

**INFORME SUPLEMENTARIO V**

**ESTUDIO SOBRE LAS FUENTES DE  
CONTAMINACION**



## ESTUDIO SOBRE LAS FUENTES DE CONTAMINACION

CAPITULO I	ESQUEMA GENERAL DEL ESTUDIO	pag
1-1	Esquema General .....	V - 1
1-2	Lineamiento del Estudio .....	V - 1
1-3	Métodos de Estudio .....	V - 2
1-4	Clasificación y Distribución de las Fuentes de Contaminación .....	V - 3
CAPITULO II	DESCARGA DE LOS CONTAMINANTES EN LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN	
2-1	Uso de Agua en la Cuenca .....	V - 4
2-2	Descarga de Contaminantes de las Fuentes Domésticas .....	V - 6
2-3	Descarga de Contaminantes de la Industria Turística .....	V - 6
2-4	Descarga de Contaminantes de las Instalaciones Públicas ...	V - 7
2-5	Descarga de Contaminantes de las Fuentes Industriales .....	V - 8
2-6	Descarga de Contaminantes de las Fuentes No Puntuales .....	V - 14

### CAPITULO III EFLUJO DE LOS CONTAMINANTES DE LA CUENCA

3-1 Carga de Contaminantes Generados en la Cuenca .....	V - 16
3-1-1 Fórmulas .....	V - 16
3-1-2 Resultados de la estimación .....	V - 17
3-1-3 Detalles de la carga de contaminante generada en las fuentes puntuales .....	V - 17
3-2 Eflujo de Contaminantes a Niveles Normales de Agua .....	V - 17
3-3 Eflujo de Contaminantes en las Inundaciones .....	V - 20

### CAPITULO IV CONTROL DE DESCARGA EN LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN

4-1 Control de Descargas en la Prevención de Contaminación del Lago Ypacarai .....	V - 21
4-2 Plan de Control de Descarga .....	V - 22
4-2-1 Desagüe industrial .....	V - 22
4-2-2 Medidas ambientales .....	V - 23
4-2-3 Desagüe doméstico .....	V - 23
4-2-4 Descarga de las fuentes no puntuales .....	V - 23

## CAPITULO V FUENTES DE SUMINISTRO DE SEDIMENTOS Y EL MECANISMO DE DESCARGA Y EFLUJO

5-1 Fuentes de Suministro de Sedimentos .....	V - 24
5-2 Mecanismos de Producción y Eflujo de Sedimentos .....	V - 26
5-3 Calidad y la Cantidad de los Sedimentos Suministrados al Lago .....	V - 27
5-4 Datos de Referencia sobre la Cantidad de Sedimentos Descargados .....	V - 29

## CAPITULO VI TAREAS FUTURAS

6-1 Confiabilidad de las cifras estimadas .....	V - 33
6-2 Generación de los materiales contaminantes .....	V - 33

## LISTA DE TABLAS

		<u>Pag.</u>
Tabla S5.1.1	Classification of Pollution Sources .....	V - 35
Tabla S5.2.1	Quality of Ground Water in Basin .....	V - 35
Tabla S5.2.2	Record of Water Use (October 1987) .....	V - 35
Tabla S5.2.3	Produced Load Unit of Domestic Source .....	V - 36
Tabla S5.2.3'	Load Generation & Discharged Load by Hotels & Clubs .....	V - 36
Tabla S5.2.4	Slaughtering Services in the Basin .....	V - 37
Tabla S5.2.5	Surface Discharge Load (25th Jan. 1989) .....	V - 37
Tabla S5.2.6	Surface Discharge Load in Dry Weather (July 1988) .....	V - 37
Tabla S5.5.1	Rivers of the World and Their Annual Sediment Load Over 10 <sup>8</sup> ton/year .....	V - 38
Tabla S5.5.2	Annual Sediment Load from the Continents .....	V - 38
Tabla S5.5.3	Effects of Gradient on Soil Loss by Bennet .....	V - 39
Tabla S5.5.4	Effects of Slope Length on Soil Loss by Bennet .....	V - 39
Tabla S5.5.5	Effects of Cultivation Method on Soil Loss by Cherkasov .....	V - 40
Tabla S5.5.6	Amount of Outwashing of Red Soil after Rainfall per Unit Area .....	V - 40

## LISTA DE FIGURAS

	<u>pag.</u>
Fig. S5.1.1 (a) Inflow Process of Pollution Load .....	V - 42
Fig. S5.1.1 (b) Inflow Model of Pollution Load .....	V - 42
Fig. S5.1.2 Location of Main Point Pollution Sources .....	V - 43
Fig. S5.2.1 Variation of Purified Water Consumption from Operational Data by CORPOSANA in SAN BER .....	V - 44
Fig. S5.2.2 Seasonal Variation of Purified Water Consumption from Operation Data by CORPOSANA in SAN BER .....	V - 45
Fig. S5.2.3 Location of Survey Points .....	V - 46
Fig. S5.3.1 Generated Loading of Point-Pollution-Sources .....	V - 47
Fig. S5.3.2 COD Inflow Load in Normal Time .....	V - 48
Fig. S5.3.3 SS Inflow Load in Normal Time .....	V - 49
Fig. S5.3.4 TP Inflow Load in Normal Time .....	V - 50
Fig. S5.3.5 TN Inflow Load in Normal Time .....	V - 51
Fig. S5.3.6 Hyetograph & Hydraph at The Survey Point of Inflow River in Flood Time .....	V - 52
Fig. S5.3.7 Inflow Load in Flood Time (1) .....	V - 53

Fig. S5.3.8	Inflow Load in Flood Time (2) .....	V - 54
Fig. S5.3.9	Inflow Load in Flood Time (3) .....	V - 55
Fig. S5.3.10	Inflow Load in Flood Time (4) .....	V - 56
Fig. S5.5.1	Map on Surface Erosionj Distribution .....	V - 57
Fig. S5.5.2	Accelerating Soil Erosion by Loss of Vegetation Cover .....	V - 57
Fig. S5.A.1	Rainfall Runoff According to Types of Land Use .....	V - 58



## CAPITULO I

### ESQUEMA GENERAL DEL ESTUDIO

#### 1-1 Esquema General

En el presente Informe se han recopilado los resultados del estudio sobre la descarga de los contaminantes de diversas fuentes en la actualidad, y de las investigaciones sobre la entrada de los contaminantes de la cuenca al lago, conjuntamente con sugerencias acerca de la futura tendencia del control de descarga.

#### 1-2 Linenamiento del Estudio

##### (1) Objetivos

Los siguientes tres componentes constituyen los principales problemas de contaminación en el lago Ypacarai y su cuenca, y el estudio fué realizado concentrándose en estos tres factores:

- a. Turbiedad
- b. Contaminación orgánica
- c. Eutroficación

##### (2) Rol del Estudio de las Fuentes de Contaminación

Con respecto a la contaminación del lago, el estudio acerca de sus fuentes consta de los siguientes dos aspectos:

- a. Estudio para aclarar el mecanismo de contaminación

Para aclarar el mecanismo de contaminación es importante, antes que nada, comprender el mecanismo de la entrada de los contaminantes provenientes de la cuenca.

- b. Recopilación de los datos básicos para determinar las medidas para la reducción de contaminación

Las medidas de reducción de contaminación se dividen, desde el punto de vista de los lugares donde las medidas serán aplicadas, en aquellas que se realizan en la cuenca, en los afluentes y en el mismo lago.

El objetivo del presente estudio es proveer los datos básicos para determinar las medidas a ser implementadas en la cuenca.

### (3) Definición de las Fuentes de Contaminación

Las fuentes de contaminación que inmediatamente vienen a la mente son las fuentes puntuales de carácter doméstico e industrial.

Sin embargo, en los recientes estudios también se toma en consideración la entrada de la carga de contaminantes provenientes de las fuentes no puntuales, tales como las zonas de pastoreo y tierras cultivadas, para la implementación de las medidas de conservación de la calidad de agua.

Al mismo tiempo, para obtener las medidas exactas de la entrada de la carga de contaminación en el lago, es importante investigar el eflujo de contaminantes en tiempos de lluvia, puesto que una cantidad considerable de contaminantes se queda dentro de la cuenca y en el cauce de los ríos en el proceso de eflujo durante el tiempo no-lluvioso, descargándose de golpe en tiempo de lluvias.

En la Figura S5.1.1 se muestran esquemáticamente estos factores.

### 1-3 Métodos de Estudio

Normalmente, se utilizan, además de los resultados del estudio en terreno, los datos estadísticos sobre la cantidad de consumo de agua, la carga unitaria de contaminantes y estadísticas sobre la industria, para comprender la situación de la descarga de los contaminantes desde sus fuentes.

Son escasos los datos descritos disponibles en Paraguay, por lo que el equipo de investigación obtuvo los datos necesarios a través de numerosas visitas a las comunidades y lugares concernientes.

Tras estos esfuerzos, el equipo ha logrado obtener suficiente conocimiento acerca de las fuentes principales de contaminación de carácter industrial y turístico de la cuenca.

Con respecto al efluente doméstico, estimaciones de la carga contaminante unitaria y la carga generada fueron realizadas en base a la examinación cuidadosa de la forma de vida del pueblo paraguayo. Los datos registrados en SENASA y CORPOSANA en la realización de los servicios de

acueducto fueron utilizados como referencia en la estimación de la cantidad de consumo de agua.

Asimismo, los estudios sobre las principales fuentes de contaminación industrial y los efluentes se basan en los resultados obtenidos a través de las mediciones en el campo.

#### 1-4 Clasificación y Distribución de las Fuentes de Contaminación

Las fuentes de contaminación, por su conveniencia, se clasifican como se indican en la Tabla S5.1.1.

Las fuentes domésticas de contaminación consisten en los efluentes domésticos descargados de las viviendas (incluyendo el desagüe de los talleres y oficinas donde la gente trabaja durante el día).

Las fuentes turísticas de la cuenca están constituidas por los hoteles y clubes recreacionales, la mayoría de los cuales se concentran en San Bernardino.

Las fuentes sociales consisten en plantas públicas de tratamiento de aguas negras y un hospital grande con facilidades para pacientes internos. Estos se incluyen, generalmente, dentro de las fuentes domésticas; sin embargo, en el presente Estudio se ha incluido en esta categoría.

La mayoría de las fuentes industriales constituyen las fábricas de transformación de productos agrícolas, como aceiteras, matadero, fábricas de jabón, alcohol, salchicha, cuero curtido, jugo de frutas, café e industria lechera.

Las fuentes no puntuales se dividen en cinco categorías según las características del uso de tierras. Ellas son zonas de pastoreo, cultivadas, forestales, urbanas y otras (charcos, tierras erosionadas, etc.).

Las zonas de pastoreo y de cultivo ocupan la mayor proporción dentro de las fuentes no puntuales.

La Figura S5.1.2 indica la distribución de las fuentes puntuales que no tienen carácter doméstico.

## CAPITULO II

### DESCARGA DE CONTAMINANTES EN LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN

#### 2-1 Uso de Agua en la Cuenca

##### (1) El uso de agua del lago

Actualmente no se utiliza el agua del lago directamente, excepto en San Bernardino donde se usa para el agua potable debido a que en esta zona las aguas subterráneas son de baja calidad. En esta zona urbana, se somete a la purificación el agua extraída del lago con el fin de usarla como agua potable. El número de los usuarios (domésticos y comerciales) del sistema de abastecimiento de agua ha aumentado de 751 usuarios en el año 1983, a 1.095 usuarios en 1987 (Véase la Figura S5.2.1). Según los datos registrados en 1987, como es de suponer, el abastecimiento de agua incrementa en verano y se reduce en invierno. El período pico fue en febrero cuando el agua abastecida alcanzó a un total de  $60.442\text{m}^3$  y el mes más bajo fue julio con  $17.471\text{m}^3$ . Estas cifras fueron leídas de los hidrómetros de cada vivienda y oficina, las cuales en realidad son valores correspondientes a los meses anteriores (Véase la Figura S5.2.2).

A continuación se indica el esquema del flujo de trabajo en las instalaciones de tratamiento de agua de CORPOSANA.

1. Coagulante, Reactivo para Control de pH
2. Agua lacustre
3. Coagulación
4. Filtración
5. Cloración
6. Tanque de distribución de agua
7. Abastecimiento de agua
8. Lodo

## 9. Retorno al lago

No existe poza de sedimentación debido a la falta de terreno.

La capacidad máxima de tratamiento es de 270m<sup>3</sup>/h.

Normalmente, el control de calidad de agua se rige por cuatro parámetros: pH, turbiedad, color y cloro residual.

Desde el punto de vista de la prevención de contaminación del lago, se debe corregir la descarga directa de lodos al lago.

Una posibilidad es la creación de la estación de tratamiento de lodos fuera de la cuenca, a donde se transporten los lodos por camiones aspiradores u otros vehículos similares y someterlos a algún tipo de tratamiento.

### (2) Uso de Agua dentro de la Cuenca

Las zonas urbanas de la cuenca, excepto San Bernardino, utilizan el agua freática para el consumo doméstico. En el centro de las ciudades han sido instalados por SENASA y CORPOSANA sistemas sencillos de abastecimiento de agua usando las aguas freáticas; sin embargo, en las casas de los suburbios, generalmente se excavan pozos privados.

Asimismo, para el uso industrial, tales como en las fábricas de aceite vegetal, se hace amplio uso de aguas freáticas, y donde el agua de pozos no es suficiente para uso industrial, como en caso de CAPSA, se usa conjuntamente el agua superficial.

La calidad de agua es generalmente buena, Tabla S5.2.1, salvo en caso de las áreas como San Bernardino y una parte de Ypacarai, donde el agua es dura o salina. (No obstante, hay casos en que el agua de los pozos privados se encuentra contaminada debido al desagüe doméstico).

### (3) Consumo Doméstico

Se estima que el consumo diario de agua desde el sistema de abastecimiento de agua de SENASA en Aregua, es de 130 litros por persona.

El consumo de agua varía según las condiciones topográficas que determinan la disponibilidad de agua y el grado de difusión de artefactos

sanitarios. Normalmente, en las zonas urbanas (excepto San Bernardino) el consumo diario por persona alcanza de 130 a 150 litros y, se estima que en los suburbios la cifra es ligeramente más baja que ésta (Tabla S5.2.2).

## 2-2 Descarga de Contaminantes de las Fuentes Domésticas

En la mayoría de las viviendas del área, excepto San Bernardino y parte de San Lorenzo, la evacuación de los efluentes domésticos se realiza mediante infiltración en los pozos excavados a mano, de una dimensión aproximada de 1m x 1m x 1.5m. (Las proporciones de los efluentes domésticos descargados directamente a canales de agua e infiltrados varían según la localización de las viviendas).

Hasta ahora no se ha realizado en Paraguay, un estudio acerca de la carga unitaria de contaminantes provenientes de las fuentes domésticas.

Es necesario determinar el promedio de la carga unitaria de contaminación por persona y por día, con el fin de estimar la carga total de contaminantes generada en las fuentes domésticas. Es conveniente que este proceso se lleve a cabo en numerosos puntos de estudio; sin embargo, para ello se requiere muchísimo tiempo y energía.

Por tal motivo, se realizaron estimaciones en base a los valores generales que se utilizan en Japón, considerando la diferencia de formas de vida entre Paraguay y Japón. Como existe poca diferencia en la dieta, es decir, en el consumo de nutrientes como almidón, grasa y proteínas, se adoptaron los mismos valores para las evacuaciones humanas. En cuanto a las aguas negras, se adoptaron valores menores considerando que el consumo de agua por persona es inferior que en Japón y que se utilizan pocos detergentes con contenido de fósforo.

Se utilizaron, por lo tanto, para los cálculos en el presente estudio, los valores indicados en la Tabla S5.2.3. (CORPOSANA utiliza el valor de 50 g/día/persona como carga de BOD para el diseño de sus instalaciones).

## 2-3 Descarga de Contaminantes de la Industria Turística

Se concentran las instalaciones turísticas en San Bernardino, donde actualmente existen cinco clubes recreacionales y cuatro hoteles. (Existe

otro hotel, el Hotel CONDOVAC, en construcción y otro club al lado opuesto en Ypacarai).

En la Tabla S5.2.3' se resumen las operaciones de estos clubes y hoteles. Como la mayoría de estas instalaciones se establecen frente al lago pudiendo entrar directamente sus efluentes contaminados al lago, el impacto de estas fuentes de contaminación es grande.

Cada una de estas instalaciones tiene reservorios y tanques sépticos; sin embargo, el mantenimiento de estos tanques es insuficiente y no siempre funciona con efectividad.

Según los resultados del estudio de campo, es posible que muchas veces los efluentes son descargados al lago sin ningún tratamiento.

Mientras que la mayoría de los usuarios de los hoteles utilizan las instalaciones de día y noche, normalmente los clubes son utilizados sólo de día. Se estima que la contaminación generada por los usuarios diurnos es aproximadamente una tercera parte de los usuarios hospedados.

