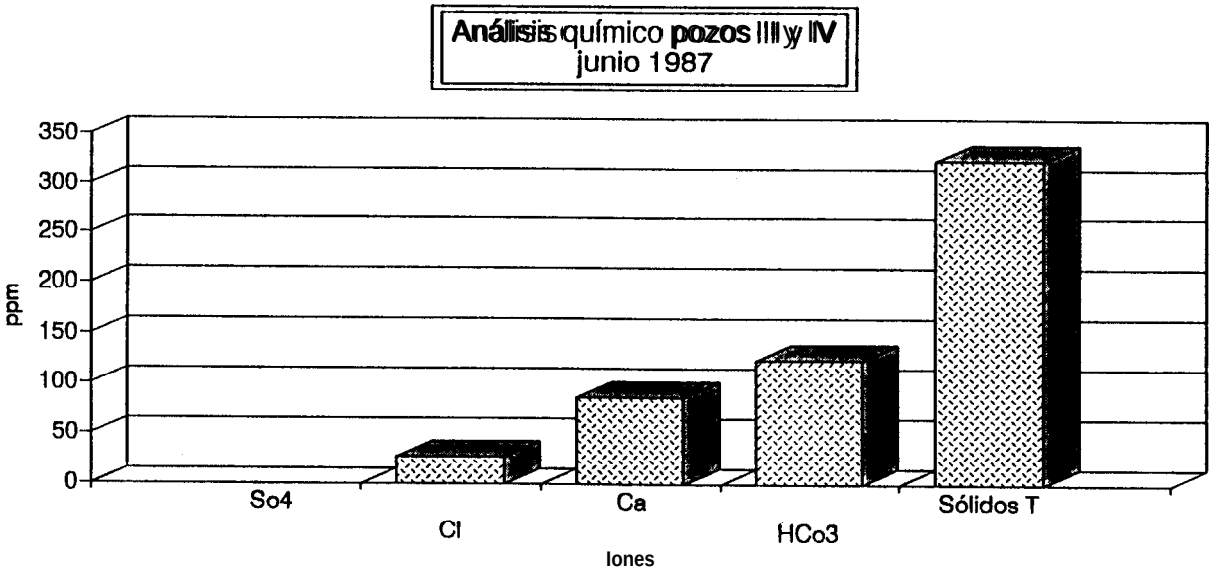
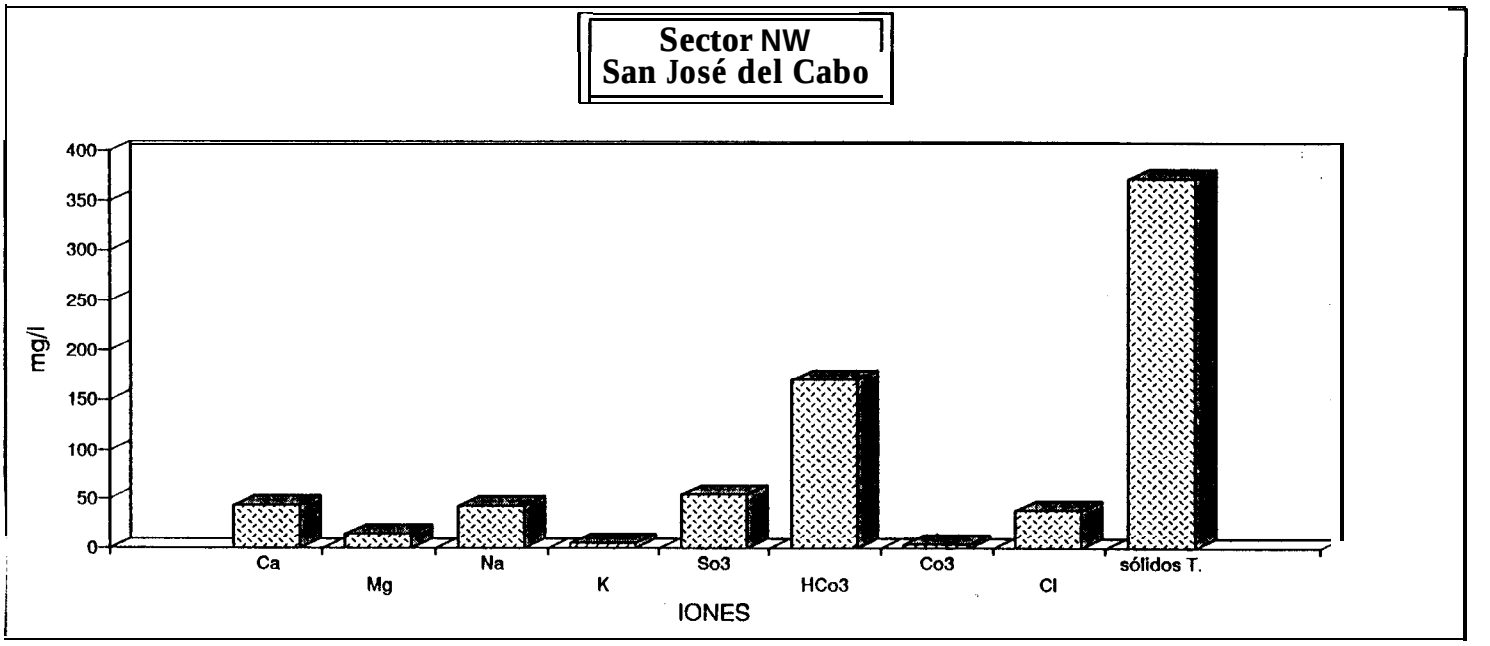


Fig. 31.- Análisis **Químico de los** Pozos **III y IV, en mayo y junio de 1987.**



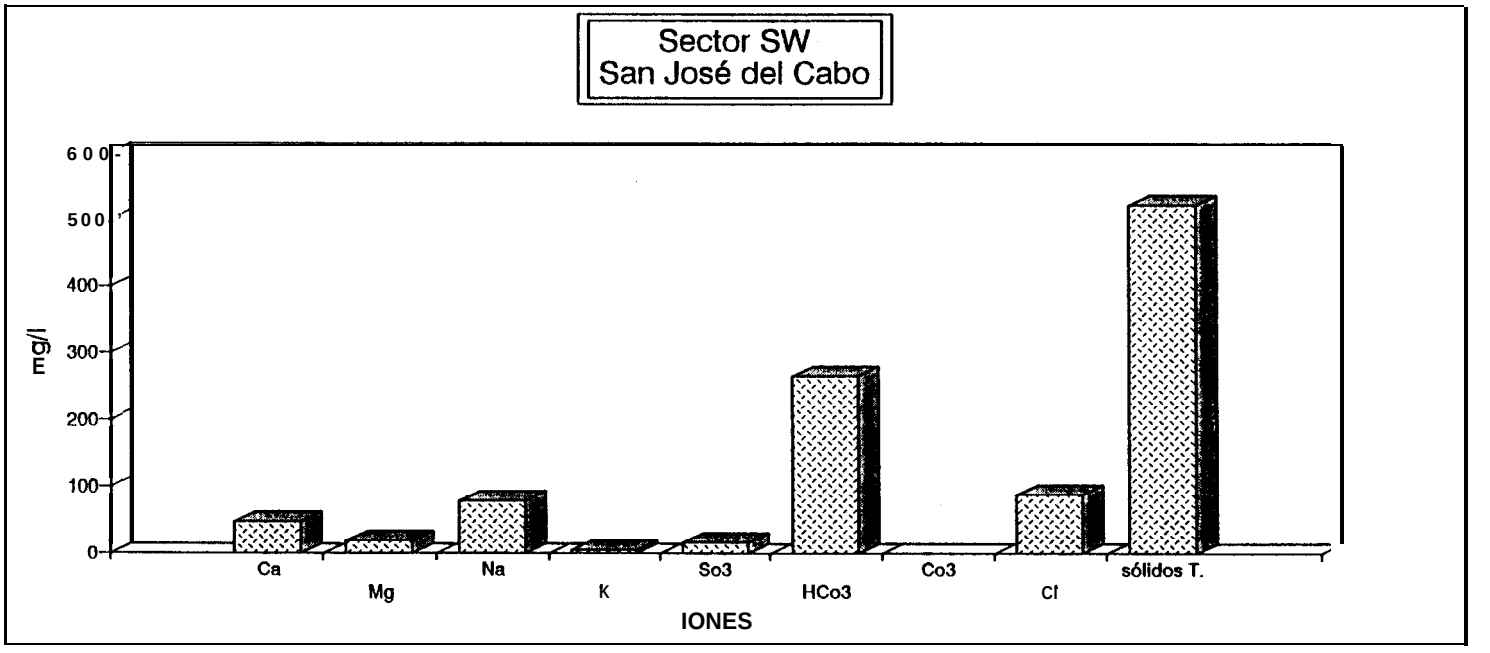
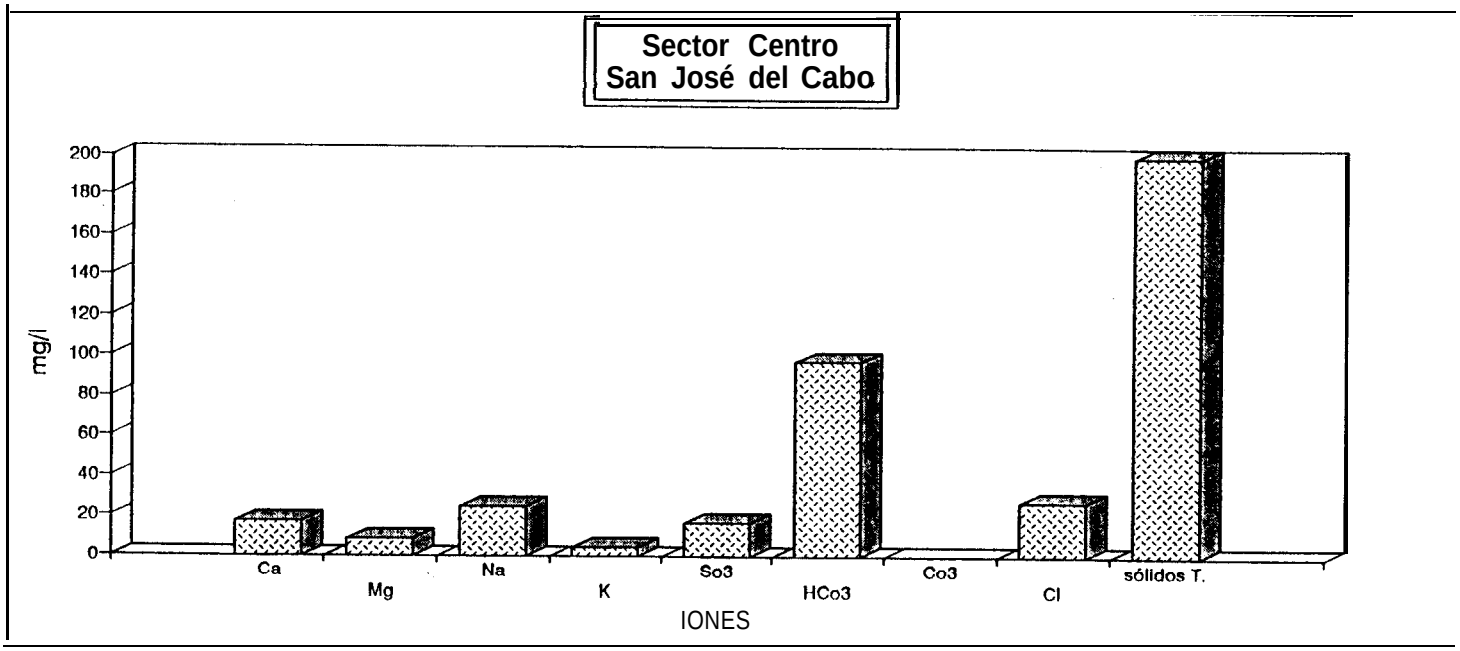