#### 2-4 Descarga de contaminantes de las instalaciones públicas

Las instalaciones públicas aquí referidas constituyen el hospital y la planta de tratamiento de aguas negras.

El Hospital del Quemado (estatal) situado sobre la ruta entre Capiatá y Areguá fue fundado en 1986. El personal incluye 80 doctores, 120 enfermeras y 150 oficinistas. El 70% de las 200 camas están normalmente ocupadas y además sirve a cientos de pacientes no internados que acuden al hospital en autobús.

El consumo diario de agua es de  $40\text{m}^3$ , y el desagüe es tratado pasando por tres tanques sépticos y finalmente infiltrado en la grava.

Actualmente hay otro hospital estatal en construcción dentro de la cuenca, situado cerca del límite entre Itá e Itauguá.

Existe sólo una planta de tratamiento de aguas negras dentro de la cuenca, en San Lorenzo, donde el tratamiento se lleva a cabo mediante proceso de laguna. Las operaciones fueron suspendidas por unos dos años

entre 1986 y 1988, pero posteriormente fue reparada y mejorada se puso nuevamente en operación en diciembre de 1988.

La instalación consiste en tres tanques en serie. Las dimensiones del estanque de la primera etapa es de 101m (largo) x 80m (ancho) y 2m (profundidad) y de los estanques de las etapas segunda y tercera son de 83m (largo) x 77m (ancho) x 1m (profundidad). La primera etapa es anaeróbica mientras que las etapas segunda y tercera son aeróbicas. El promedio del período de retención se estima que es de 15 días.

El flujo, según las mediciones realizadas en julio de 1988, es aproximadamente de 1.900m<sup>3</sup> al día, lo que equivale, al considerar la situación actual de consumo de agua en los alrededores de San Lorenzo, a la descarga de aproximadamente 15.000 personas.

Por cuanto la planta acaba de ponerse en marcha, es difícil evaluar su capacidad de tratamiento. No obstante, CORPOSANA planea operar a un nivel en que se pueda eliminar un 80% de BOD.

## 2-5 Descarga de Contaminantes de las Fuentes Industriales

El Apéndice A presenta la lista estadística de las fábricas y talleres ubicados dentro de la cuenca. Como se puede observar en la lista, las industrias que causan problemas de abastecimiento y descarga de agua se relacionan con la transformación de los productos agropecuarios, tales aceiteras, mataderos, fábricas de jabón, cuero curtido, alcohol, salchichas, jugo de frutas, café e industria lechera.

A continuación se expondrá la situación actual de las fuentes industriales de contaminación.

### (1) Aceitera y producción de jabón

Existen cuatro plantas aceiteras y dos fábricas de jabón dentro de la cuenca. De ellas, CAPSA es la fábrica más grande en Paraguay y Aceitera Itaugua es la segunda.

Aquí se expondrá detalladamente sobre la extracción de aceite, por cuanto su impacto como fuente de contaminación es grave.

La operación de CAPSA se puso en marcha en 1951. En un principio sus operaciones se limitaban a algodón, expandiendo sus instaraciones de



acuerdo al desarrollo de la agricultura, hasta que actualmente CAPSA tiene depósitos en todo el país, así como fábricas en otros cuatro lugares.

Los artículos que maneja CAPSA incluyen algodón, aceite vegetal, pellets, alimentos de animales, aceite (refinación y empaquetado), margarina, jabón y detergentes.

De los dos métodos de extracción de aceite, predomina el de la extracción por solvente usando hexano que supera al de la presión en una proporción de 3:1. La cantidad de materias primas transformadas en un día es de entre 1.500 y 2.000 toneladas, de las cuales se extrae de 165 a 200 toneladas de aceite, o el 10% del peso original. El resto se utiliza para fabricar pellets utilizados como alimentos para animales. La producción de pellets alcanza a 200 toneladas al día.

La producción de aceite comestible, margarina, jabón y detergentes se dedica básicamente al mercado doméstico, mientras que los pellets, aceites industriales y algodón son para exportación.

El número de personal permanente es de 900 a 1.000, el cual incrementa a 1.400 en el período pico; y el número de aquellos que están involucrados en los servicios concernientes a las ventas al por mayor y al por menor es de 2.000.

Aceitera Itaugua inició su operación en 1955 con 10 trabajadores, y fué creciendo gradualmente. Las materias primas y los productos que manejan son semejantes a los de CAPSA: se producen aceite, productos de algodón, y pellets usando como materias primas el coco, soja y algodón.

La producción anual alcanza a 15 millones de dólares (90% correspondiente a la exportación) y 1.200 millones de guaraníes (10% correspondiente al consumo doméstico).

El personal es de 400 empleados permanentes y 800 temporales. La capacidad de producción de aceite es de 350 toneladas al día, y según nuestra impresión, grandes inversiones fueron realizadas en equipos en los últimos años y las instalaciones son más modernas que las que tiene CAPSA.

\* Tratamiento de agua de CAPSA

CAPSA instaló una planta de tratamiento de aguas residuales en 1979, con la ayuda de especialistas brasileños. La planta, construida a un costo de US\$200.000, está diseñada para tratar aguas residuales de alta concentración.

La capacidad de tratamiento es de  $5\text{m}^3$  por hora y su procedimiento es el siguiente:

Se agrega el ácido sulfúrico para acidificar los efluentes y para separar y eliminar el aceite. Después se le agrega cal viva para neutralizar el agua, y el sulfato de aluminio a fin de coagular las partículas para su sedimentación. Se descarga, entonces, el flujo superior transparente mientras que se seca el lodo sedimentado para reducir el peso y estabilizar.

Según el plan, la concentración de BOD se reducía de 9.000 ppm del agua entrada, a 1.000 ppm en la descargada.

Según los ingenieros de la fábrica, dicha planta estaba funcionando hasta febrero de 1988. (La operación fue suspendida debido a desperfectos de la bomba de conducción del líquido).

Sería conveniente saber qué porcentaje del total de la descarga de COD en CAPSA ha sido tratada en esta planta. Bajo operación continua, la capacidad de tratamiento es de  $5\text{m}^3$  por hora, lo que equivale a  $120\text{m}^3$  al día. Si la concentración de COD de la carga influente fuera 18.000 ppm, es decir, dos veces mayor que la concentración de BOD, la carga de entrada a la planta sería de 2.160 kg al día. Por cuanto la descarga total en CAPSA es de 4.750kg al día (datos de julio de 1988), se estima que aproximadamente la mitad del total es tratada.

Por lo tanto, si la planta funciona convenientemente, con una tasa de eliminación de COD de 60%, la carga de COD se reduciría un 30% con respecto al nivel actual.

El 70% del agua que se utiliza en CAPSA se extrae del río cercano y el 30% de los pozos. El agua es utilizada principalmente para la extracción de aceite y el lavado.

En la extracción del aceite, la mayoría de las materias primas se convierten en productos o subproductos sin dejar casi ningún material desperdiciado, por lo que el incremento del rendimiento es la mejor forma de

reducir la carga de contaminantes. La reducción de la contaminación dependerá del establecimiento de regulaciones sobre descarga de aguas residuales y de los esfuerzos de las fábricas en el mejoramiento tecnológico para lograr la racionalización e incremento de productividad.

En la producción de jabón mediante saponificación y desplazamiento salino de grasa y aceites, se producen líquidos residuales de mayor concentración en el proceso de desplazamiento salino; pero la cantidad producida es relativamente pequeña.

## (2) Mataderos

Mataderos de ganado vacuno son facilidades semipúblicas en Paraguay, y se halla instalado uno en cada ciudad grande de la cuenca.

La Tabla S5.2.4 indica el esquema general de los servicios de mataderos.

El agua se utiliza principalmente para el lavado en los procesos de separación de carne, piel e intestinos. Además del agua usada para el lavado, las materias residuales como la sangre y los contenidos de estómagos actualmente se eliminan sin ningún tratamiento, habiendo necesidad de mejorar la situación. La sangre y los contenidos de los estómagos pueden ser recolectados en forma líquida o sólida para transformarlos en fertilizantes o alimentos para animales como lo hacen en otros países.

## (3) Curtidurías

Hay grandes fábricas de curtiembres en San Lorenzo e Ypacarai (una en cada ciudad) y 16 fábricas pequeñas en Itaugua con 3 a 7 empleados.

La más grande de las 16 curtidurías en Itaugua fue inspeccionada. Todo el procesamiento de cuero en Itaugua se lleva a cabo mediante el uso de tanino. Los principales productos del cuero curtido con tanino son bolsas, mientras que el cuero transformado por cromo es utilizado para la fabricación de botas y zapatos.

En la fábrica inspeccionada, se curten las pieles de un promedio de 60 cabezas a la semana, mientras que en la curtiduría más pequeña se curten las pieles de unos 20 vacunos.

Después de mojar la piel en cal viva para depilar, se separan la dermis y el endotelio. Como los talleres pequeños no tienen equipos para realizar esta separación, el proceso se lleva a cabo en el Laboratorio del INTN. De las dos partes, la dermis es utilizada para fabricar productos de alta calidad. Después de la separación, la piel es mojada en ácido, espolvoreada con sal y curtida con tanino.

El agua residual se descarga al Arroyo Yuquyry-mi vía pozas de sedimentación. El abastecimiento de agua proviene de manantiales y el consumo actual de agua se estima en 2 a 3m<sup>3</sup> al día.

En Ypacarai, se curten las pieles de unas 200 cabras por semana. El agua se extrae de los ríos y se estima que el consumo diario es de 20m<sup>3</sup>. El agua es descargada después de neutralizarse en una laguna. Sin embargo, actualmente los habitantes locales están protestando debido al fuerte olor despedido durante el proceso de deshidratación de los lodos.

Como existe una fábrica de alcohol aguas abajo, se conduce el agua a través de un acueducto a aguas abajo de dicha fábrica para descargarla.

Por cuanto la mayoría de las curtidurías de la cuenca constituye negocios familiares de pequeña escala, es difícil esperar un tratamiento más sofisticado de agua residual que una simple neutralización y proceso en laguna. Con la estabilización de la operación, se puede esperar organizar las labores de estas curtidurías en forma de Cooperativa, u otra organización similar, pero por el momento las curtidurías están realizando sus operaciones en forma separada.

#### (4) Producción de alcohol

Las fábricas de alcohol se ubican en numerosas ciudades como Paraguari, Ypacarai, Itaugua y Capiata.

Durante el proceso de la producción de alcohol, el líquido extraído de la caña de azúcar es fermentado y destilado. Las operaciones de estas fábricas se limitan a los meses de julio a septiembre que es el tiempo de cosecha, conforme al lineamiento del gobierno.

Las fábricas de alcohol no causan mayores problemas en tratamiento de agua, ya que su operación es estacional y el proceso de tratamiento es

relativamente simple, la materia residual en el agua descargada consiste principalmente en almidón que se descompone rápidamente.

El mejor método de tratamiento podría ser la estabilización de agua residual en lagunas, retornando el agua junto con los lodos a las tierras de cultivo.

#### (5) Producción de salchichas

Hay una fábrica grande de salchichas en San Lorenzo y otra más pequeña en Ypacarai. Se matan puercos dentro de las fábricas puesto que su carne constituye el principal componente de salchichas. (La carne de vacas y de caballos viene congelada).

La calidad de agua descargada es similar a la de mataderos.

Un promedio de 5 puercos se matan al día en la fábrica de Ypacarai, y se estima un número mucho mayor para la fábrica Novex OCHSI S.A. en San Lorenzo.

#### (6) Industria lechera

La finca lechera más grande de la cuenca se sitúa en Santa Inés en San Bernardino, donde trabajan 22 personas en la cría de 400 vacas adultas y 100 vaquillas. La finca fue fundada hace siete años, y expandió su escala hace dos a tres años. Como alimentos de los ganados se utilizan en un día 14 toneladas de pasto, una tonelada de orujo, y 1.5 toneladas de otras materias como residuos de cerveza y alimentos concentrados.

Los materiales residuales generados en la finca consisten principalmente en las evacuaciones de los ganados, las cuales son retornadas al pastizal después de ser mezcladas con agua. El volúmen de agua usada es de 20 a 25 m<sup>3</sup> al día.

Considerando la finca como una fuente de contaminación, el efluente es menor en tiempo no lluvioso. Pero una gran concentración de COD y nitrógeno se descargan en tiempos de lluvias.

El agua de la finca se descarga en los arroyos de la Costa Este.

## 2-6 Descarga de Contaminantes de las Fuentes No Puntuales

La efluencia de contaminantes de las fuentes no puntuales varía de acuerdo a las diferencias en uso de tierras (Fig. S5.2.3).

Las clasificaciones siguientes fueron hechas tomando en consideración el uso de tierras en la cuenca alrededor del lago Ypacarai.

La Tabla S5.2.5 presenta la lista de las clases de uso de tierras. (Para más detalles, véase el Informe Suplementario sobre el Uso de Tierras).

### ① Tierras de pastoreo

Las principales fuentes de contaminación son los excrementos de los ganados, la mayoría de los cuales se somete a recirculación dentro de la cuenca (mediante sedimentación, descomposición, dispersión en la atmósfera y reutilización por plantas). Una proporción menor, sin embargo, es descargada y, a pesar de que la proporción es pequeña, el impacto es grande puesto que la cantidad absoluta es grande.

### ② Tierras cultivadas

Los principales productos cultivados dentro de la cuenca son mandioca, algodón, bananos, caña de, azúcar y frijol. Se supone que hay un eflujo de los fertilizantes (principalmente de nitrógeno y fósforo). Sin embargo, existen ciertos productos para los que no se hace uso de fertilizantes, como en caso del cultivo de mandioca, y el volumen de fertilizantes utilizados en el cultivo de otros productos es relativamente pequeño.

### ③ Zonas forestales

Las zonas forestales son reducidas en la cuenca del Lago Ypacarai. Por cuanto el efecto de retención de agua en las áreas forestales es alto y la superficie del suelo es estable, el eflujo de los contaminantes es mínimo.

### ④ Areas urbanas y caminos

Por cuanto la proporción de los caminos alfaltados es baja en Paraguay, y son afectados frecuentemente por las inundaciones, hay un eflujo

considerable de carga de contaminación de las áreas urbanas en tiempo de lluvias.

⑤ Otros

Se sabe generalmente que el agua de lluvias contiene nitrógeno. Se extrajeron muestras en San Lorenzo para someterlas al análisis y se obtuvieron valores de 0,36mg/lit. de  $\text{NH}_4\text{-N}$  y 0,01mg/lit de T-P.

Por cuanto la carga de contaminantes provenientes de los excrementos de los ganados y de los fertilizantes (en el presente estudio, "carga potencial") no siempre corresponden a la carga de eflujo en las fuentes no puntuales, se realizaron mediciones en la cuenca.

La Tabla S5.2.6 indica los resultados de las mediciones realizadas en tiempo de lluvias ligeras. Se puede observar que la proporción de la carga de contaminantes ( $\text{kg/d/km}^2$ ) es menor en todas las áreas forestales. Los valores de SS, TN y TP son iguales en las áreas de pastoreo y tierras de cultivo, siendo la carga de eflujo de COD mayor en las áreas de pastoreo.

## CAPITULO III

### EFLUJO DE LOS CONTAMINANTES DE LA CUENCA

#### 3-1 Carga de contaminantes generados en la cuenca

##### 3-1-1 Fórmulas

El volúmen de la carga de contaminantes generados en la cuenca se calcula utilizando las siguientes fórmulas:

##### (1) Fuentes domésticas

Carga de contaminante generado en la cuenca (g/día) = Carga unitaria de contaminante generado (g/día/persona) x población

La Figura S5.3.1 indica la carga unitaria de contaminante generado en la cuenca.

##### (2) Instalaciones turísticas

Para las instalaciones turísticas, se utiliza la misma fórmula que las fuentes domésticas, sustituyendo la población por el número de huéspedes y estimando la tercera parte de las personas hospedadas para los usuarios diurnos.

##### (3) Instalaciones públicas

Las estimaciones se realizan en forma separada para cada instalación.

##### (4) Fuentes industriales

Se hicieron estimaciones para las principales fuentes en base al estudio de campo, y para fuentes menores en base a dichos resultados.

##### (5) Fuentes no puntuales

Debido a las discrepancias entre cargas de generación potenciales y las cargas de efluentes actuales, se efectuaron las estimaciones en base a los estudios de campo.



### 3-1-2 Resultados de la estimación

Se muestran en la Fig. S5.3.1 los resultados de la estimación.

### 3-1-3 Detalles de la carga de contaminante generada en las fuentes puntuales

#### (1) Proporciones según cuencas

La cuenca del río Yuquyry recibe una gran proporción de carga generada, donde el consumo de agua alcanza 79%, la carga de COD a 84%, la carga de nitrógeno a 79% y la carga de fósforo a 81%.