Fig. 32.- Análisis Químico del agua de las porciones NW y SW de la Cuenca en 1988.



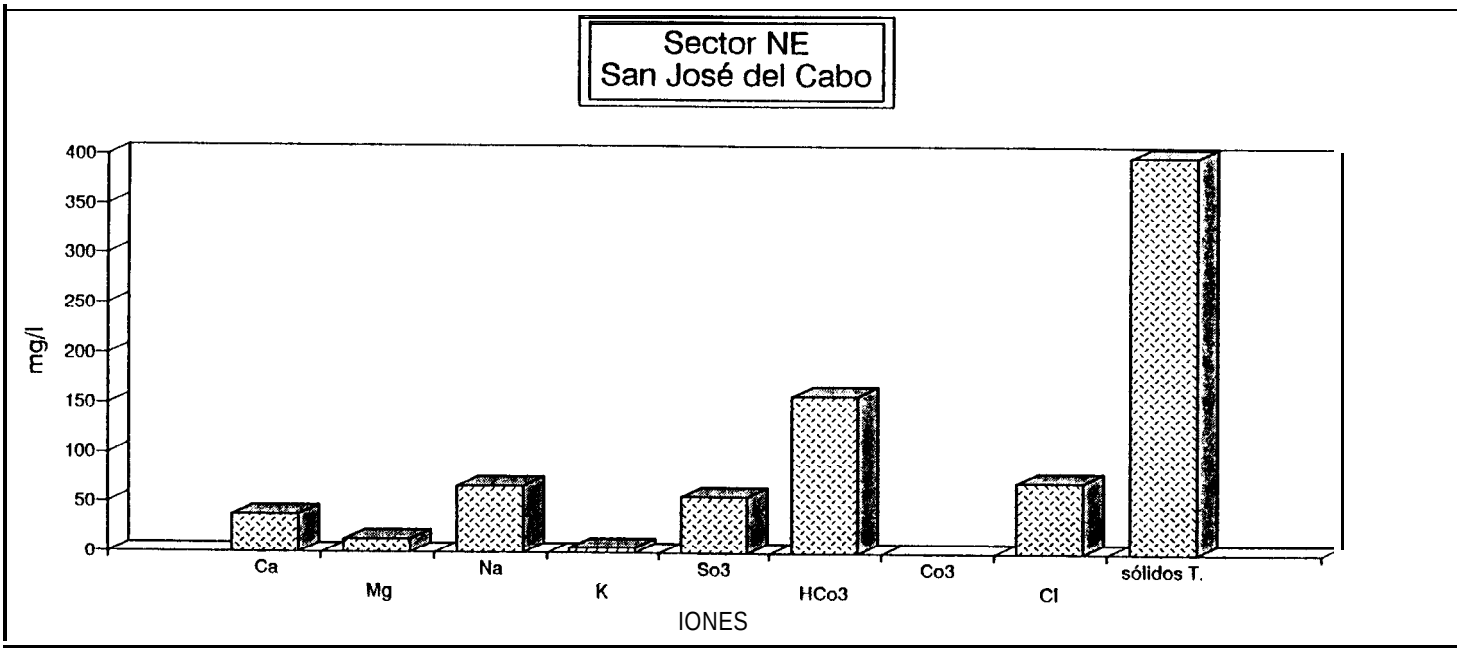


Fig. 33.- Análisis Químico del agua de las porciones Centro y NE de la Cuenca en 1988.

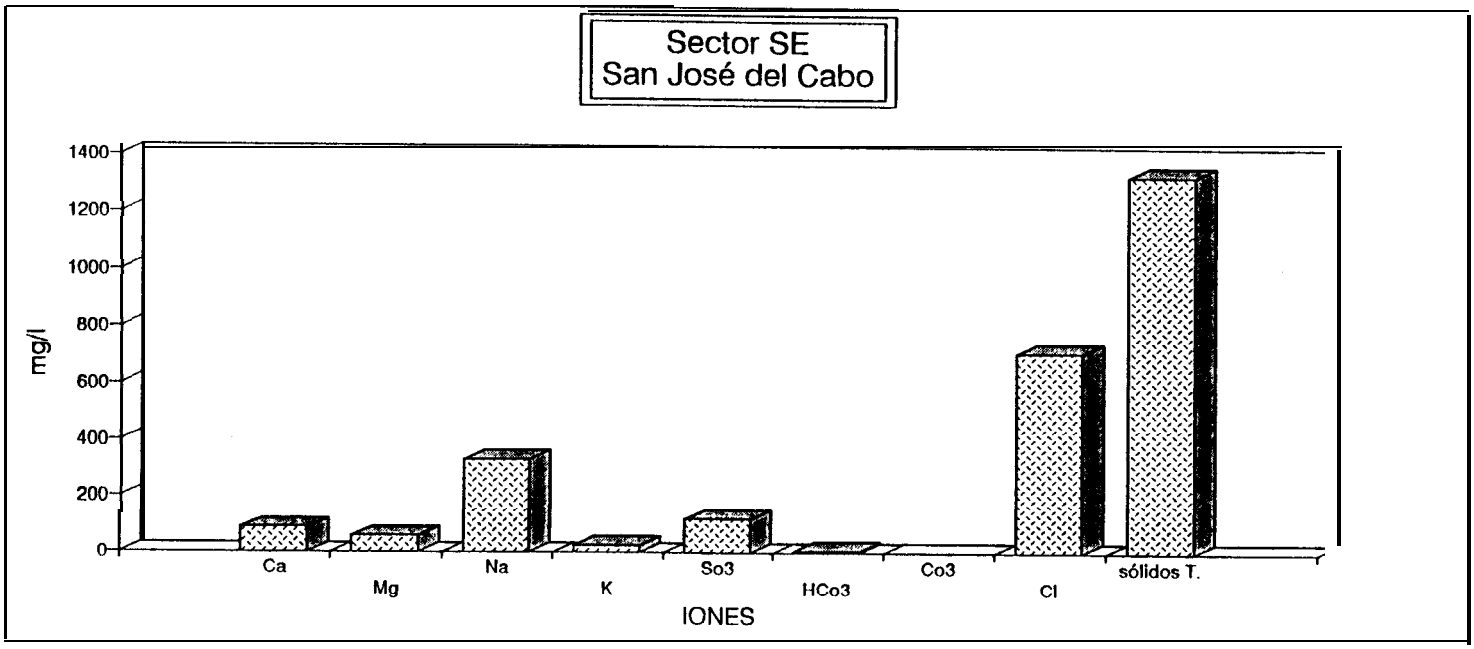


Fig. 34.- Análisis Químico del agua de la porción SE de la cuenca, en 1988.