#### (2) Proporciones según fuentes

	Consumo de agua	COD	N	P
F. Doméstica	77%	52%	78%	65
F. Turística	0,4%	0,2%	0,3%	0,6%
F. Pública	6%	4%	6%	5%
F. Industrial	(17%)	44%	15%	30%
Total	33.845 (m <sup>3</sup> /d)	26.100% (kg/d)	2.710 (kg/d)	(284 kg/d)

Entre las industrias, las fábricas de extracción de aceite son responsables por el 85% de la concentración del COD, 64% de nitrógeno y el 69% de la carga de fósforo. Después vienen los mataderos que producen el 8%, 18% y 14% de COD, nitrógeno y carga de fósforo, respectivamente.

### 3-2 Eflujo de Contaminantes a Niveles Normales de Aguas

Se realizaron estudios de calidad de agua en afluentes de los ríos Pirayu y Yuquyry y en los arroyos de las Costas Este y Oeste para averiguar el eflujo de contaminantes cuando los niveles de agua son normales.

#### (1) Río Pirayu

Pese a que existen pequeños mataderos, curtidurlas, fábricas de alcohol, de almidón, y de salchichas en la cuenca del río Pinayu, sus escalas son pequeñas o sus operaciones son estacionales. La mayoría de la carga de

contaminante se deriva de las fuentes no puntuales aún a niveles normales de aguas.

En la Figura S5.3.2~S5.3.5 se puede observar que las cargas de cada parámetro de contaminación son equilibradas aguas abajo, y no hay zonas donde el impacto de contaminación es grande.

## (2) Río Yuquyry

La cuenca del río Yuquyry se caracteriza por la existencia de grandes fuentes puntuales y grandes centros urbanos como San Lorenzo.

De 30% a 90% de la carga de eflujo proveniente de las fuentes puntuales se acumula en el cauce o en otros canales de agua, pese a que estos valores varían según los parámetros de calidad de agua dependiente de las condiciones de eflujo. La COD muestra particular tendencia a la descomposición. Una parte de ella continúa descomponiéndose, mientras que el resto es descargado en tiempos de inundación.

## (3) Eflujo de Contaminantes de las Cuencas de las Costas Este y Oeste

(14/Julio/1988)

Parámetros	Cuenca	Costa Este	Costa Oeste
Area de la cuenca (km <sup>2</sup> )		75,2	60,2
Total de área decaptación de las fuentes puntuales (km <sup>2</sup> )		26	29
Flujo de las aguas estudiadas (m <sup>3</sup> /s)		0,13	0,12
Caudal específico (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )		0,0050	0,0041
SS (mg/lit)		2,5-25	5-27 (113)
COD (Cr) (mg/lit)		15-78	14-83
TN (mg/lit)		0,4-2,5	0,8-1,1 (10)
TP (mg/lit)		0,05-0,14	0,02-0,32(7)

Observación: Los valores dentro de los paréntesis para Costa Oeste son valores correspondientes a los canales de agua abajo de LINSÁ (fábrica de aceite)

La Tabla anterior muestra los resultados de los estudios acerca de la calidad de agua en las áreas de captación de Costas Este y Oeste, las cuales constituyen una cuarta parte del área total de la cuenca del lago Ypacarai. Con la excepción de los valores observados aguas abajo de la fábrica de aceite en Ypacarai, la calidad en agua a niveles normales de aguas es relativamente buena. (Los hoteles y clubes recreacionales que se encuentran a la orilla de lago, sin embargo, no están incluidas en las áreas de captación de los puntos de investigación).

#### (4) Eflujo de las fuentes domésticas en tiempos no lluviosos

Con excepción de ciertas áreas donde se instalaron los sistemas de alcantarillado sanitario, una gran proporción de desagüe doméstico queda almacenado dentro de la cuenca.

La investigación fue llevada a cabo con el fin de determinar la proporción del eflujo en un canal cercano a Areguá, donde se estima que el 100% del agua proviene de descarga doméstica.

La proporción de eflujo fue calculada usando la siguiente fórmula:

$$K_i = \frac{(C_1 - C_0) \cdot Q \cdot 86400}{L_p \cdot P} \cdot 100$$

Donde,  $K_i$  = Proporción de eflujo en tiempo no lluvioso (%)  
 $C_1$  = Calidad de agua del canal (mg/lit)  
 $C_0$  = Calidad de agua de los pozos (mg/lit)  
 $Q$  = Flujo del canal (m<sup>3</sup>/s)  
 $L_p$  = Carga unitaria de contaminantes (g/día/persona)  
 $P$  = Población del área de captación (número de personas)

Los resultados fueron los siguientes:

COD : 12,7%

TN : 2,1%

TP : 2,9%

Se observa que la proporción de eflujo de COD es bastante alta, mientras que el flujo de TN y TP es muy bajo a niveles normales de aguas.

### 3-3 Eflujo de Contaminantes en las Inundaciones

En las Figuras S5.3.6 al S5.3.10 se indica el flujo de los contaminantes en las inundaciones calculado en base a los resultados de las tres investigaciones realizadas acerca de las inundaciones.

En primer lugar, en cuanto al flujo de agua del río Yuquyry, el tiempo pico de llegada es relativamente rápido (aproximadamente de 12 a 24 horas), mientras que en el río Pirayu es lento (de 36 a 60 horas).

La velocidad de flujo en las inundaciones es lenta en ambas cuencas (máximo 0,7m/s), y no varía comparado con la velocidad en tiempos normales. El incremento del caudal depende, principalmente, del incremento del nivel de agua. La calidad de agua en las inundaciones no varía o empeora muy poco comparando con la de los tiempos ordinarios, salvo el valor de SS. Debido a que el tiempo de llegada es lento, no se presenta claramente el fenómeno denominado "first flush" (donde fluye el agua notablemente contaminada cuando incrementa el caudal en la primera etapa de la inundación), muy frecuente en los ríos del Japón.

## CAPITULO IV

### CONTROL DE DESCARGA EN LAS FUENTES DE CONTAMINACIÓN

#### 4-1 Control de Descarga en la Prevención de Contaminación del lago Ypacarai

De las tres áreas donde se implementarán las medidas de prevención, es decir, la cuenca, afluentes y el lago mismo, en este capítulo se expondrán sobre las medidas que se implementarán en la cuenca.

Como una parte integral de las medidas de purificación de las aguas del lago, el mayor objetivo de las medidas a ser implementadas en la cuenca constituye la reducción de la carga de contaminación influente.

Para tal objetivo, se deben considerar los siguientes componentes dentro de las medidas:

Item	Contenido
- Regulación de uso de tierras	Regular el abuso y desarrollo no planificado de las tierras teniendo en cuenta la prevención de contaminación
- Cambio de cauce	Descargar fuera de la cuenca el flujo de las más graves fuentes de contaminación
- Racionalización de uso de agua	-
- Regulación de descarga	Medidas para desagüe industrial; racionalización de producción, y tratamiento de efluentes
- Tratamiento de desagüe	Para desagüe doméstico e industrial
- Reducción de la carga de contaminante de las áreas de pastoreo	Prevención de erosión
- Reducción de la carga de contaminante de las tierras cultivadas	Prevención de erosión
- Reducción de la carga no especificada	Reducción de descarga de contaminante de las zonas urbanas; asfaltado de caminos

## 4-2 Plan de Control de Descarga

### 4-2-1 Desagüe industrial

#### (1) Fábricas de aceite

Los siguientes dos métodos serán la base de las medidas para control de contaminación por desagüe generado en las fábricas de aceite.

- a. Incremento de rendimiento en el proceso de refinación (racionalización del proceso de producción)
- b. Separación y recolección de aceite en el proceso de tratamiento de desagüe

#### (2) Fábricas de transformación de carne (Mataderos y fábricas de salchichas)

- a. Recolección y transformación de la sangre y los contenidos de estómagos, que actualmente se desechan, en alimentos de animales o fertilizantes.

Los laboratorios estatales deberían, por ejemplo, de llevar a cabo investigaciones de las técnicas de transformación de materiales de desechos en alimentos o abonos.

- b. Tratamiento de agua usada en lavado

El sistema provisional instalado para realizar pruebas de control de desagüe debería ser mejorado e instalado en muchos lugares. Se deben tomar medidas contra la generación de olores fuertes y para el incremento de proporción de eliminación.

#### (3) Curtidurías y fábricas de jabón

Se debe establecer la obligatoriedad del tratamiento por neutralización y sedimentación. No obstante, sería impráctico exigir un tratamiento de alto nivel debido a que la carga de descarga es relativamente pequeña y a que la mayoría de las fábricas son pequeños donde trabajan pocos empleados.

#### 4-2-2 Medidas ambientales

Es conveniente prever un sistema de recolección y reutilización de desagüe doméstico, puesto que éste contiene gran cantidad de nitrógeno y fósforo.

Bajo sistemas de tratamiento en forma separada, muchas veces el agua contaminada es decargada al lago sin ningún tratamiento. En el tratamiento que se practica normalmente al presente, se puede eliminar efectivamente BOD y COD, mientras que la proporción de eliminación del nitrógeno y fósforo se estima que es baja. Como lineamiento básico, es conveniente crear un sistema de recolección y transformación de los lodos en abonos por medio de plantas comunales de tratamiento para utilizarlos en las tierras cultivadas fuera de la cuenca.

#### 4-2-3 Desagüe doméstico

La contribución del desagüe doméstico a la contaminación es relativamente pequeña, puesto que la cantidad de agua usada en la vida diaria y la proporción del eflujo de carga de contaminante al lago son bajas.

Sin embargo, la difusión de artefactos sanitarios alteraría el volumen de eflujo. Es necesario someter el desagüe a tratamiento en cada vivienda o en instalaciones comunales si el uso de artefactos sanitarios se difundiera más.

#### 4-2-4 Descarga de las fuentes no puntuales

No hay medidas que puedan ser efectivas a corto plazo para reducir el eflujo de carga de contaminante de las fuentes no puntuales. Puesto que la erosión va acompañada del eflujo de una cantidad considerable de COD, nitrógeno y fósforo, así como SS, es necesario tomar medidas a largo plazo como el mejoramiento de tierras cultivadas y de pastoreo, caminos y reforestación.

## CAPITULO V

### FUENTES DE SUMINISTRO DE SEDIMENTOS Y EL MECANISMO DE DESCARGA Y EFLUJO

#### 5-1 Fuentes de suministro de sedimentos

El origen de los sólidos suspendidos inorgánicos, uno de los tipos de fuentes de contaminación en el lago Ypacarai, es estrato y suelo formados por la base y la superficie de la cuenca, a través de los procesos de desgaste, alteración y descomposición.

Principalmente en las inundaciones, este material es transportado y descargado en el lago, debido a los procesos de erosión superficial, lavado laminar, escurrimiento y otros. Como es natural, el proceso de eflujo de sedimentos avanza desde un nivel alto hacia abajo, la mayoría de las veces en tiempos de tormenta e inundación.

Como fuentes de sedimentos actuales para las áreas de baja elevación incluyendo el Lago, se pueden mencionar los siguientes ejemplos:

- (1) Las materias arenosas, principalmente granos de cuarzo, generados de rocas areniscas arcóscicas, son suministrados de la Cordillera de Los Altos situada a la margen derecha de la cuenca hacia la tierra baja del Arroyo Pirayú.
- (2) Estas materias arenosas son transportadas por los afluentes del Arroyo Pirayú o por el flujo de inundación y, descargadas al Lago a través del cauce principal del Pirayú.
- (3) Los granos de cuarzo derivados de la arenisca y las partículas finas de limo a arcilla y el hierro oxidado adherido a estas partículas, derivados de las piedras arcillosas, son suministrados de la Cordillera de Yaguarón, situada a la margen izquierda de la cuenca, hacia la tierra baja del Pirayú.
- (4) A la margen izquierda de la cuenca se extiende el depósito abanico de suave inclinación desde el declive de pie de monte hacia la tierra baja, donde actualmente se observa la interdigitación con el depósito aluvial de la tierra baja, debido al avance de la erosión que afecta la margen frontal.

A la margen derecha de la cuenca, el declive de pie de monte ha sido erosionado y retrocedido considerablemente, y actualmente forma un valle



de relleno disecado. Parece que llegado a este grado, la erosión no avanza más y los productos de erosión no entran directamente al Arroyo Pirayú como ocurre en la margen izquierda, porque se acumulan en la tierra baja.

(5) A la orilla derecha del lago, hay más de diez cauces pequeños independientes que suministran materias arenosas, que se constituyen principalmente de granos de cuarzo, directamente al lago tras haber fluido sobre el lecho de piedras areniscas arcósicas.

(6) A la orilla izquierda del lago, hay unos diez cauces pequeños independientes. Por cuanto ellos fluyen sobre superficies onduladas de suave inclinación y la planicie de la orilla del lago, tienen poca capacidad para transportar los sedimentos. Sin embargo, suministran materias de partículas finas al lago por cuanto atraviesan zonas de piedra arcillosa.

(7) Los sedimentos en la cuenca de Yuquyry se originan principalmente de las materias desgastadas y descompuestas de arenisca roja, y contienen una alta concentración de hierro oxidado en comparación con los sedimentos del Pirayú. Sin embargo, el sistema de drenaje del Yuquyry no presenta condición topográfica que permita suministrar directamente los sedimentos al lago.

Conforme a los factores mencionados anteriormente, las fuentes más importantes de sedimentos para el lago, parecen ser la margen izquierda 3) y 4), especialmente el área adyacente a la Cordillera de Yaguarón. Sin embargo, cada uno de los factores descritos en los números 1 al 7, en tiempos ordinarios y de lluvias ligeras, las aguas de los afluentes no son turbias, pudiéndose observar algunos granos que se levantan del lecho del cauce, y no hay transporte de sedimentos diariamente. Aunque se supone que estos sedimentos son transportados por el flujo durante las lluvias torrenciales, no se pudo observar tal fenómeno durante el período del presente estudio. Por consiguiente, todavía no se puede especificar cuáles son las principales fuentes de los sedimentos.

## 5-2 Mecanismos de producción y eflujo de sedimentos

Como los mecanismos de producción y eflujo de los sedimentos en la cuenca, se pueden mencionar los siguientes factores:

- (1) El agua desbordada de las canaletas de los caminos fluye a lo largo de la superficie de los caminos en tiempos de tormenta. A veces este fenómeno está acompañado de erosión de la superficie del suelo, llegando a descubrir la roca base. Este fenómeno se observa en toda la cuenca.
- 2) El suelo erosionado producido de las tierras cultivadas corre a lo largo de los surcos hacia la acequia, llegando a presentar el mismo fenómeno descrito en el 1). Esto es observable en la margen izquierda del Arroyo Pirayú y en la cuenca del Arroyo Yuquyry, donde las tierras cultivadas están relativamente desarrolladas.
- 3) La producción de sedimentos ocasionada por la erosión lateral de la ribera del río no es tan frecuente. Sin embargo, se da con relativa frecuencia en depósitos aluviales de la tierra baja que se extiende a la margen izquierda del Arroyo Pirayu. En tal caso, las zanjas pequeñas se expanden de golpe ocasionando erosión de suelo gley rico en humus.
- 4) La producción de sedimentos por erosión laminar de la falda de montes es aquella erosión laminar ocasionada por lluvias fuertes, especialmente a lo largo de las faldas de montes semidescubiertas con poca vegetación. Parece ocurrir de vez en cuando a ambos lados del Arroyo Pirayú y al este del Lago.
- 5) El rebose de los sedimentos de las tierras descubiertas artificialmente, como canteras de arcilla y grava, se da en cantidad insignificante en tiempos no lluviosos. Sin embargo, en lluvias fuertes, a pesar de que todavía no ha sido confirmado, bajo ciertas condiciones topográficas (por ejemplo, en declives, alrededores de los cauces en tierras bajas, en el lecho de los ríos) posiblemente se producen sedimentos finos y partículas limo-arcillosas.

El lugar de explotación del caolín situado entre Aregua y Ypacarai, y la explotación de arcilla negra a lo largo del río Yuquyry son ejemplos de este fenómeno.

### 5-3 Calidad y Cantidad de los Sedimentos Suministrados al Lago

Los sedimentos descargados en el lago se componen principalmente de las partículas de granos finos, cuyo diámetro es menor que el de la arena. Casi no se observan partículas más grandes que la grava. Esto es, por la existencia de la capa de conglomerado como componente de la cuenca, un fenómeno muy extraño cuya causa no se ha aclarado todavía.

Se puede suponer que los sedimentos de gran tamaño no pueden ser transportados ni siquiera por la corriente de las inundaciones, debido al declive muy suave de la cuenca, quedándose en los llanos de la cuenca alta en vez de llegar al Lago. Pese a que se considera que la mayor parte de los sedimentos suministrados entran al lago transportados por el flujo de inundación causada por lluvias torrenciales, las aguas de los cauces principales de los arroyos Pirayu y Yuquyry son turbias de color marrón a gris, aún en tiempos ordinarios, lo cual se considera que se debe a la gran cantidad de las materias micro-suspendidas.

Los sedimentos parecen producirse de fuentes no específicas, pero son transportados y depositados en toda la cuenca.

Se desconoce la carga total de sedimentos durante un intervalo fijo de tiempo, debido a la insuficiencia de datos sobre descarga durante las inundaciones y sobre la turbiedad de los principales arroyos a fluentes.

En todo caso, para comprender la relación cuantitativa entre la entrada, acumulación y el eflujo de sedimentos, la velocidad de acumulación y la distribución en el lecho lacustre se requiere fundamentalmente de un largo y sistematizado estudio y recopilación de datos.

A continuación se expone la composición de tamaño de granos que constituyen la superficie del suelo del área de estudio.

	Arena %	Limo %	Arcilla %	
Litosol	70-95	5-25	0-10	S-LS-SL
Acrisol	60-90	10-40	0-15	S-LS-SL-L-SiL
Regosol	75-95	5-25	0-10	S-LS-SL
Planosol	35-70	35-65	5-35	S-LS-SL-L-SiL

Conforme a estos datos, la composición de tamaño de granos en áreas relativamente altas es, generalmente, arenosa y en áreas bajas incrementa el porcentaje de limo y arcilla.

En el presente estudio no se ha incluido el análisis de las propiedades químicas de los sedimentos.

Los sedimentos acumulados en el lecho lacustre se componen principalmente de lodos de materias negras o gris oscuras y materias suspendidas de partículas finas. A lo largo de la orilla se extienden arenas de cuarzo bien clasificadas. El origen de la arena de cuarzo se identifica fácilmente, pero el origen y el proceso de formación de la materia micro-suspendida negra, que es una de las causas de la contaminación del lago, no se han identificado todavía.

Una gran cantidad de humus, originado de los remanentes de las plantas y organismos acuáticos, está contenida en la arcilla negra de la llanura central, sedimentación del lecho lacustre y en el suelo de los humedales de la cuenca baja.

Considerando la pérdida por incineración, el contenido de las materias orgánicas alcanza un 80% del peso.

Según los resultados del análisis radiográfico, las micro materias negras se componen de partículas de microcuarzo, cuyo diámetro es menor al de limo, y minerales arcillosos como caolinita y montmorillonita.

Como el origen de estas partículas inorgánicas finas se puede mencionar los siguientes:

- (1) La descomposición, disolución y el flujo derivados del estrato caolín durante el período geológico.
- (2) Erosión que ocurre en las canteras existentes y abandonadas durante las lluvias torrenciales.
- (3) Descomposición, disolución y eflujo de minerales arcillosos intersticiales, minerales alterados e hierro oxidado de los granos de cuarzo y de feldespato que componen las piedras areniscas rojas y de arcosa, que son los componentes geológicos de la cuenca.

(4) Las partículas finas secundarias producidas por el proceso de redisección de los depósitos aluviales de la llanura.

El color negro se debe a la carbonización de los remanentes y a la gleyzación de la capa subsuperficial del suelo, aunque sus razones no han sido aún aclaradas.

#### 5-4 Datos de Referencia sobre la Cantidad de Sedimentos Descargados

La erosión del suelo es controlada por muchos factores como la latitud del área, el clima, la precipitación y su intensidad, la geología, topografía, tipo de suelo, cubierta de vegetación natural, el grado de las actividades socioeconómicas del hombre, etc. Por lo tanto, es difícil calcular la cantidad anual media de erosión.

La carga de transporte fluvial es un parámetro importante que indica la velocidad de erosión en la cuenca.

Desde hace tiempo se ha venido intentando estimar la cantidad anual de suelo erosionado y la profundidad de denudación anual, pero las discusiones y los datos referentes han sido generalizados y variables, siendo suficientes sólo para deducir la tendencia general de la erosión de la zona.

Se indica un ejemplo en la Fig. S5.5.1 y Tablas S 5.5.1 y S 5.5.2.

Según la Figura S5.5.1, Paraguay pertenece a la zona de 50~100ton/km<sup>2</sup>/año=0,5~1,0ton/ha/año

A continuación se expondrán algunos valores de las mediciones prácticas de erosión:

Fuente: "MILOS HOLY, EROSION AND ENVIROMENT 1980"  
traducido por S. Okamura y M. Haruyama

Con respecto a la erosión de suelo causado por el flujo superficial de los declives, se presentan algunos valores observados en las Tablas S5.5.3, S5.5.4, S5.5.5.

Los datos sobre tierras cultivadas expuestos anteriormente muestran valores muy variables según las condiciones en que se ha efectuado la

observación, tales como la pendiente, declive, longitud y métodos de cultivo, lo cual hace difícil determinar la velocidad aceptable de erosión.

Según las mediciones efectuadas en campo de experimentación consituído por suelo fresco forestal, en los Estados Unidos, la pérdida de suelo oscila entre 0,25 a 1,48 t/ha al año, lo que equivale al génesis de suelo natural.

En los Estados Unidos, la velocidad aceptable de erosión oscila entre 2,5 a 12,5 t/ha/año.

En Checoslovaquia, la velocidad aceptable de erosión para el estrato superficial de suelo (<30cm) es de 1 t/ha/año, para el suelo de 30 a 60cm es de 4 t/ha/año y para el estrato profundo de suelo (60~120cm) es de 10 t/ha/año.

Se sabe que los bosques juegan un papel muy importante para la preservación del suelo. Sin embargo, la erosión de la superficie del suelo y la desertificación debida al excesivo corte de bosques tropicales en los últimos años constituyen serios problemas a nivel mundial.

Los experimentos realizados por un grupo de investigadores suecos en Tanzania, Africa del Este han demostrado claramente los efectos protectores de la cobertura vegetal como se muestra en la Figura S5.5.2.

A continuación se indican las magnitudes de la pérdida de suelo después de lluvia en cada tipo de ambiente, es decir, área forestal, pastizales, cultivos de mijo, y tierras descubiertas, de la misma zona con una pendiente de 3,5%:

	Coefficiente	Pérdida de suelo
Bosque	0.4	0
Pastura	1.9	0
Cultivo de mijo	26.0	78.1
Tierra descubierta	50.4	146.3

Se han aplicado provisionalmente los valores expuestos anteriormente en la cuenca del lago Ypacarai.

El área influente del lago (temporalmente limitado por la cuenca del Pirayu, y las riberas izquierda y derecha del lago) es casi de 500km<sup>2</sup>. Suponiendo que la magnitud de la pérdida de suelo es de 40 t/ha, que es el promedio de los valores de tierras de pastoreo y cultivos de mijo, después de las lluvias de la misma escala que durante el experimento (no se sabe el volumen de precipitación), serían erosionadas 2.000.000 de toneladas de suelo (aproximadamente 1.200.000m<sup>3</sup> a un peso específico de 1,7). La magnitud real sería menor por cuanto se extienden pastizales con pendientes muy suaves.

Como un ejemplo, en la Tabla S5.5.6 se exponen los resultados de las observaciones y los experimentos realizados en las Islas de Okinawa en Japón en una cuenca pequeña compuesta principalmente de suelo laterítico (suelo rojo) de origen Paleozoico y donde se cultivan piñas en laderas. (Datos extraídos de "Report on Control and Counter Measure Plan for Outwashing of the Red Soil", Okinawa Development Agency).

En esta pequeña cuenca (13,8km<sup>2</sup>) compuesta por las Areas I y II, se obtuvo el valor de 8.400m<sup>3</sup>/año (608,6m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año). Esto equivale a 10,3 t/ha/año, al peso específico de 1,7.

Según la fórmula aplicada en el experimento en toda la tierra cultivada de piña de esta cuenca asumiendo una pendiente de 15%, el volumen de erosión del suelo es de 577 t/ha. Al regular la pendiente en menos de 5%, la fórmula muestra un valor sumamente reducido de 143,3m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> (2,4 t/ha)

En todo caso, es obvio que el grado de cobertura vegetal y la pendiente de las tierras tienen efectos notables sobre la erosión de suelo.

A continuación se expone la estimación tentativa de las magnitudes de erosión del pasado en la cuenca del lago Ypacarai.

Pese a que el mecanismo y/o el período de formación del lago Ypacarai son inciertos, considerando la escala de tiempo geológico, el volumen total de los sedimentos producidos y transportados alcanzan una cantidad enorme. Esto equivale al volumen correspondiente a la depresión del relieve tectónica, así como al volumen erosionado de las montañas hasta llegar a ser colinas suavemente onduladas de hoy.

Según la estimación efectuada a grosso modo en base a la configuración topográfica en una extensión de 550km<sup>2</sup> (excluyendo las cuencas de los ríos

Yuquyry y Salado), el volumen de las montañas erosionadas llega a  $1,5 \sim 2 \times 10^{11} \text{m}^3$ , lo cual es una magnitud increíble en una escala y pendiente de la cuenca actual.

Como se mencionó anteriormente, pese a que no se sabe la era exacta en que comenzó la formación del relieve, en una hipótesis audaz se puede sostener de que el proceso de erosión ha comenzado a finales de la Era Cretácea o a comienzos de la Era Terciaria que se hallaban en medio de violentos movimientos geotectónicos ocurridos hace 70 millones de años, continuando hasta la fecha.

Con esta hipótesis se obtiene el siguiente volumen anual de erosión de suelo:

$$\begin{aligned} 1,5 \times 10^{11} \text{m}^3 / 7 \times 10^7 \text{año} / 550 \text{km}^2 &= 3,9 \text{km}^3 / \text{km}^2 / \text{año} \\ &\approx 6,7 \text{ton} / \text{km}^2 / \text{año} \\ &= 0,066 \text{t} / \text{ha} / \text{año} \end{aligned}$$

Este valor es inesperadamente menor que el de las Islas de Okinawa.

Pese a que la estimación expuesta es casi insignificante por tratarse de mera suposición, se hizo el intento para estimar la magnitud y velocidad de erosión.



## CAPITULO VI

### TAREAS FUTURAS

#### 6-1 Confiabilidad de las cifras estimadas

Son escasas las mediciones sobre la calidad de aguas relacionadas con las fuentes de contaminación, que sumados a la falta de mayores datos pasados, hicieron que el presente estudio se base en investigaciones in situ y en las pocas mediciones que se lograron obtener. Es por eso que los valores numéricos expuestos aquí deben irse corrigiendo a la luz de las mediciones y análisis futuros. Sin embargo, los valores estimados deben servir como referencias para los futuros estudios.

#### 6-2 Generación de los materiales contaminantes

En la cuenca, no se logró ubicar zonas de generación especialmente notables. En las crecidas aumenta notablemente la concentración de SS, pero esto no constituye una característica especial de esta cuenca.

Es también conocido que gran parte de SS se precipita en la desembocadura de los ríos, fenómeno que se confirma por la elevación del lecho de los ríos. Es razonable pensar que el origen de los materiales contaminantes se debe buscar en el lago mismo, no en la cuenca, constituyendo éste un punto a comprobarse en las futuras investigaciones.



**TABLAS**



Tabla S5.1.1 : Clasificación de las Fuentes de Contaminación

<b>A. Fuentes puntuales</b>	
1.	Fuentes domésticas
2.	Fuentes turísticas
3.	Fuentes sociales
4.	Fuentes industriales
<b>B. Fuentes no puntuales</b>	
1.	Zona de pastoreo
2.	Tierras cultivadas
3.	Áreas forestales
4.	Zonas urbanas
5.	Otras

Tabla S5.2.1 : Calidad de Aguas Freáticas de la Cuenca (1984~1987)

Parámetros \ Ubicación	AREGUA	CAPIATA	ITAUGUA
Turbiedad	0.2	0.5	0.4
EC (µS/cm)	136	73	114
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	3.0	0.0	0.7
NH <sub>4</sub> -N (mg/l)	0.00	0.00	0.00
Ca (mg/l)	9.2	4.8	15.2
Mg (mg/l)	5.1	3.4	10.2
Fe (mg/l)	0.00	0.00	0.00
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	9.8	3.0	4.9
BOD (mg/l)	1.4	-	-
Coliforme (/100ml)	1,100	48	0
Coliforme fecal (/100ml)	0	5	0

Fuente : Recopilación en base a los datos de SENASA

Tabla S5.2.2 : Registro de Uso de Agua (Octubre, 1987)

	San Lorenzo	San Bernardino
Consumo de agua (m <sup>3</sup> /mes)	81.765	36.576
Población consumidora	19.675	5.135
Consumo diario per cápita (litro/persona/día)	139	237

\* Observación : Las cifras fueron calculadas en base a los registros de los hidrómetros de cada vivienda y en realidad corresponden al mes anterior.

Tabla S5.2.3 : Cargas Unitarias Generadas en las Fuentes Domésticas

Unidad: kg/día

Parámetros	JAPON			PARAGUAY		
	Evacuaciones humanas	Aguas negras	Total	Evacuaciones humanas	Aguas negras	Total
BOD	13	31	44	13	22	35
COD (Mn)	6.5	15.5	22	-	-	-
COD (Cr)	-	-	-	-	-	70
T - N	9	3	12	9	2	11
T - P	0.57	0.83	1.4	0.57	0.38	0.9

\* Observación : Unidad : g/persona/día  
 Fuente de Japon : 1970, Ministerio de Construcciones Se tomó  
 2 veces BOD para COD (Cr)

Tabla S5.2.3' : Descarga de los Hoteles y Clubes

Parámetro	Carga unitaria generada	Unidad por numero de persona hospedada		Generacion de carga de contaminacion	
		Verano	Invierno	Verano	Invierno
COD	70g/p/día	Hotel 76p	Hotel 18p	45	2.4
TN	11g/p/día	Club 1689p	Club 87p	7.0	0.52
TP	0.95g/p/día			0.61	0.045

Tabla S5.2.4 : Servicio de Mataderos en la Cuenca

Cuenca	Ubicación	Ganado vacuno faenado por día
Arroyo Yuquyry	San Lorenzo	65
	Aregua	10
	Itagua	10
	Capiata	25
	Sub-total	110
Arroyo Pirayu	Pirayu	5
	Ypacarai	5
	Sub-total	10
TOTAL		120

Tabla S5.2.5 : Carga de eflujo superficial (25 de enero, 1989)  
(Durante lluvias ligeras -9mm/día en Paraguari)

	SS	COD	TN	TP
Pastizales	410	110	4,1	0,32
Tierras cultivadas	309	41	3,1	0,31
Bosques	5,8	4,5	0,35	0,02

Unidad : kg/d/km<sup>2</sup>

Tabla S5.2.6 : Carga de eflujo superficial en tiempo no lluvioso (julio, 1988)

	SS	COD	TN	TP
Areas de pastoreo	11	24	0,72	0,06
Tierras cultivadas y bosques	(0,7-32)	(5,4-54)	(0,01-1,1)	(0,003-0,16)

Unidad: kg/d/km<sup>2</sup>

Los detalles de la inspección en fuentes no puntuales se exponen en el apéndice.