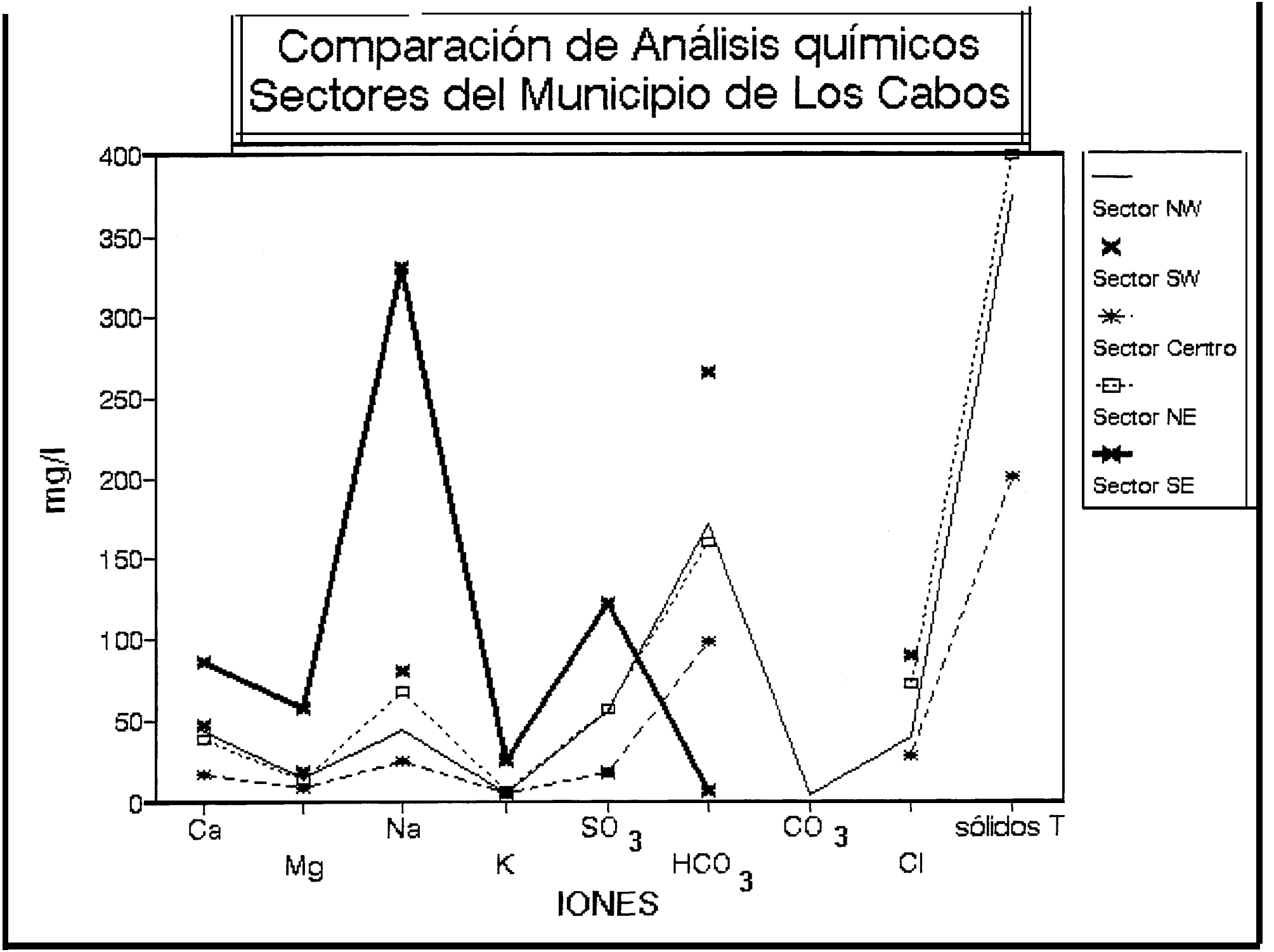
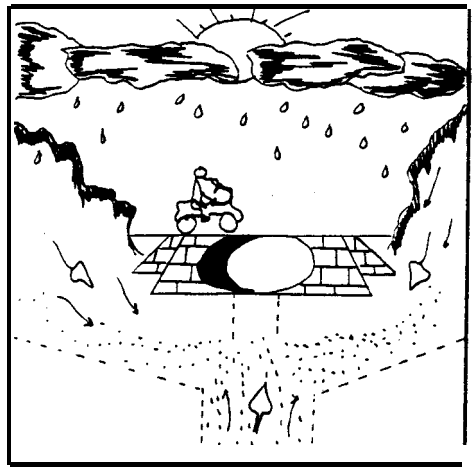


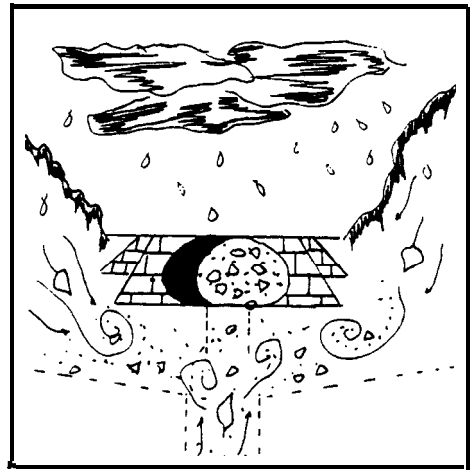
Fig. 35.- Comparación de los Análisis Químicos de los Sectores de la cuenca en el período 1986-1988.

a)



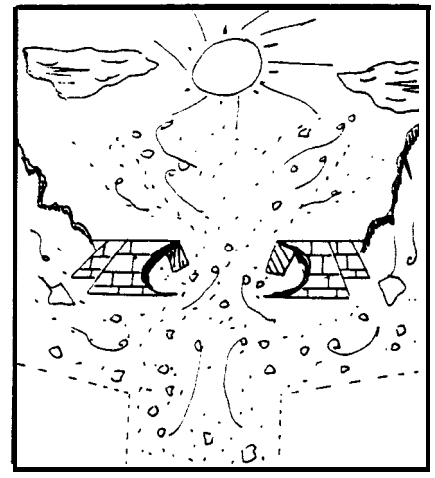
1)

Carretera construída perpendicular al cauce del arroyo



2)

Formación de corrientes fluviales turbulentas, las cuales aumentan la velocidad al angostarse la sección del arroyo



3)

Las corrientes fluviales transporton volúmenes Considerables de sedimento y material de acarreo logrando tapar y posteriormente romper el alcantarillado de la carretera ocasionando lo ruptura de la mismo.

N

Sección de la **carretera afectada por corrientes fluviales.**

KILOMETROS

0 1 2 3 4 5

b)

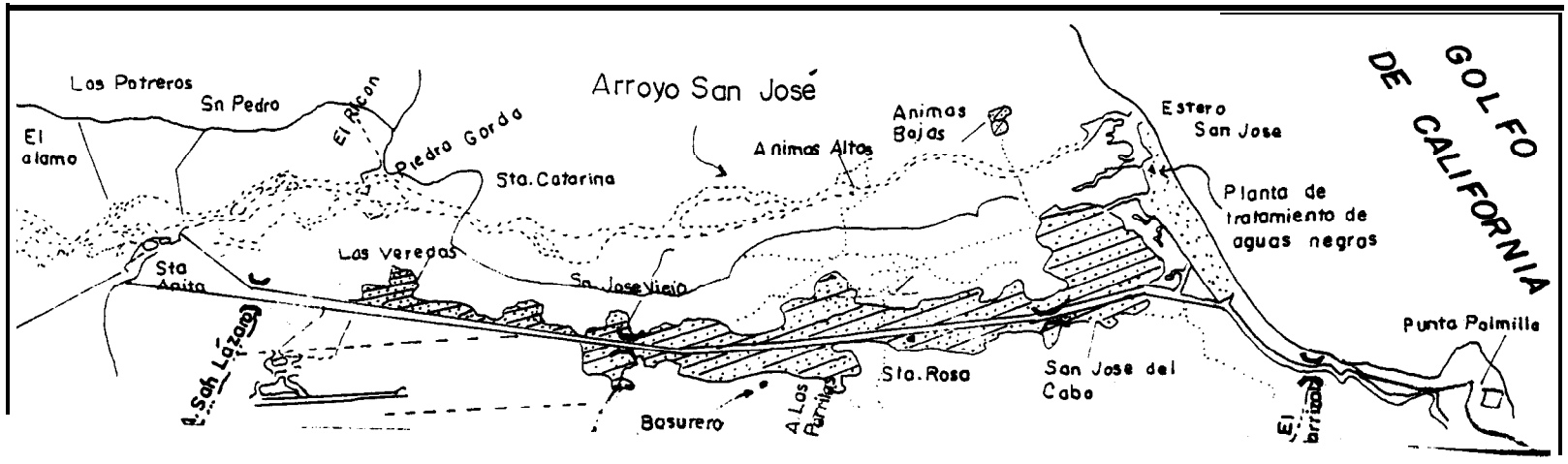


Fig. 36.- a) **Esquema mostrando la ruptura de la carretera de Sta, Anita-Corredor Turístico San José en nov de 1993. b) Alcantarillas situadas a lo largo de la Carretera Federal N° 1, cruzando la Ciudad Lineal, quefueron afectadas por las lluvias de nov de 1993.**

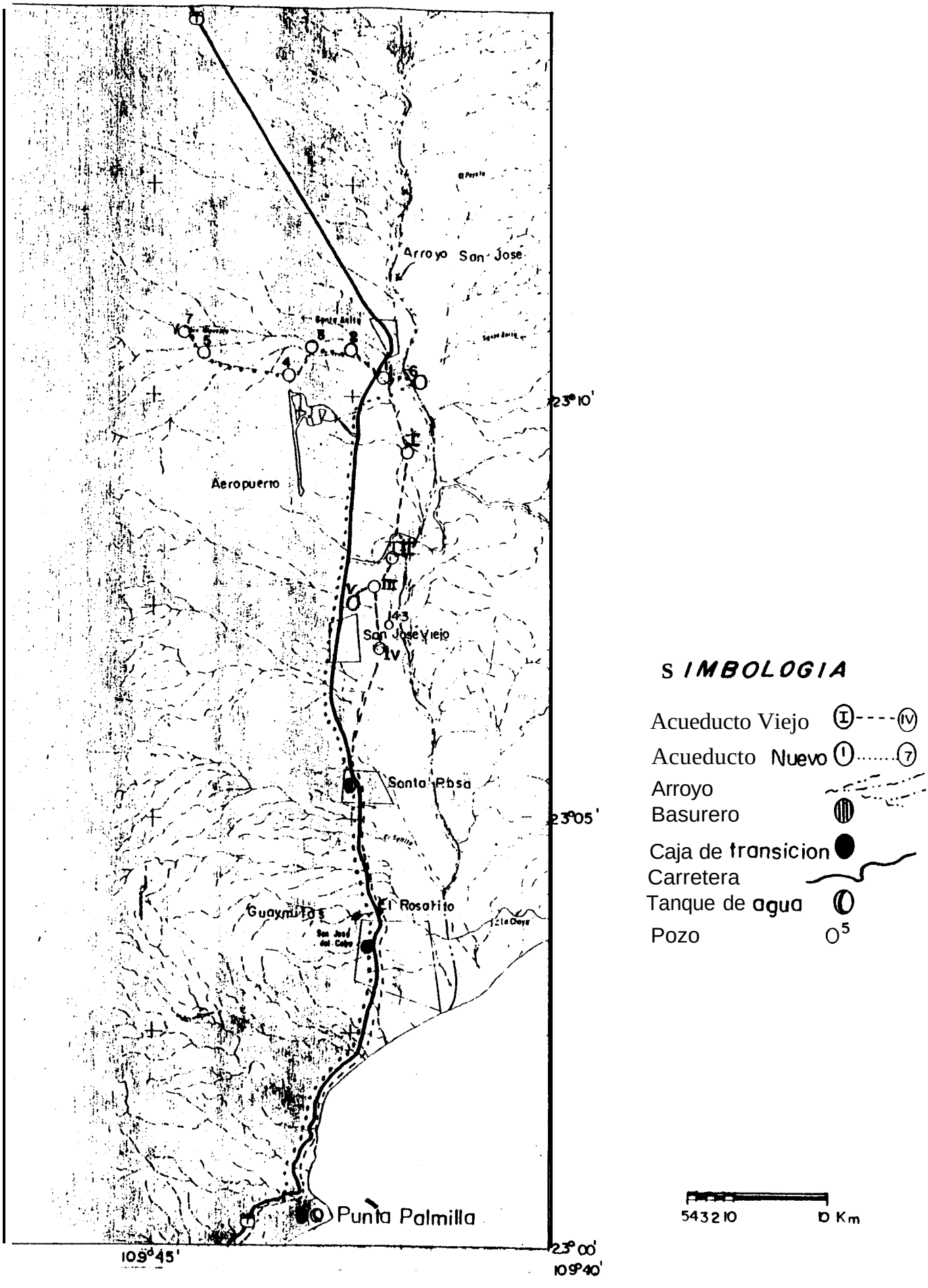


Fig. 37.- Localización y distribución de los Acueductos en el Municipio de Los Cabos (FIDALC, 1990).

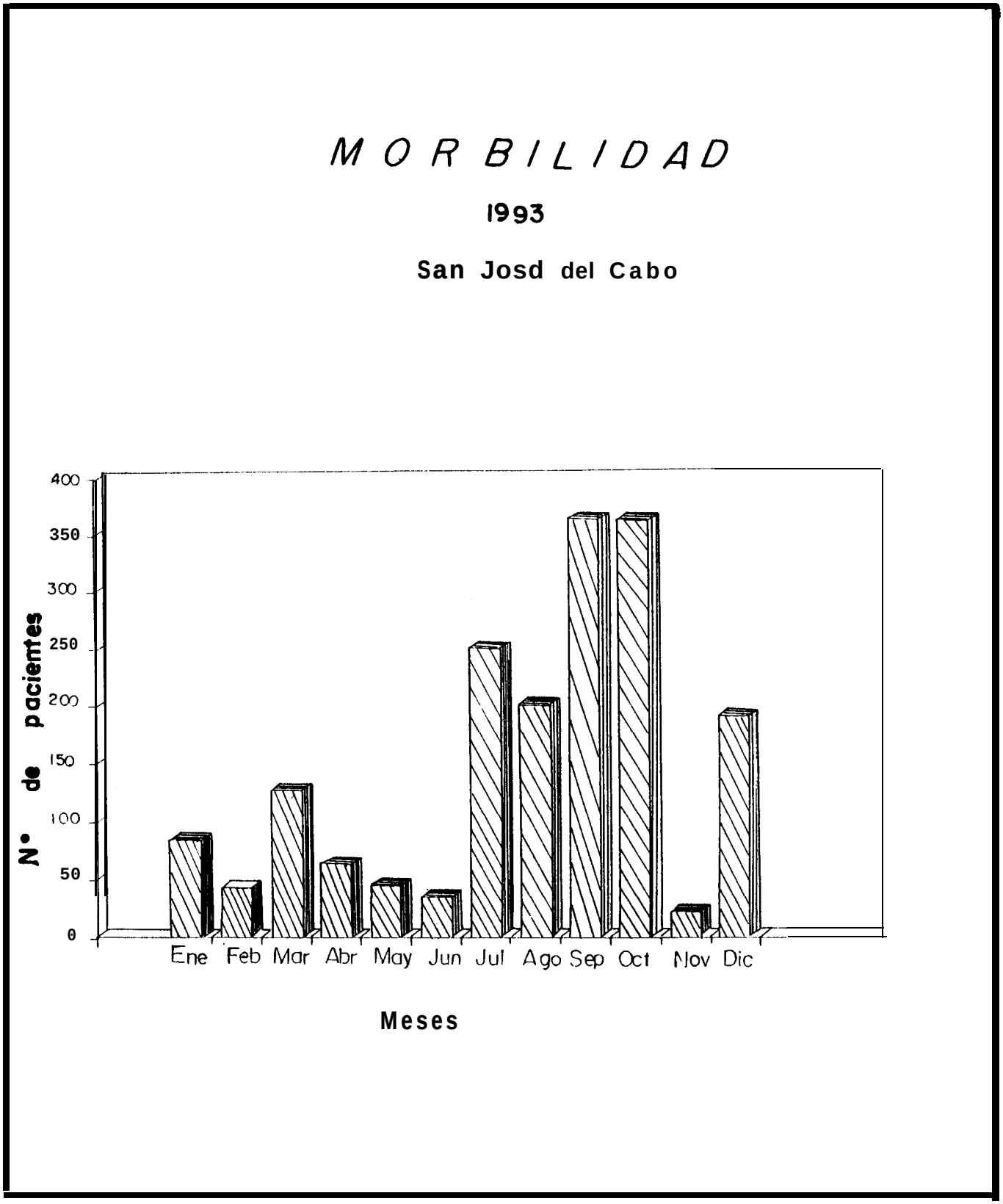


Fig. 39.- Número de Enfermos a causa de afecciones intestinales en San José del Cabo, durante 1993.