Tabla S5.5.1 : Ríos del Mundo con Carga Anual de Sedimentos mayor a  $10^8$ ton / año

Ríos	Pais	Area de captacion $10^4\text{km}^2$	Carga anual de sedimentos $10^8\text{ton}$	Carga especifica de sedimentos $\text{ton}/\text{km}^2$
Río Amarillo	China	67.3	20.8	3090
Río Ganges	India	95.5	16.0	1675
Río Yangtse Kiang	China	194.1	5.5	283
Río Indo	Pakistan	96.9	4.8	495
Río Amazonas	Brasil	578.0	4.0	69
Río Mississippi	Estados Unidos	322.1	3.4	105
Río Irauadi	Birmania	43.0	3.3	767
Río Missouri	Estados Unidos	137.0	2.4	175
Río Mekong	Tailandia	79.5	1.9	238
Río Colorado	Estados Unidos	63.7	1.5	235
Río Rojo	Vietnam	11.9	1.4	1176
Río Nilo	Egipto	298.0	1.2	40

Tabla S5.5.2 : Carga anual de sedimento de los continentes

Continentes	Area ( $10^4\text{km}^2$ )	Carga de sedimento $10^8$ ton
América del Norte	2,073	19.6
América del Sur	1,941	12.0
Africa	1,993	5.4
Australia	518	3.3
Europa	932	3.2
Asia	2,692	159.1
Total	10,149	201.6

Según la Figura S5.5.1, Paraguay pertenece a la zona de  $50\sim 100 \text{ ton}/\text{km}^2/\text{año} = 1,5\sim 1,0 \text{ ton}/\text{ha}/\text{año}$



Tabla S5.5.3 : Influencias de la pendiente en la Pérdida de Suelos (por Bennet)

Tipo de suelo y ubicación	Periodo de estudio (año)	Pre- cipitación (mm)	Longitud (m)	Pérdida		
				Pendiente (%)	Productos Agrícolas	Pérdida de Suelos (t/ha)
Marga Aluvial (Ohio)	9	965	22.1	8.0	Maíz	158.8
				12.0		222.4
				20.0		243.7
Limo fino (Texas)	10	1.032	22.1	8.7	Algodón	50.1
	8	1.092		16.5		136.8
Limo (Missouri)	14	1.025	27.6	3.7	Maíz	44.1
	10	749	22.1	8.0		114.0

Tabla S5.5.4 : Efectos del declive en la Pérdida de Suelos (por Bennet)

Tipo de suelo y ubicación	Periodo de estudio (año)	Pre- cipitación (mm)	Productos Agrícolas	Longitud (m)	Pendiente (%)	Pérdida de Suelos (t/ha)
Marga aluvial (Iowa)	1933/35	684	Maíz	48.0	8	28.9
				96.0		40.3
				192.0		52.6
Limo fino (Oklahoma)	1931/36	800	Algodón	11.0	7.7	42.5
				22.1		55.6
				44.3		99.3
Limo fino (Texas)	1931/36	1038	Algodón	11.0	8.7	45.9
				22.1		68.9
				44.3		107.7
Marga aluvial (Wisconsin)	1933/36	820	Maíz	11.0	16	159.0
				22.1		248.0
				44.3		286.8
Marga aluvial (Montana)	1934/35	851	Maíz	20.4	10	56.8
				54.9		133.7
				82.2		164.0

Tabla S5.5.5 : Influencia del método de cultivo en la pérdida de suelo  
(por Cherkasov)

Disposición de acequia	Volumen de pérdida de suelo (t/ha)
Curva de nivel	1.7
Declive con pendiente de 4,4	12.2
Declive con pendiente de 16%	27.2

Tabla S5.5.6 : Magnitud de erosión de suelo rojo después de lluvias por unidad de área (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)

Fecha y Precipitación	23/8/82 260.0mm	28/10 115.0	29/11 90.6	21/12 53.0	26/8/83 168.0	25/9 98
Pérdida de Suelo						
Area I 6.55km <sup>2</sup>	69.5	9.1	20.6	3.4	4.0	21.6
Area II 7.24km <sup>2</sup>	83.6	7.3	19.2	1.6	2.6	29.8

Según la Figura S5.5.1, Paraguay pertenece a la zona de  
50~100 ton /km<sup>2</sup>/año = 1,5~1,0 ton/ha/año

**FIGURAS**



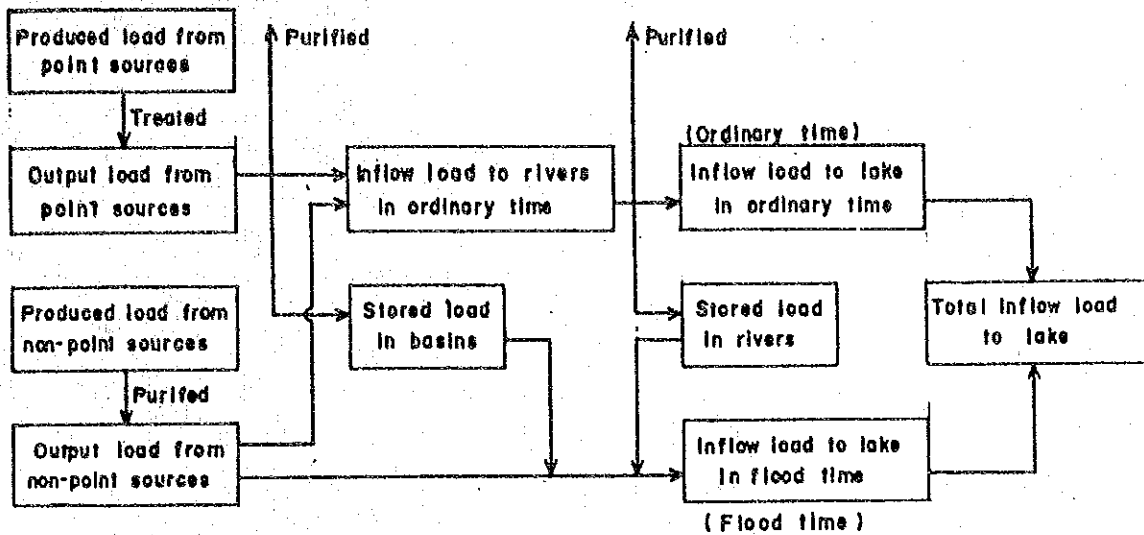


FIG. S5.1.(a) INFLOW PROCESS OF POLLUTION LOAD

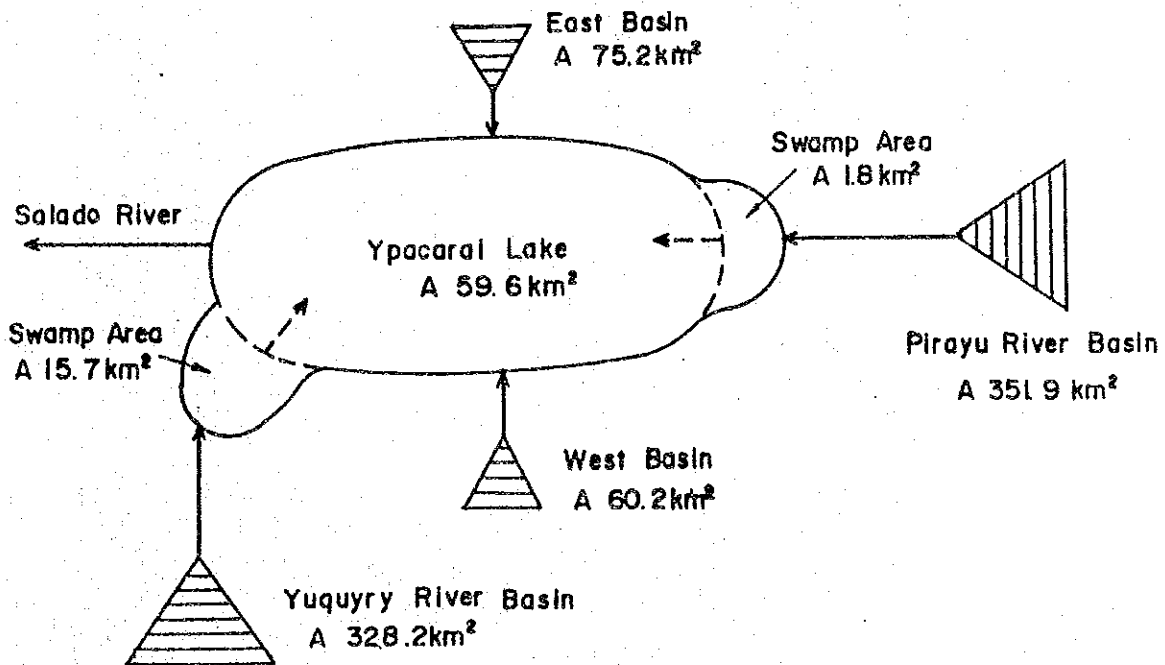


FIG. S5.1.(b) INFLOW MODEL OF POLLUTION LOAD



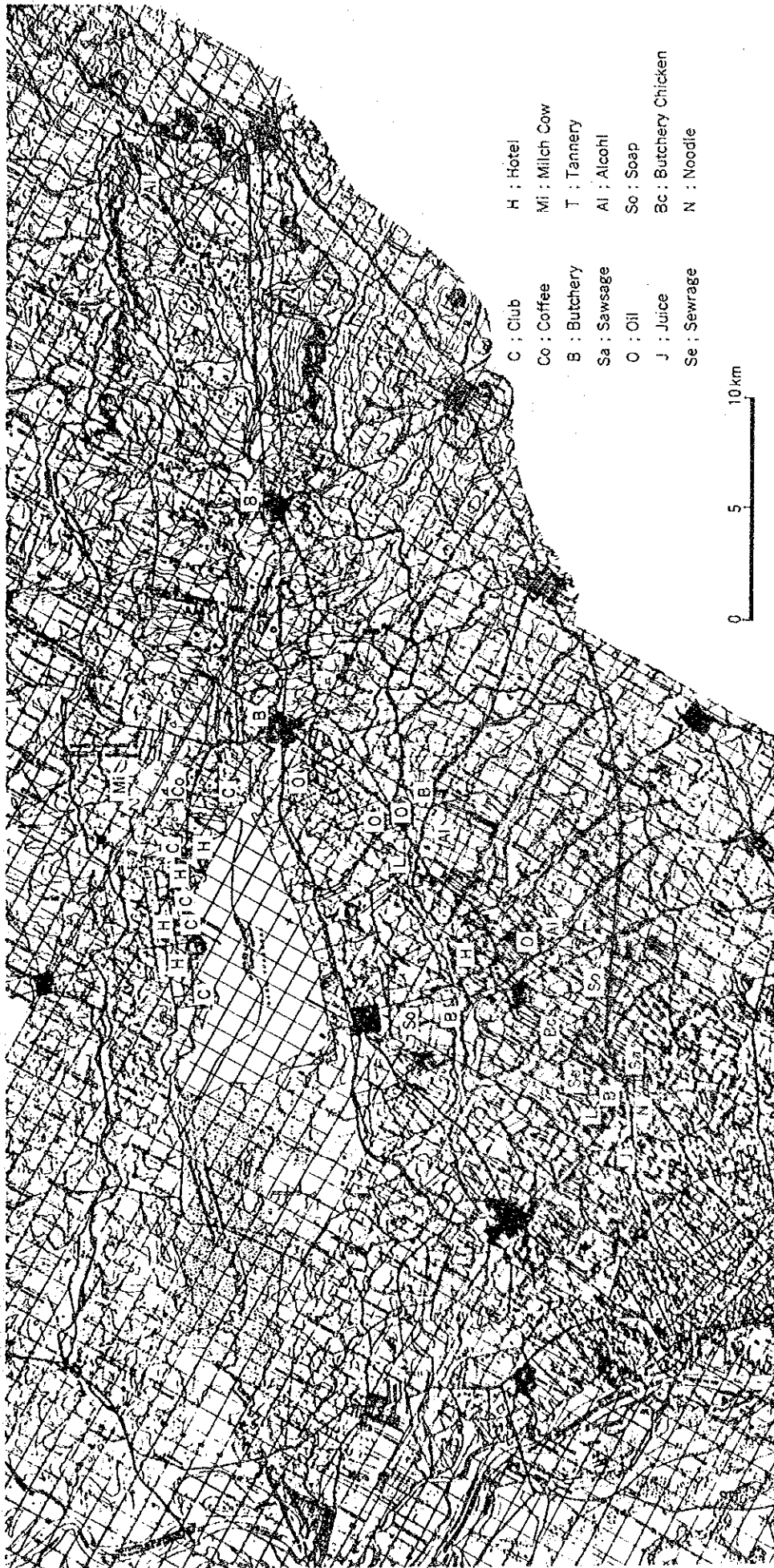


Fig. S5.1.1.2 Location of Main Point Pollution Sources





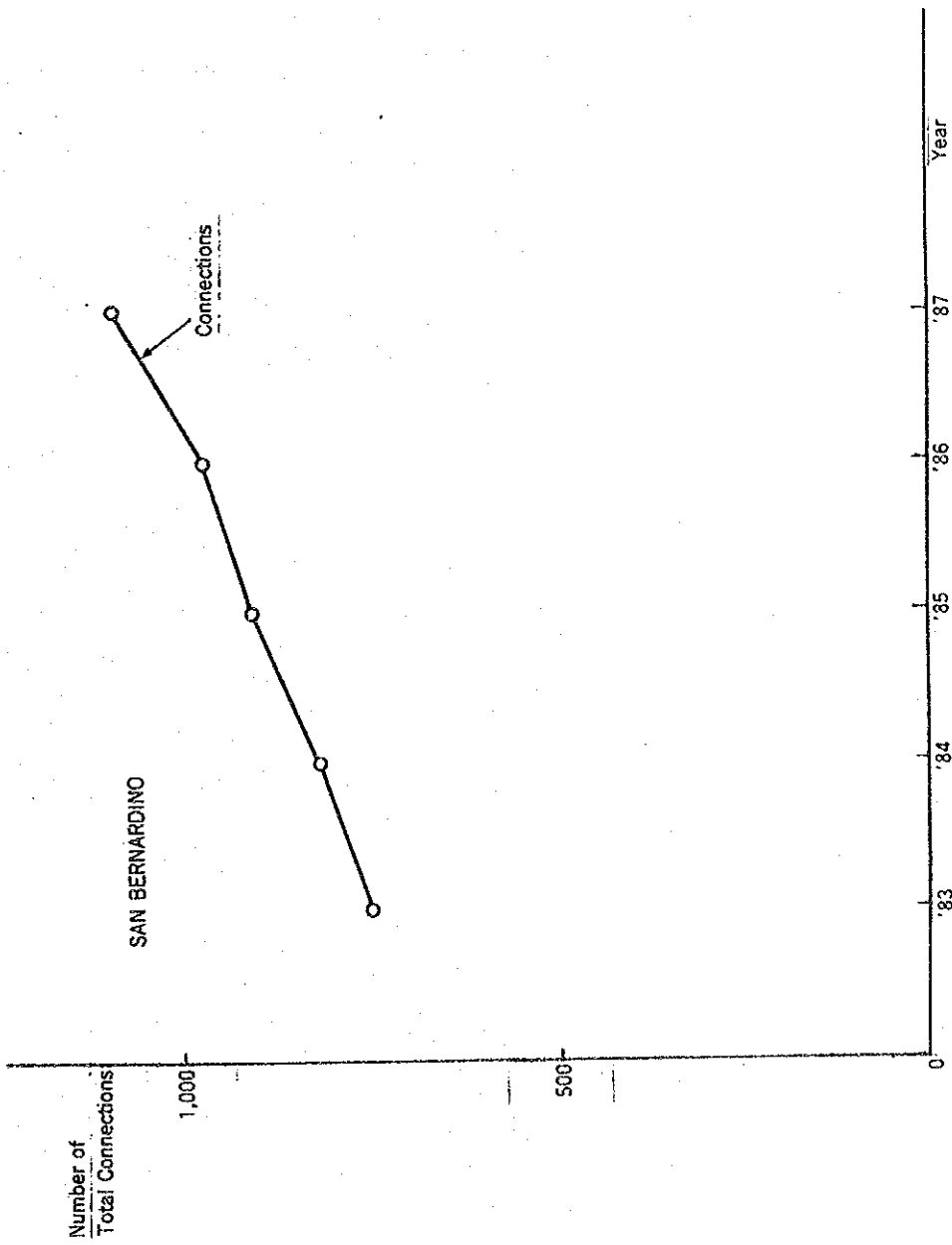


Fig.S5.2.1 Variation of Purified Water Consumption from Operational Data by CORPOSANA in SAN BER.