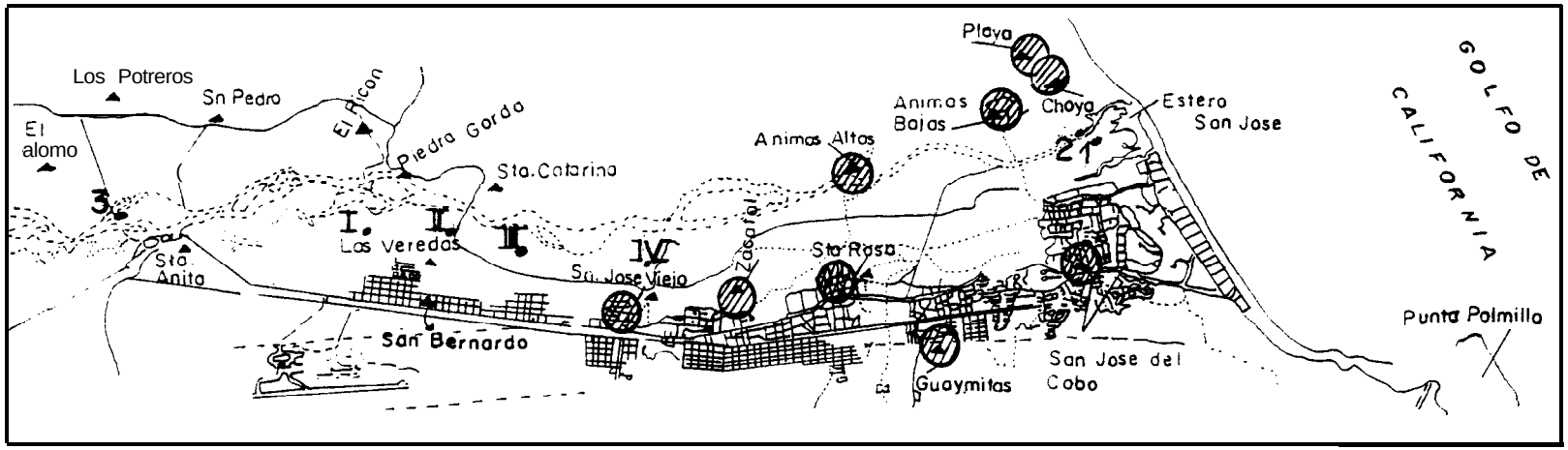


Fig. 40.- Localización de Colonias con mayor índice de habitantes con afecciones intestinales

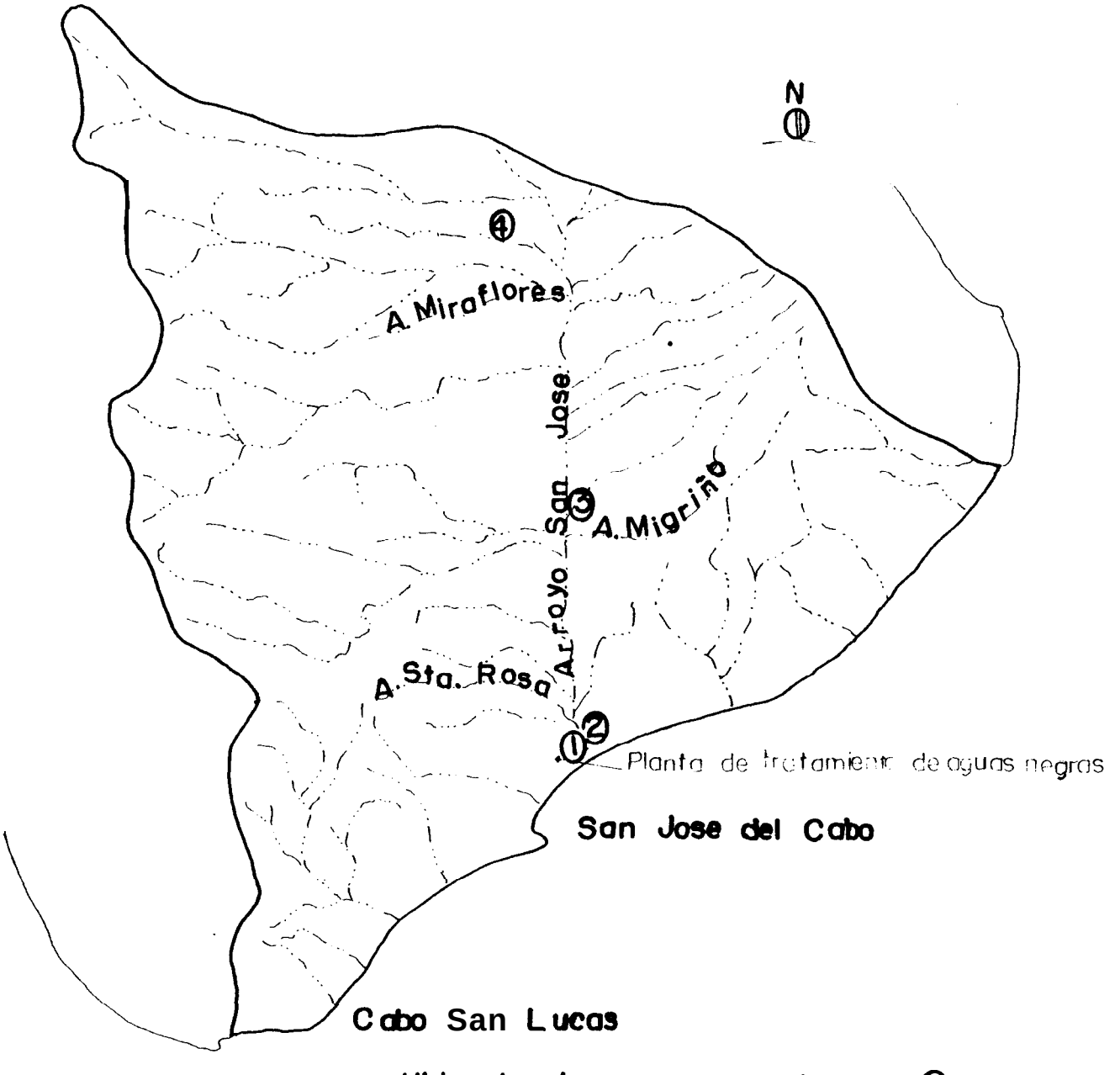
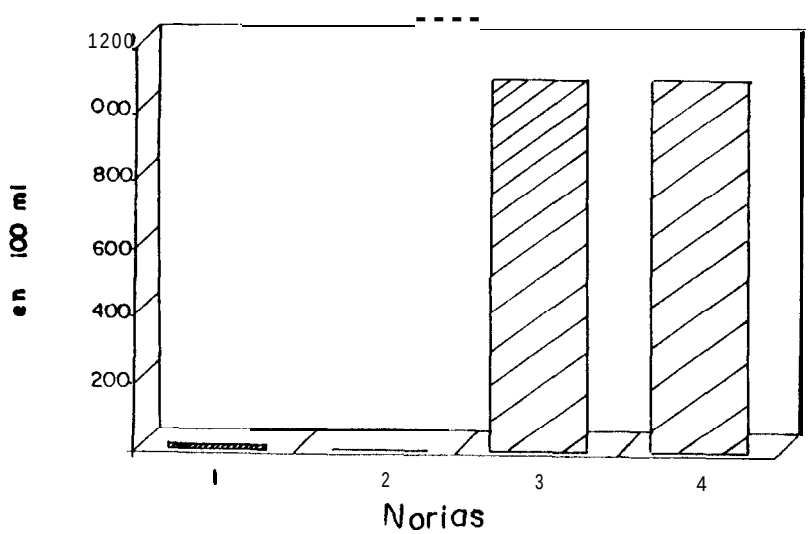


Fig. 41.- Localización de los pozos muestreados para análisis bacteriológico.

COLIFORMES TOTALES

SAN **JOSE DEL CABO**

nov. 1993



C OLIFORMES FECALES

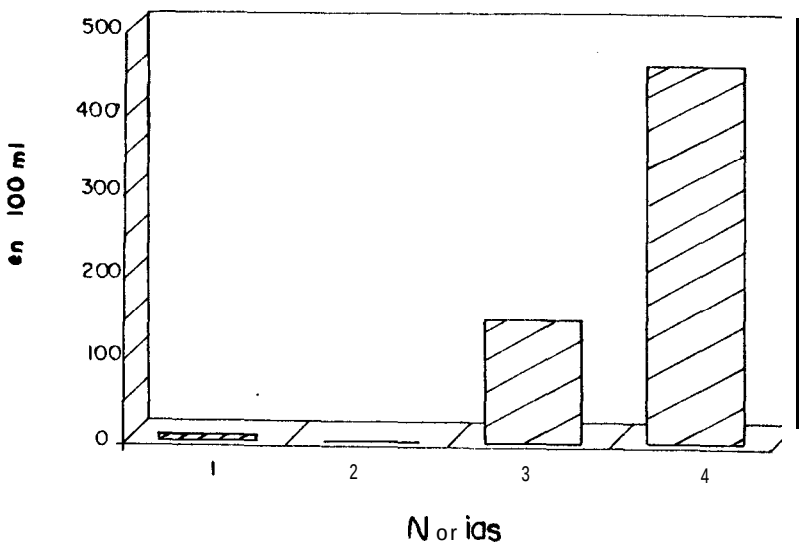
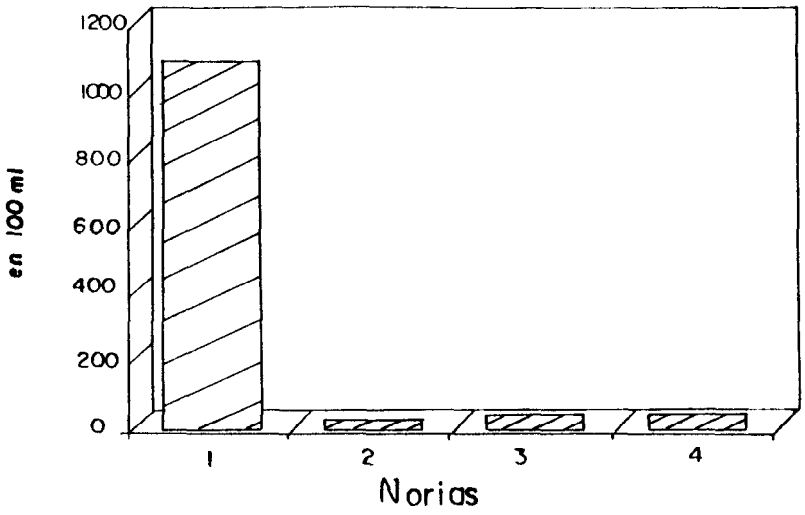


Fig. 42.- Análisis bacteriológico efectuado durante nov. de 1993.

COLIFORMES TOTALES

SAN JOSE DEL CABO

dic 1993



COLIFORMES FECALES

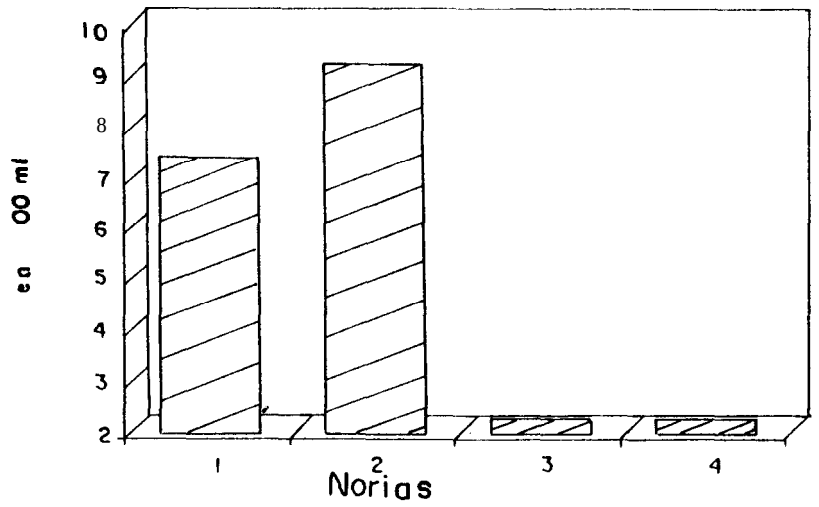


Fig. 43.- Anãlisis bacteriológico efectuado durante dic. de 1993.

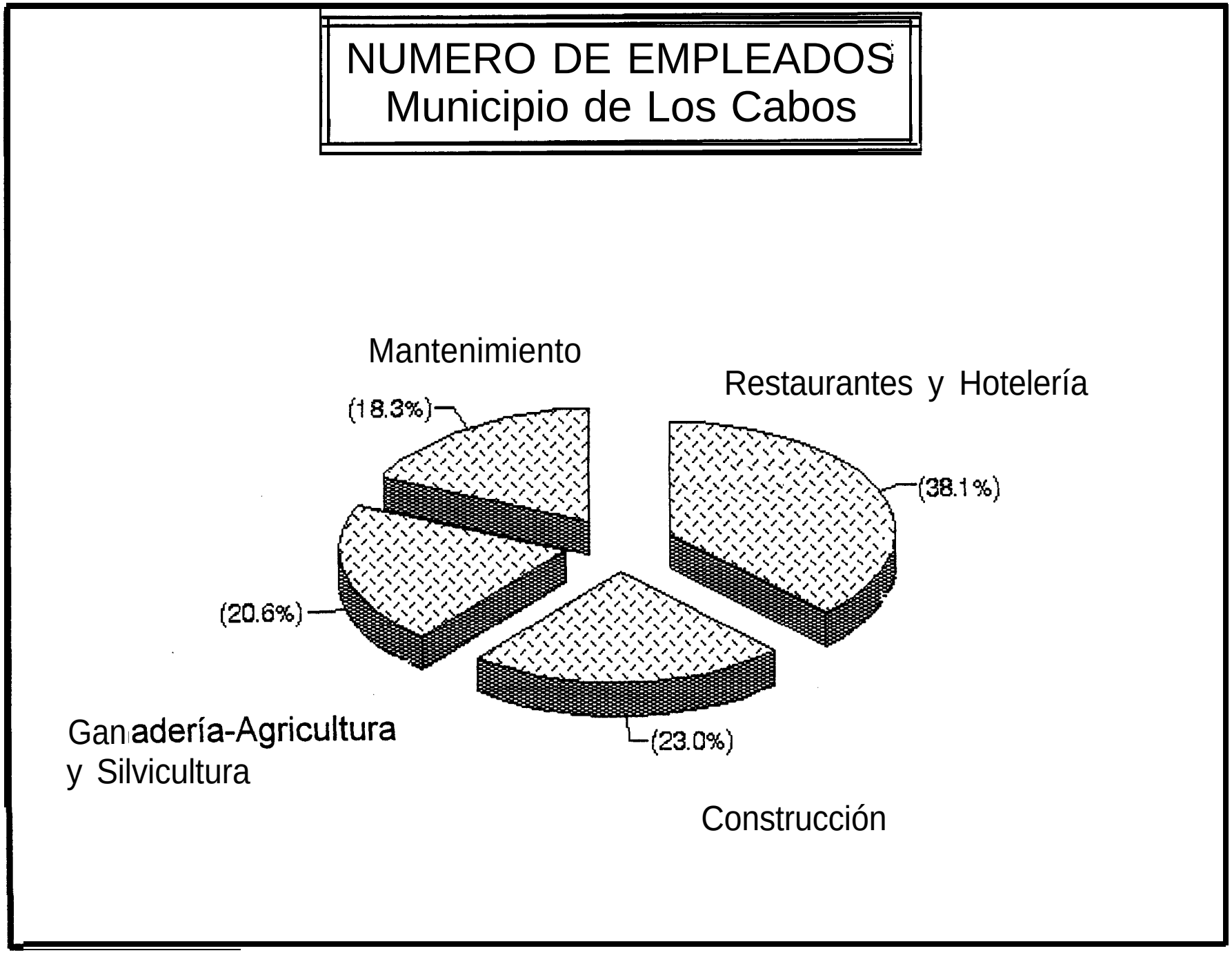


Fig. 44.– Ocupación de la Población residente en el Municipio de Los Cabos durante 1992, (Gobierno del Estado, 1992).