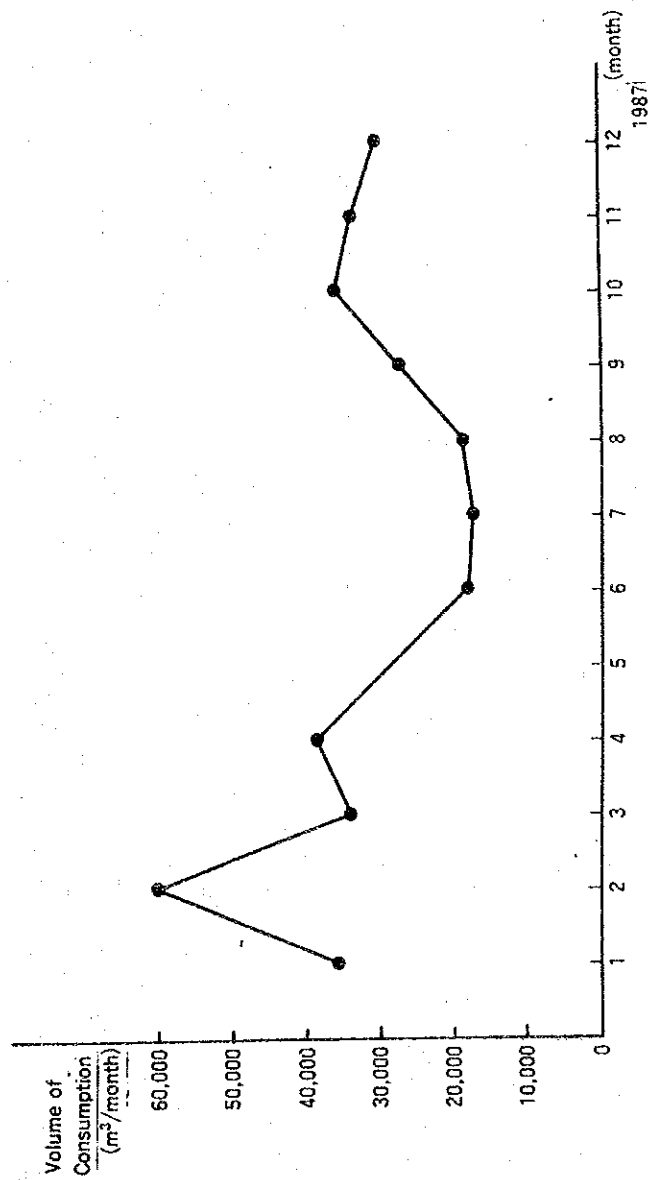
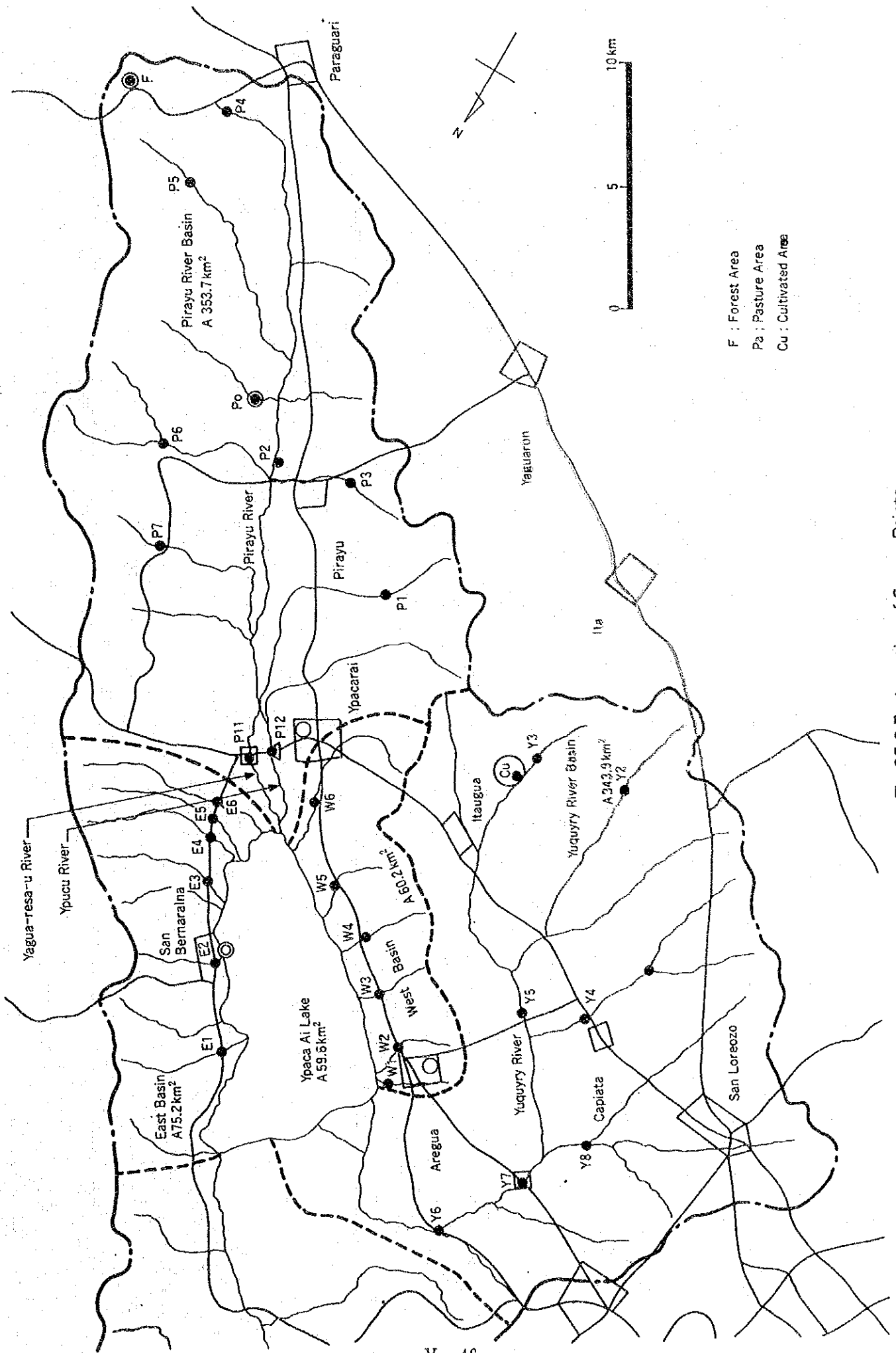


Fig.S5.2.2 Seasonal Variation of Purified Water Consumption from Operation Data by CORPOSANA in SAN BER.

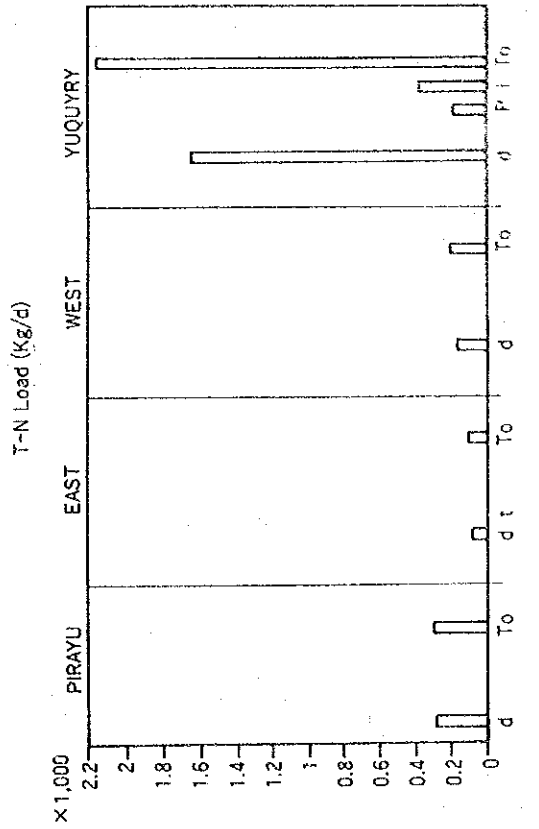
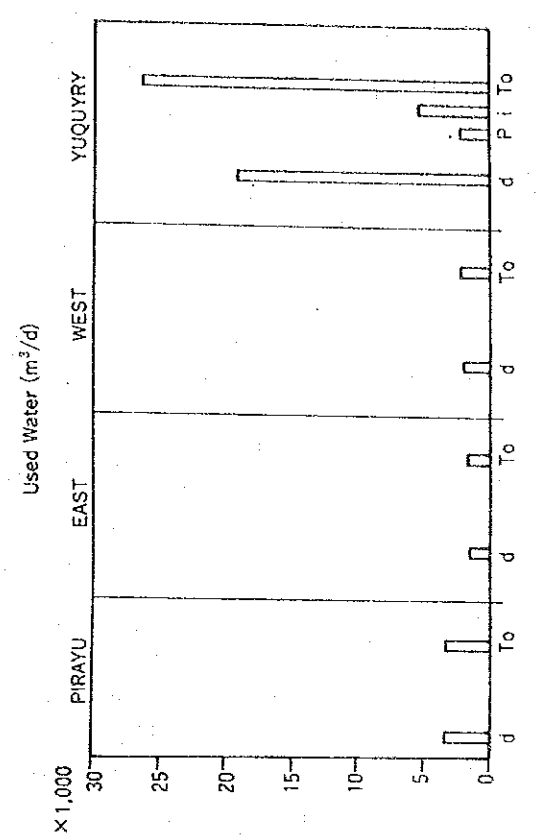
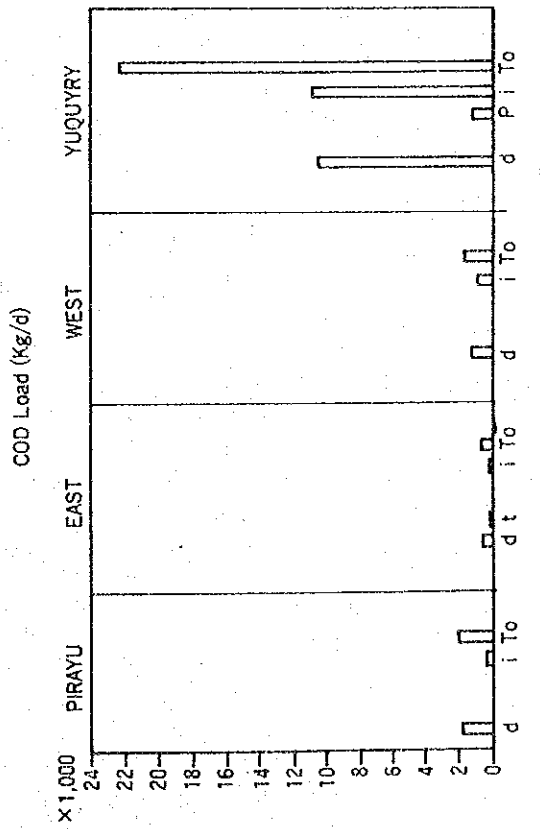
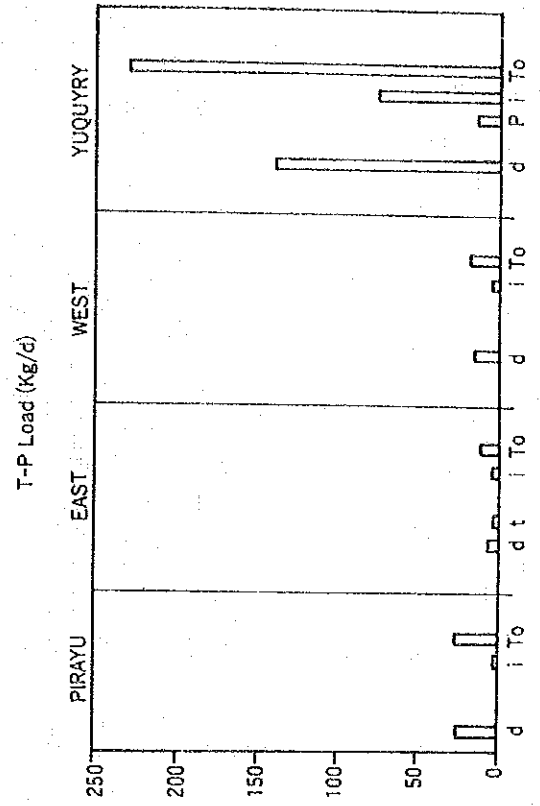