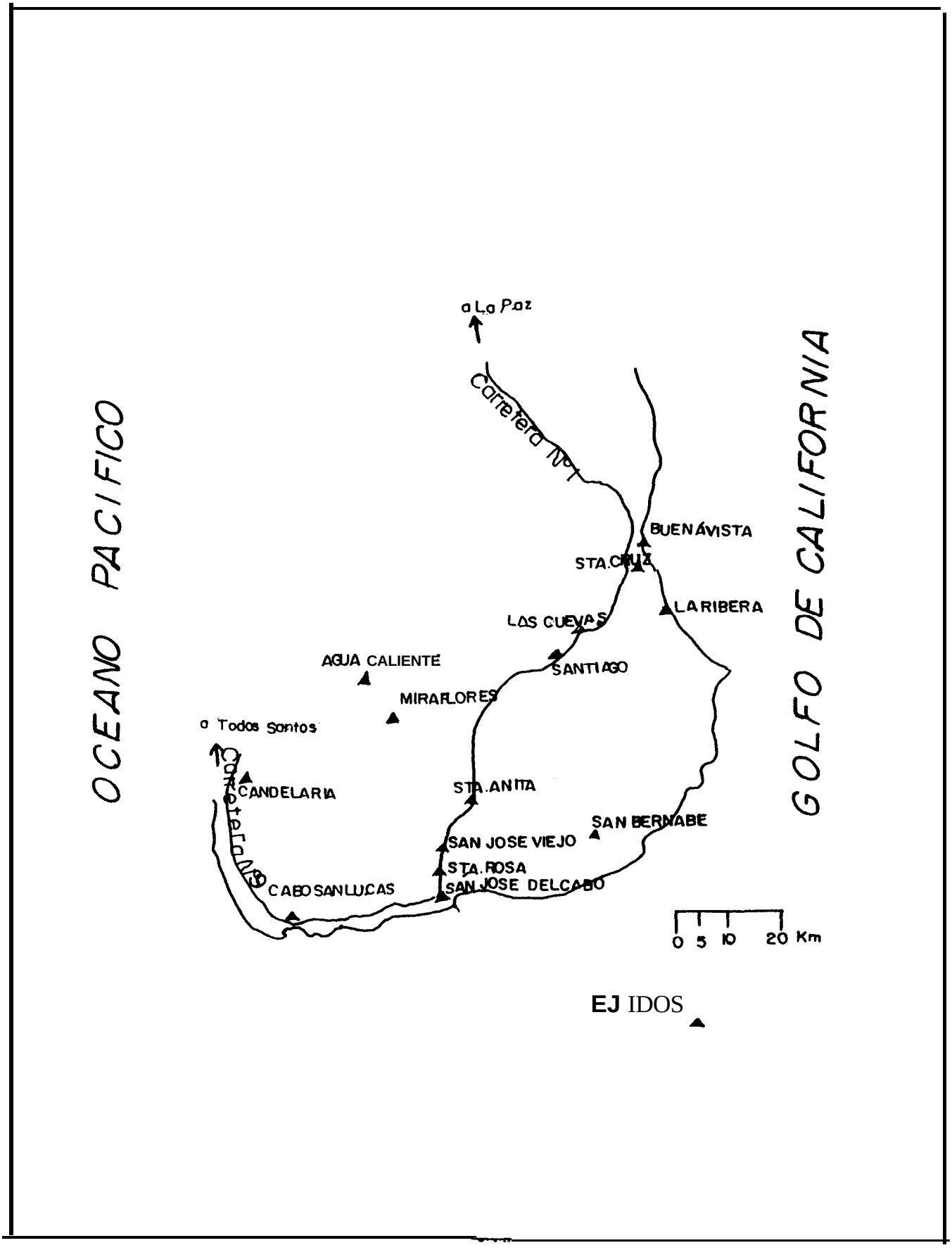


Fig. 45.- Localización de Zonas Ejidales en el Municipio de Loe Cabos.

PRODUCCION GANADERA
Municipio de Los Cabos 1992

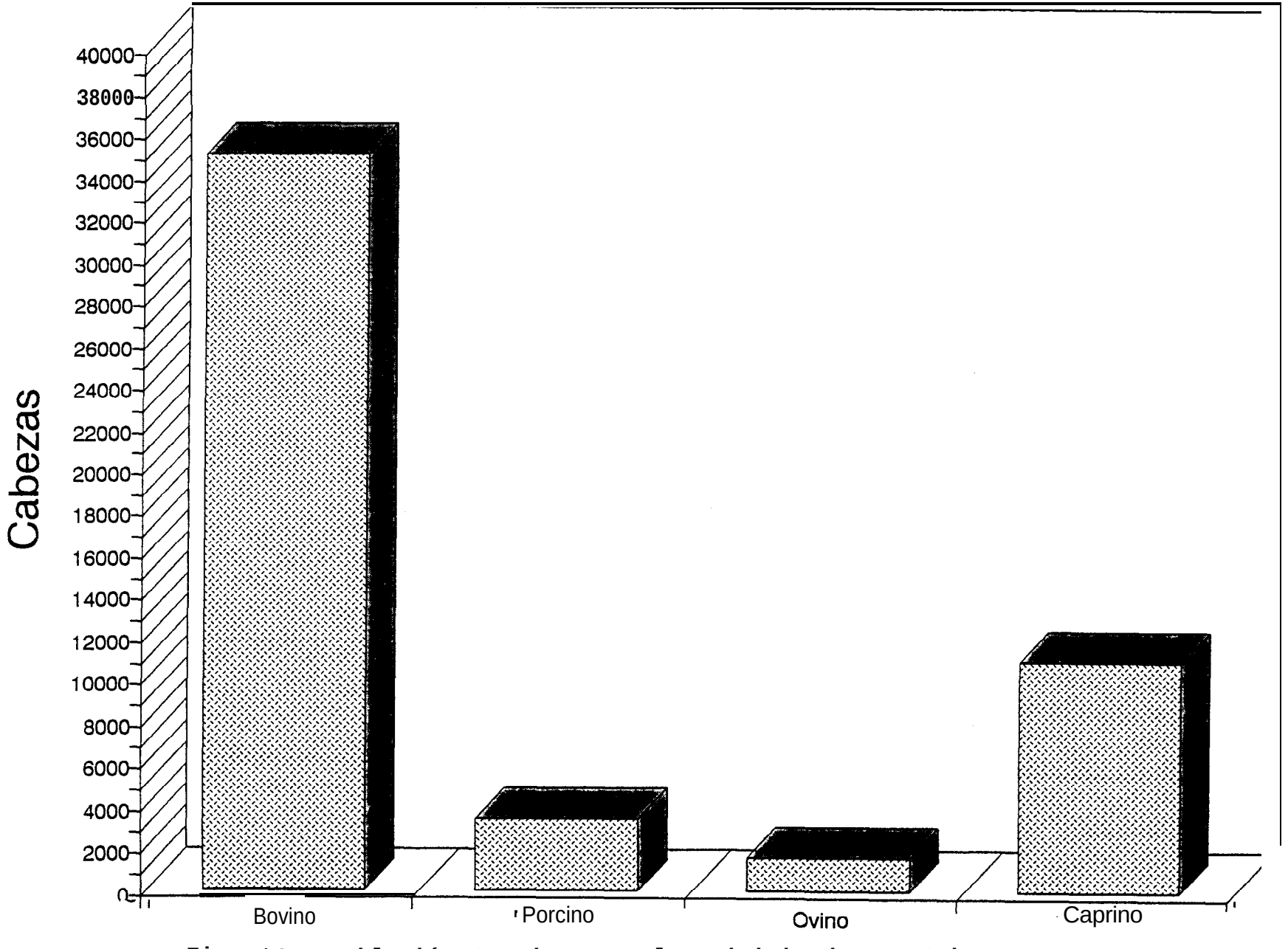


Fig. 46.- Población Ganadera en el Municipio de Los Cabos.
(Gobierno del Estado 1992)

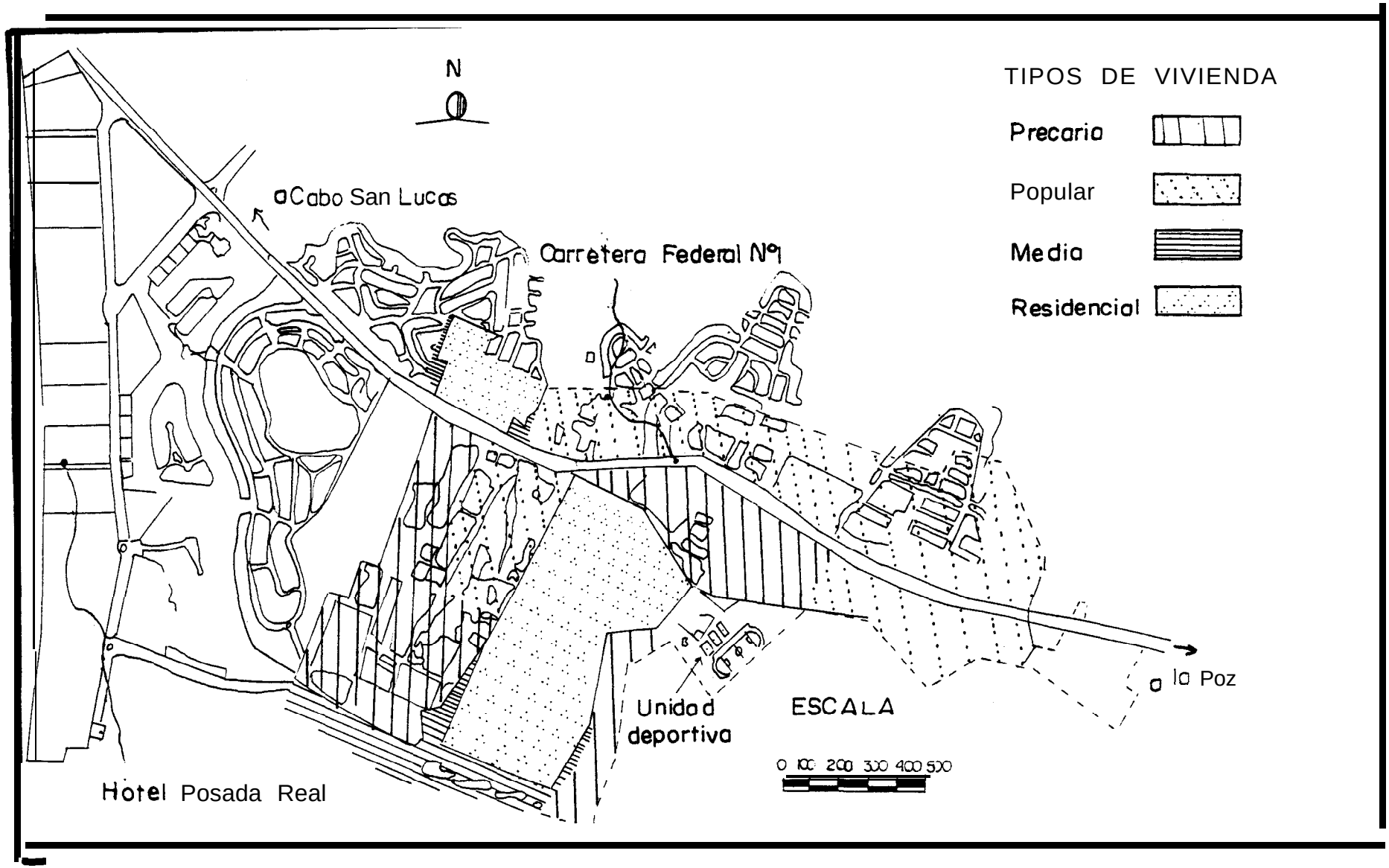


Fig. 47.- Tipo de Vivienda en la Ciudad Lineal (Gobierno del Estado, 1992).