F : Forest Area  
Pa : Pasture Area  
Cu : Cultivated Area

Fig. S5.2.3 Location of Survey Points





d : Domestic  
 t : Hotel & Club  
 p : Public  
 i : Industry  
 To : Total

Fig S5.3.1 Generated Loading of Point-Pollution-Sources





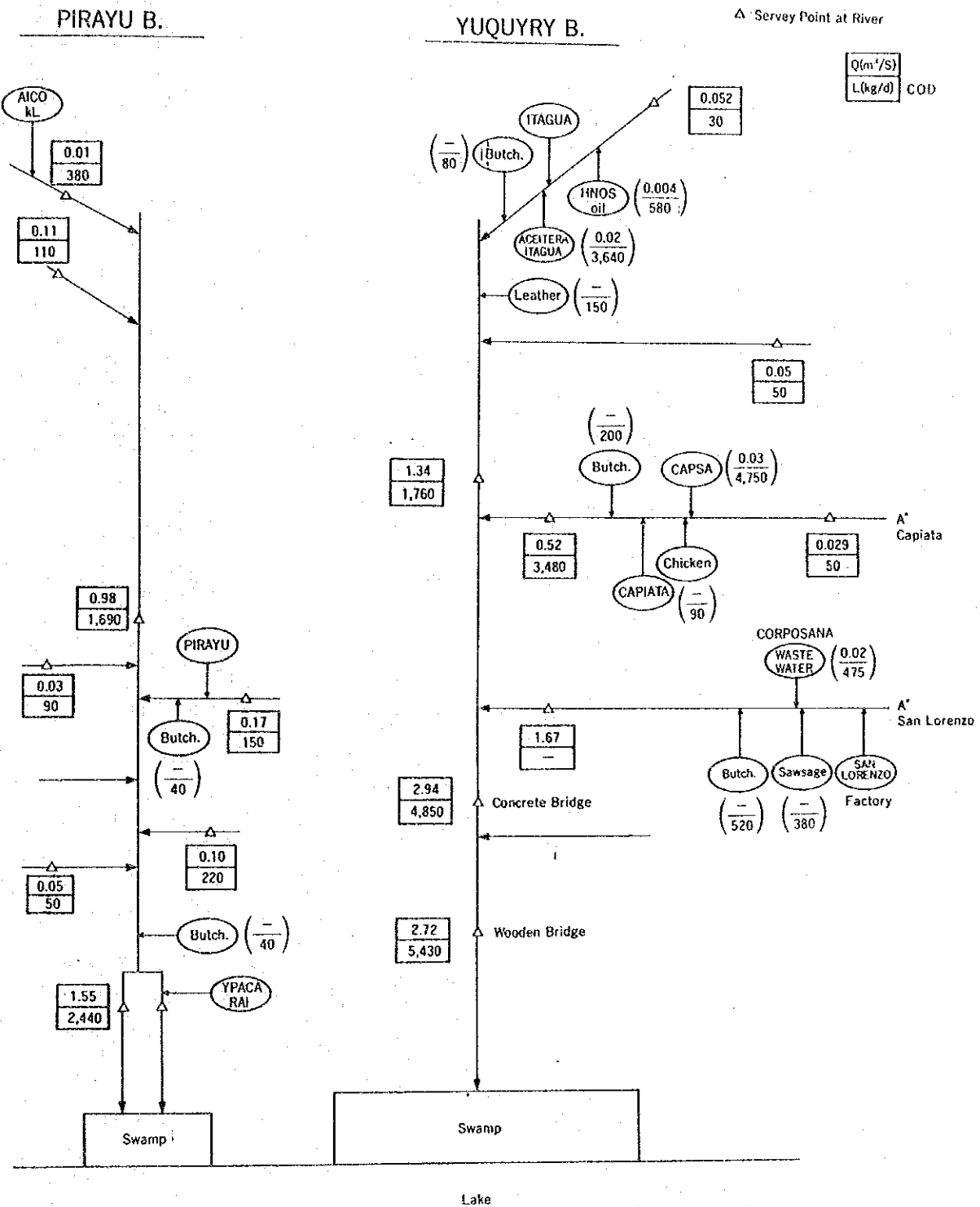


Fig. S5.3.2 COD Inflow Load in Normal Time

1988. 7



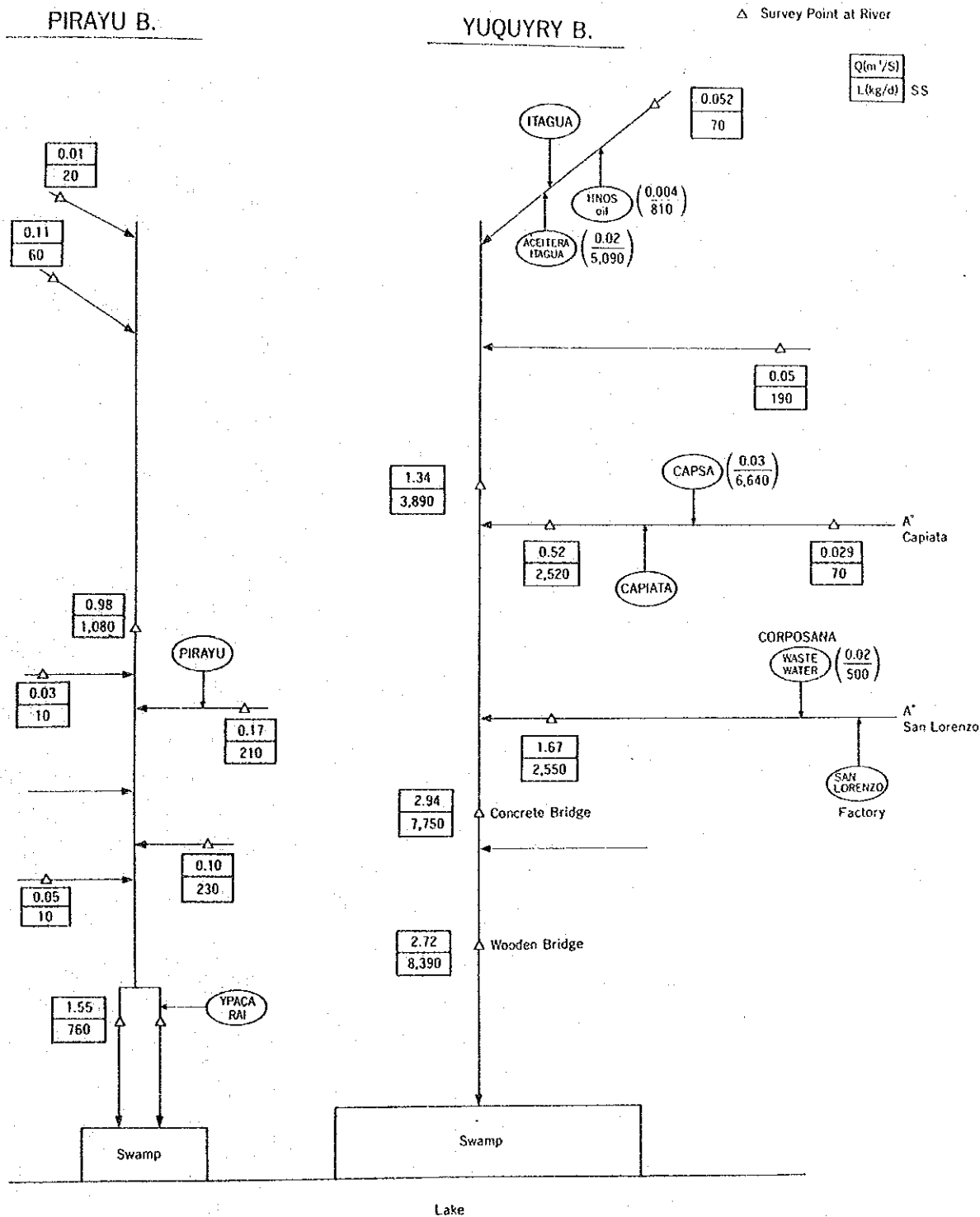


Fig. S5.3.3 SS Inflow Load in Normal Time

1988. 7



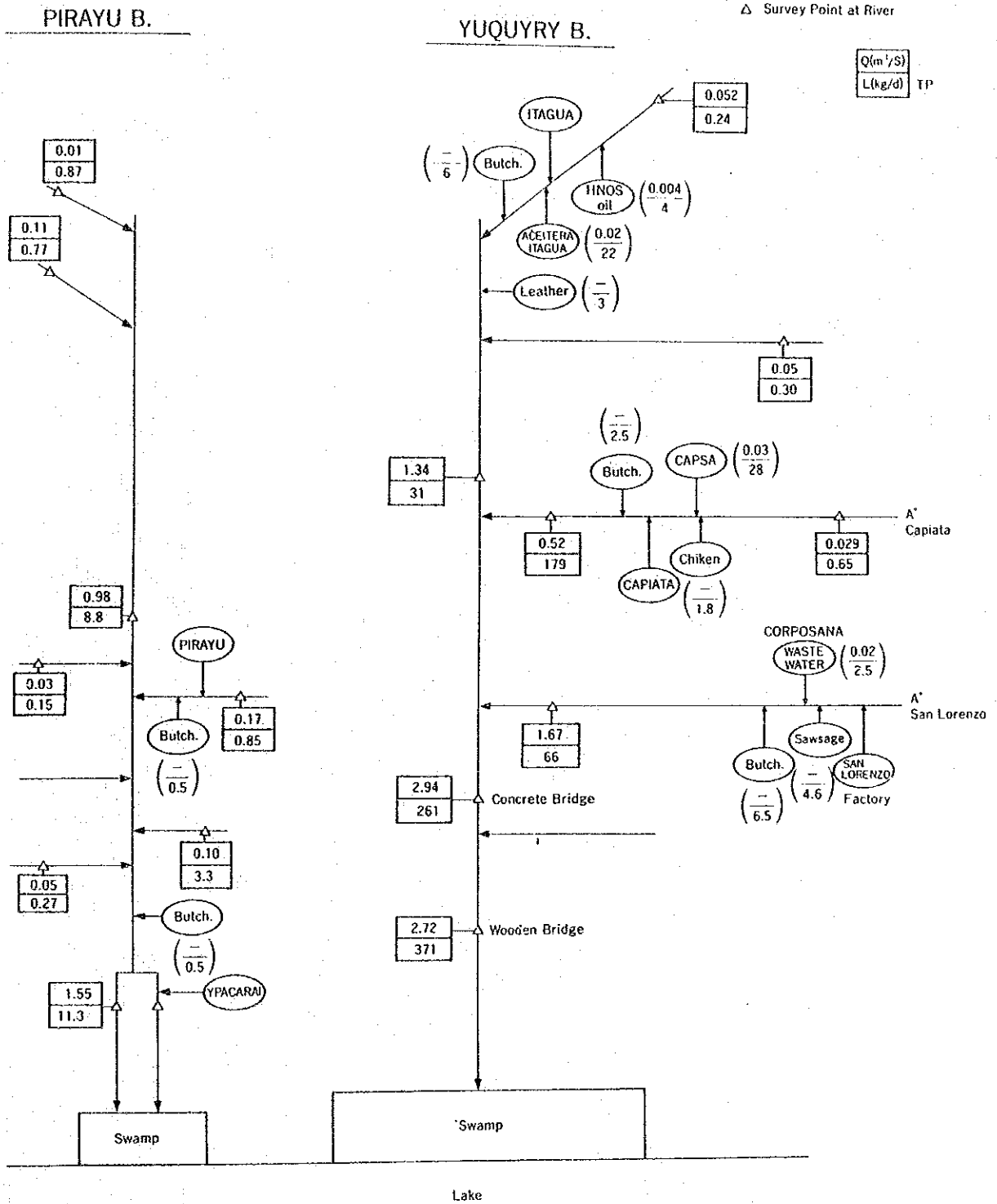


Fig. S5.3.4 TP Inflow Load in Normal Time

1988. 7



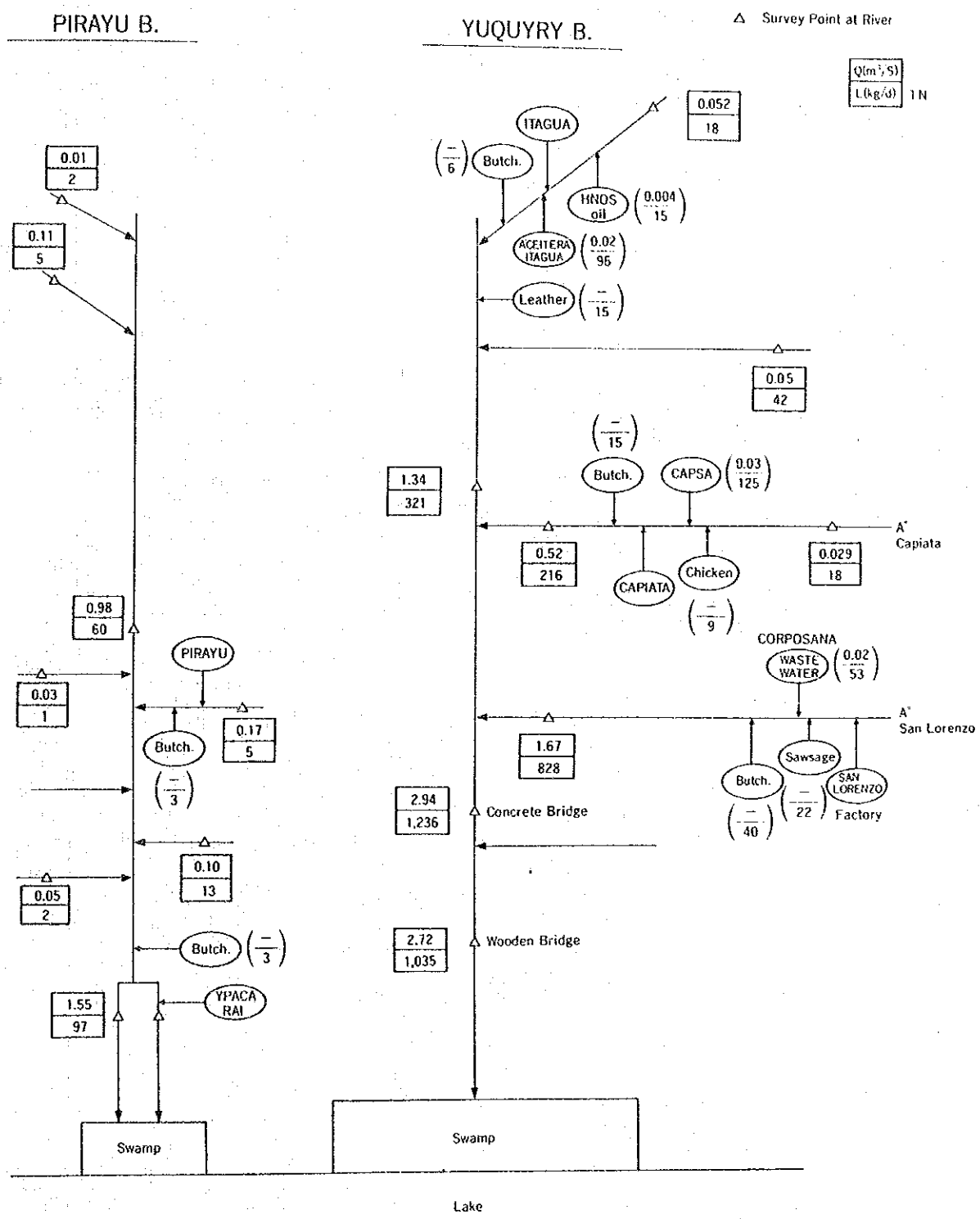


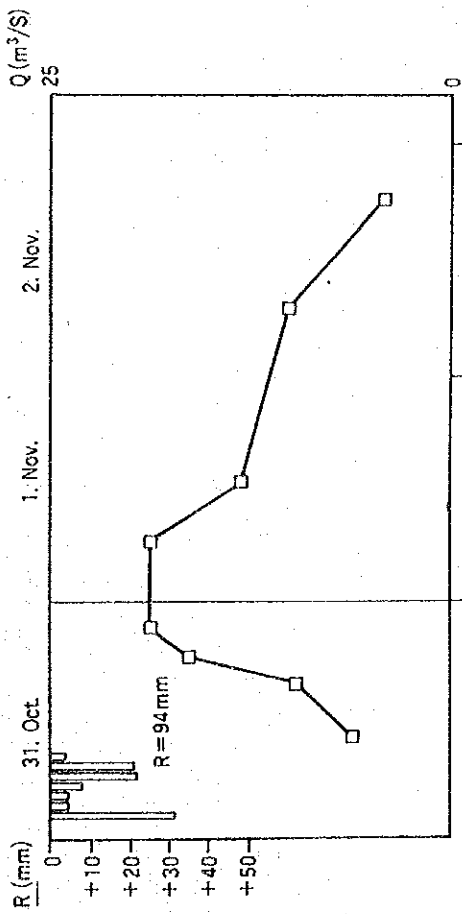
Fig. S5.3.5 TN Inflow Load in Normal Time

1988. 7

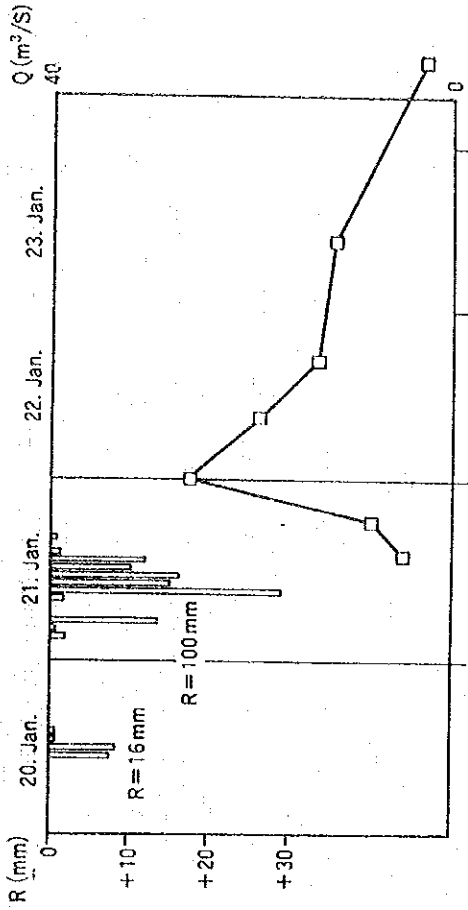




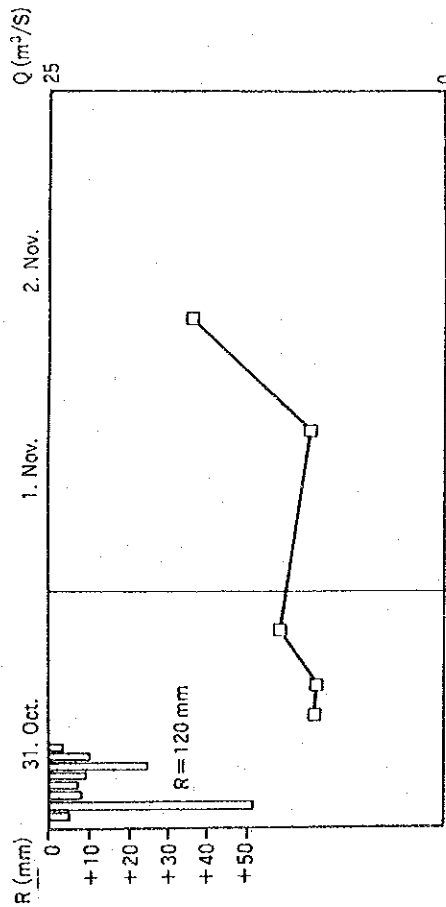
YUQURY. B. 1989. 10. 31



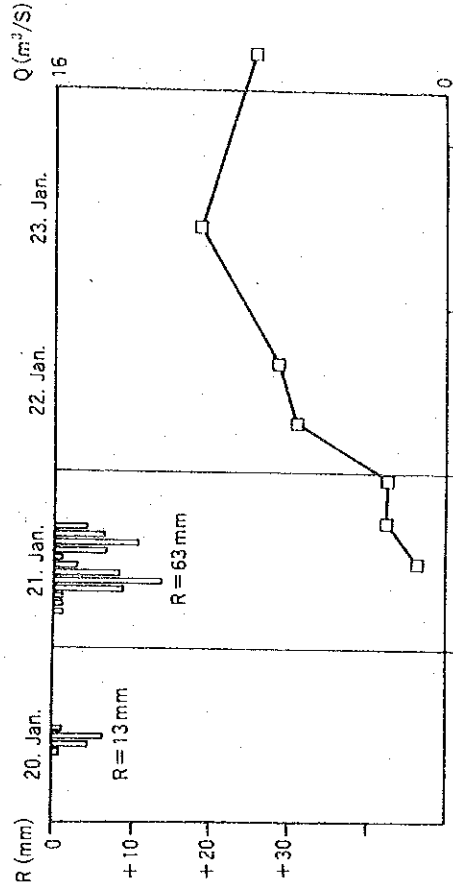
YUQURY. B. 1989. 1. 20~21



PIRAYU. B. 1989. 10. 31



PIRAYU. B. 1989. 1. 20~21

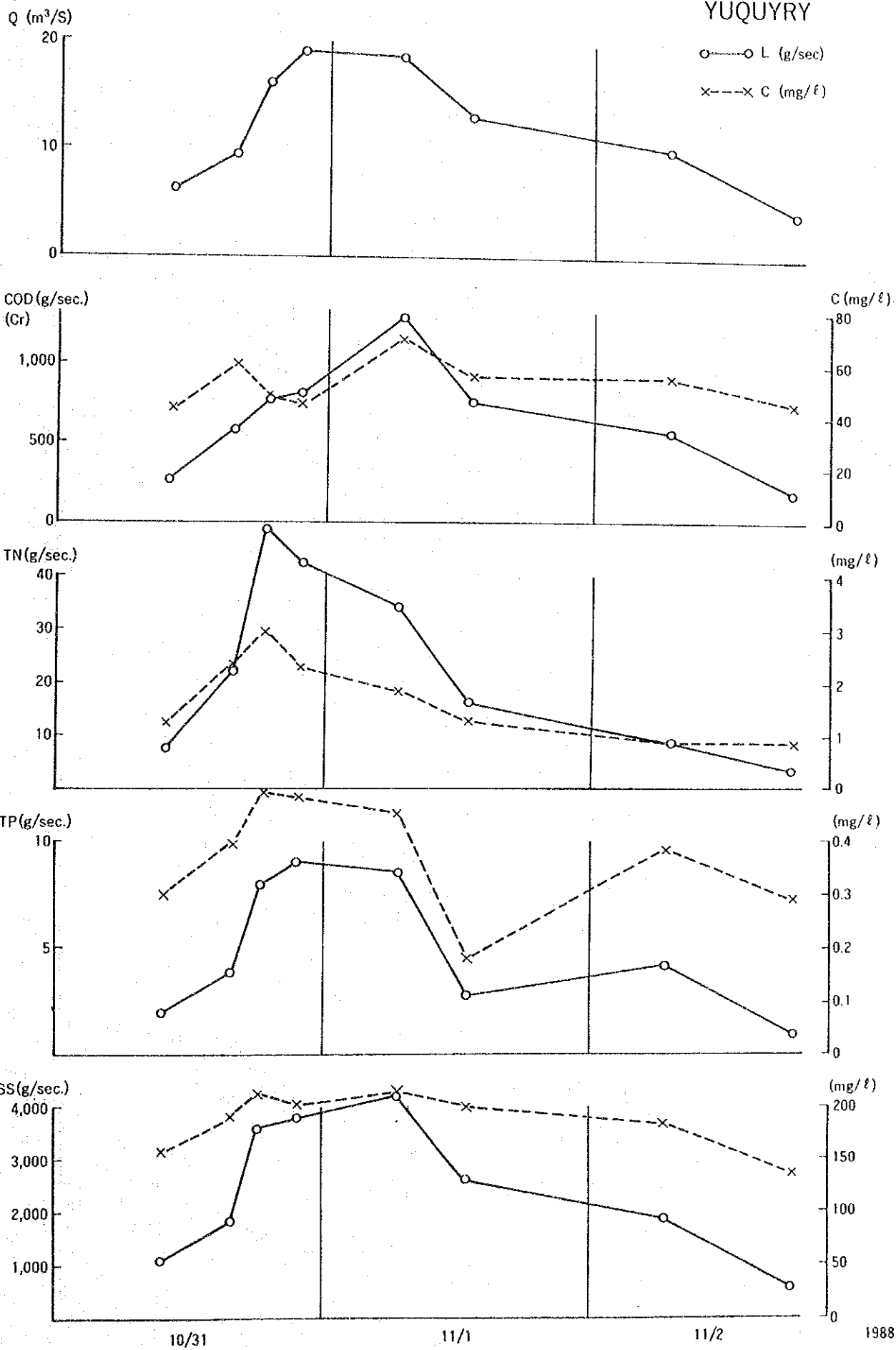


\* Remarks  
Precipitation Data is Revised by Tiesen Method

Fig.S5.3.6Hyetograph & Hydrograph at The Survey Point of Inflow River in Flood Time