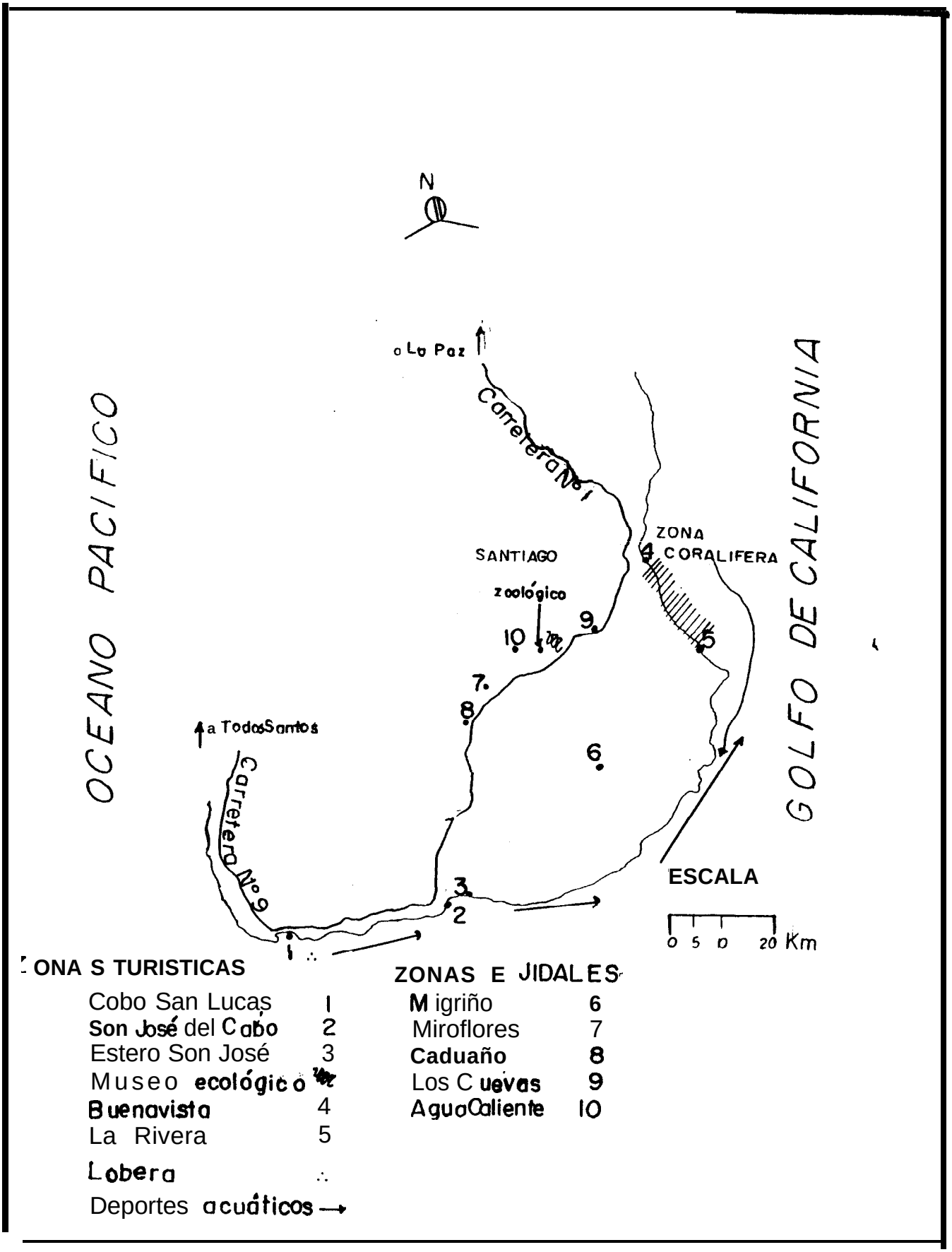


Fig. 48.- Localización de Zonas Turísticas en el Municipio de Los Cabos.

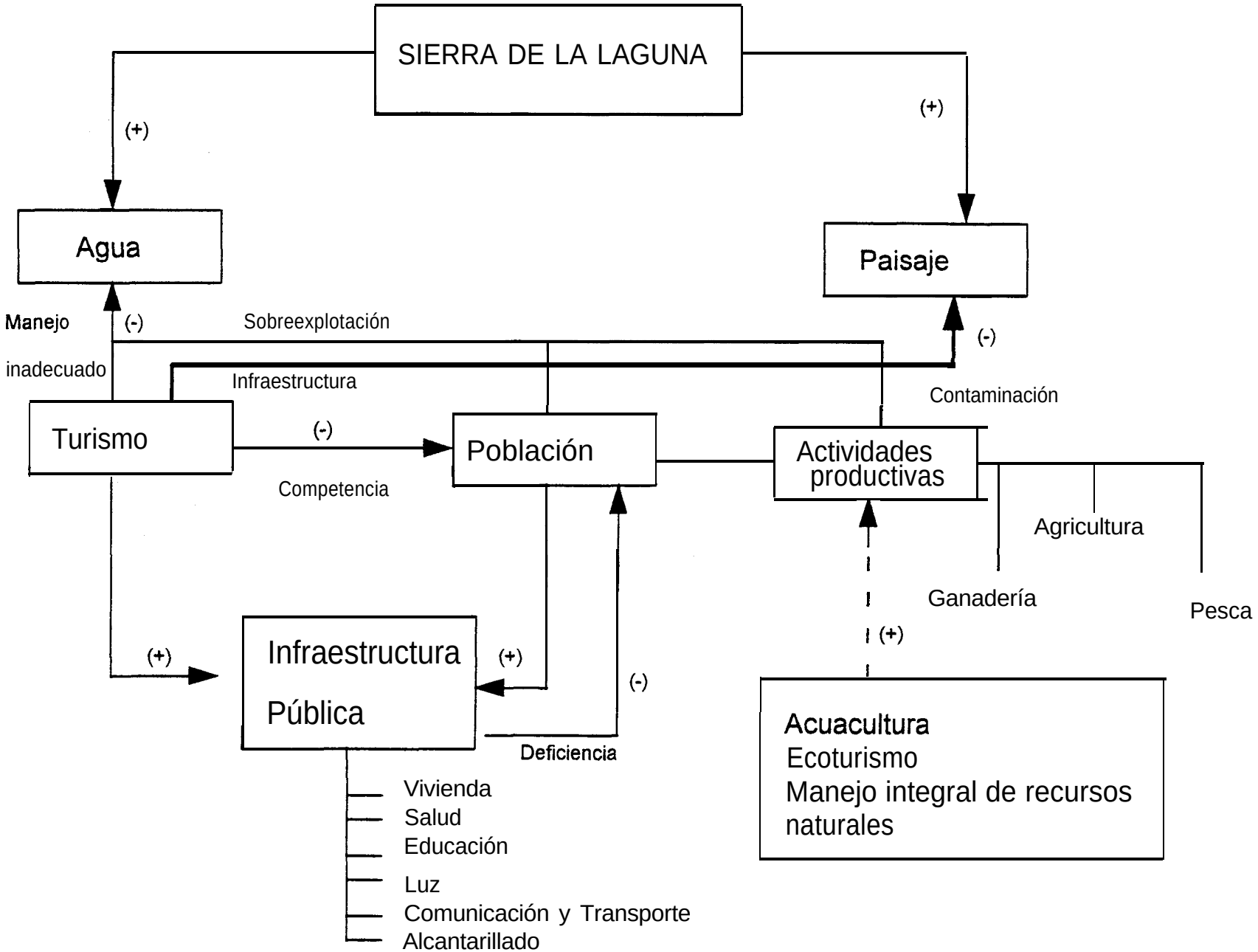


Fig. 49.- Relación paisaje-Recursos Naturales-Población-Actividades Productivas, Actividades a realizar (_ _ _).