YUQUYRY



1988

Fig. S5.3.7 Inflow Load in Flood Time (1)



PIRAYU

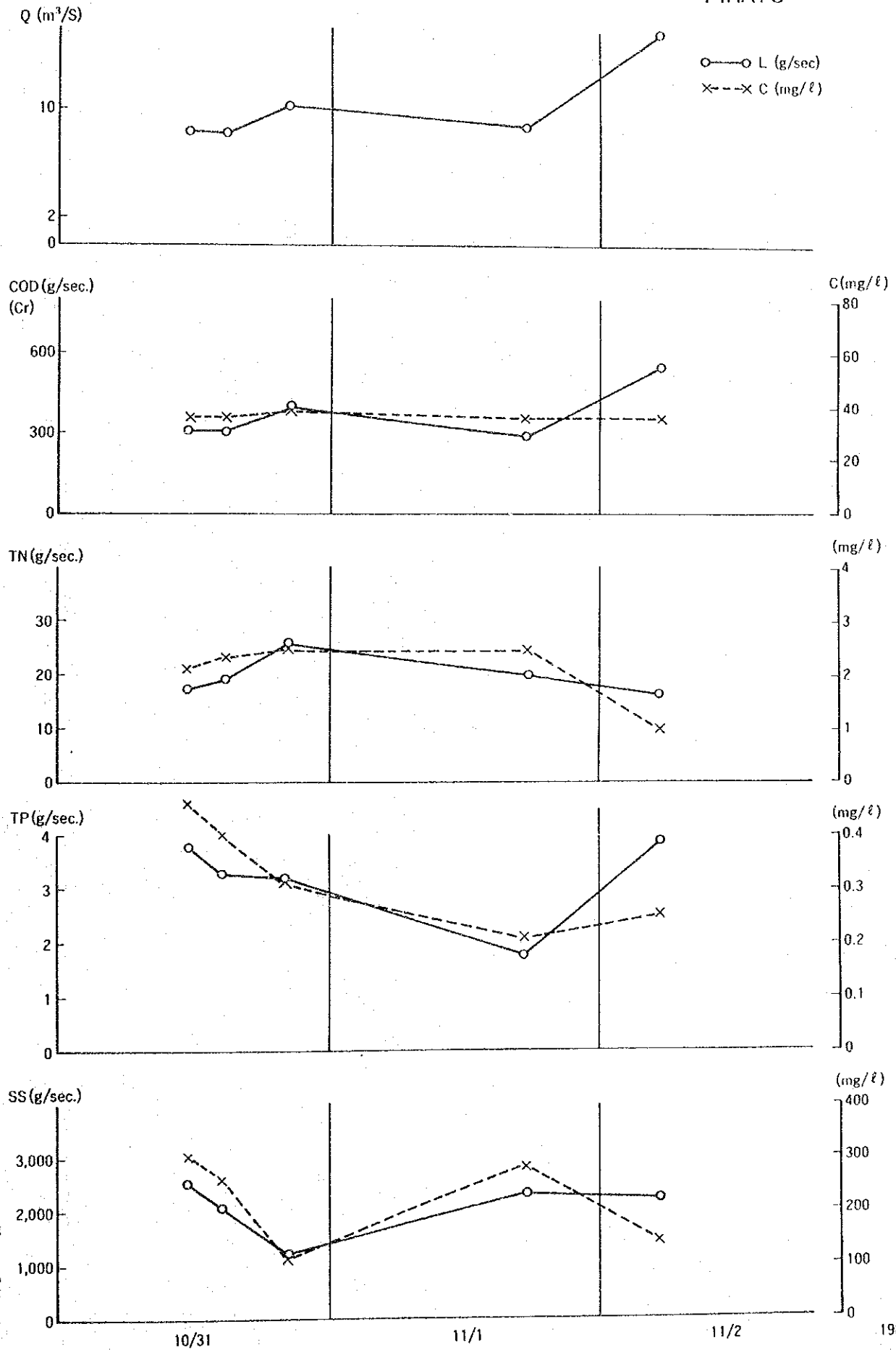


Fig. S5.3.8 Inflow Load in Flood Time (2)



# YUQUYRY

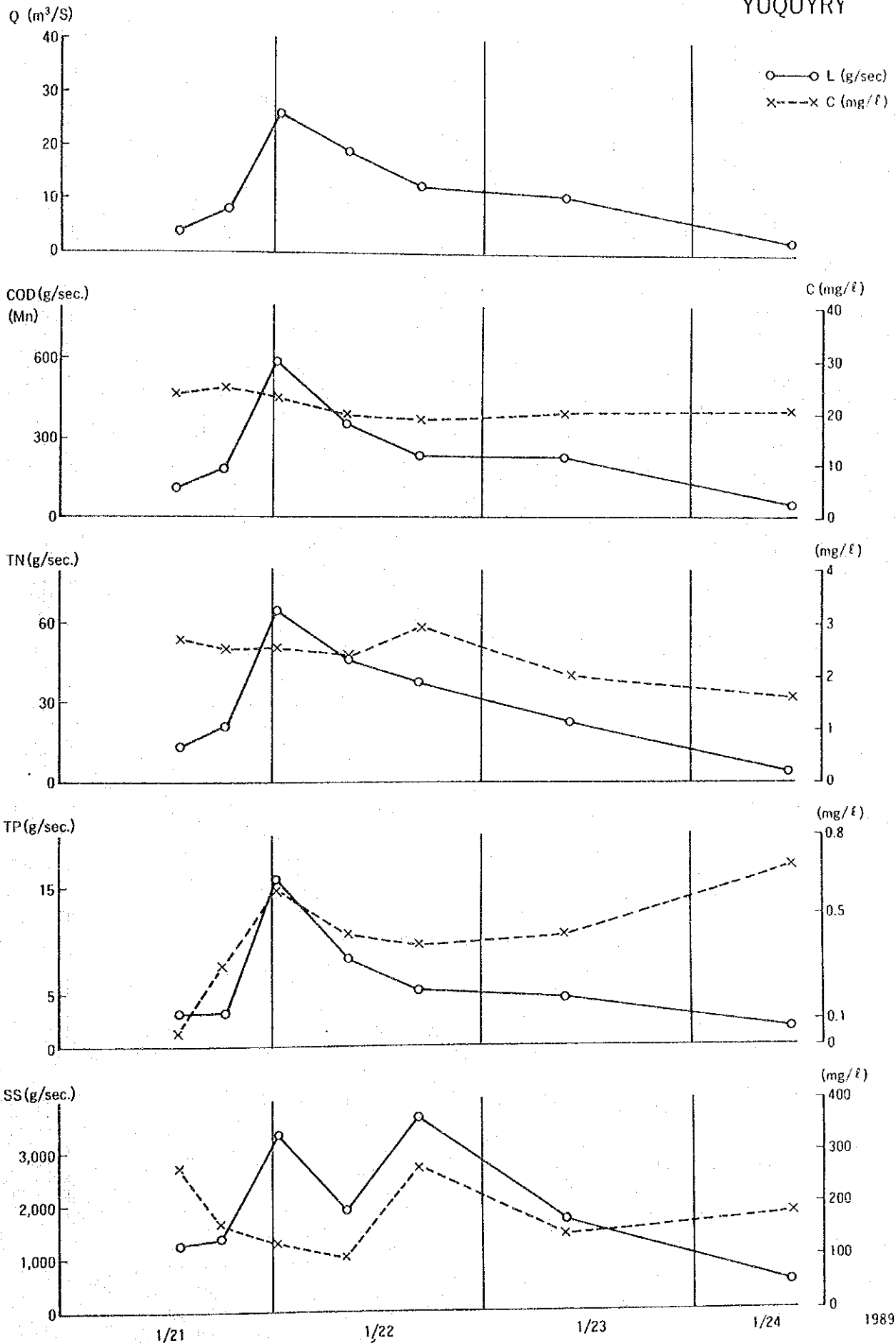


Fig. S5.3.9 Inflow Load in Flood Time (3)  
V - 55





PIRAYU

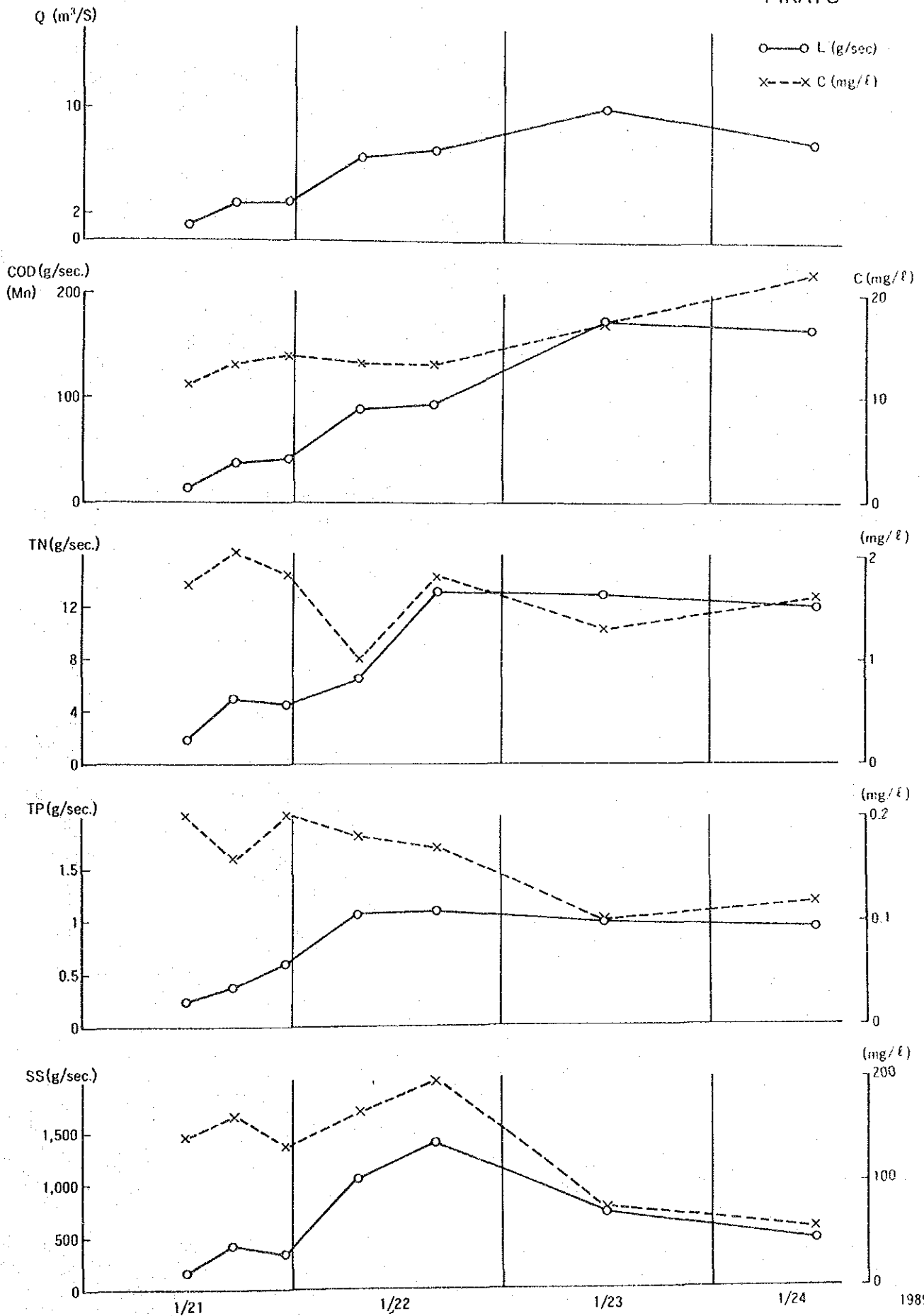


Fig. S5.3.10 Inflow Load in Flood Time (4)



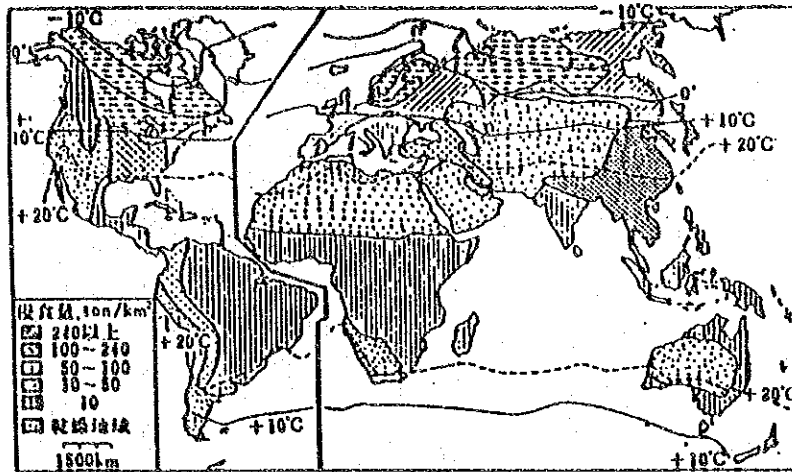


Fig. S5.5.1 Map on Surface Erosion Distribution

data from "Potamorphology" TAKAYAMA, S., 1975

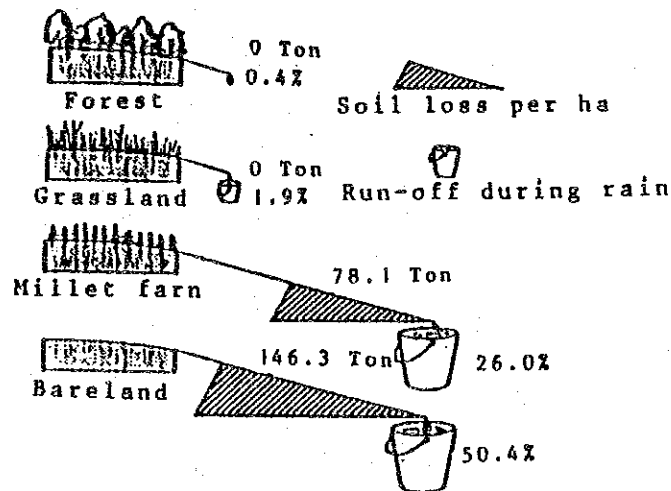


Fig.S5.5.2 Accelerating Soil Erosion by Loss of Vegetation Cover

after [ Earth Environment Report ]

H.ISHI



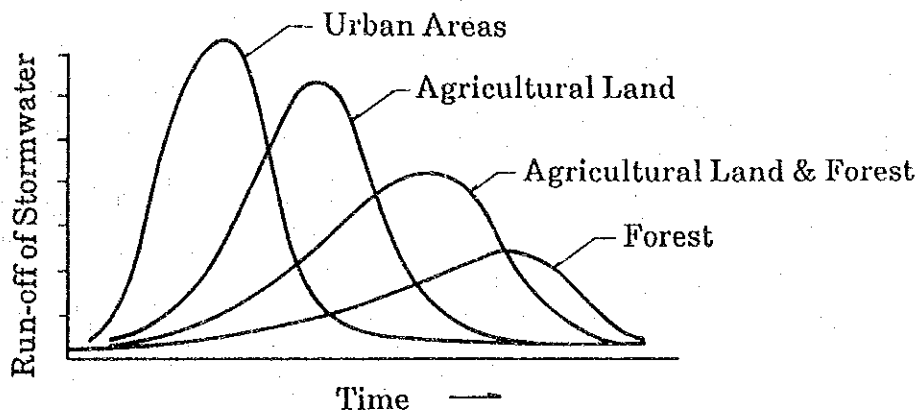


Fig. S5.A.1 Rainfall Runoff according to Types of Land use





JICA