

A map of the Ypacarai and Paraguay River Basin in Paraguay. The map shows the river network in blue, with the basin boundary outlined in pink. The land is shaded in light green, with darker green areas indicating forest cover. The text is overlaid on the map.

**PROYECTO DE “ CONTROL Y MEJORAMIENTO DE  
LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA CUENCA DEL  
LAGO YPACARAI Y RÍO PARAGUAY”**

**COOPERACIÓN TÉCNICA POR LA JICA.  
INSTITUCIONES DE CONTRAPARTIDAS SEAM Y  
DIGESA  
( Informe Final )**

**Diciembre de 2006**

## PRESENTACIÓN

Desde la ejecución del “Estudio sobre el Plan de Control de Contaminación del Lago Ypacarai y su Cuenca”, el año 1983, la JICA ha venido ejecutando diversos tipos de cooperaciones técnicas en relación al control de calidad de agua y su mejoramiento.

El proyecto de Control y Mejoramiento de la Calidad de las Aguas de la Cuenca de Lago Ypacarai y el Río Paraguay, es un proyecto de cooperación técnica que tiene como instituciones de contrapartida a la SEAM y a la DIGESA del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, con un periodo de 3 años a partir de diciembre de 2003, y compuesto principalmente por el envío de expertos nikkei de terceros países provenientes del Brasil. Las temáticas principales fueron el “Fortalecimiento de la administración de normas de calidad de agua y conservación de medio ambiente”, y el “Monitoreo ambiental de la cuenca del río Paraguay y el lago Ypacarai”.

Como resultado de estos tres años de cooperación, se han podido establecer legislaciones vinculadas a la protección de la calidad de aguas de acuerdo a una categorización de los ríos y arroyos en el Paraguay. Por otra parte, se ha podido clarificar la calidad de agua en la cuenca del río Paraguay, que es la fuente más importante de agua, siendo utilizado por más de un millón de ciudadanos como agua potable. En cuanto al monitoreo de calidad de agua, en los 26 puntos de estudio, se ha realizado un total de 7 análisis de calidad de agua, y se pudo realizar el estudio de variación de la calidad de agua en las diferentes estaciones del año.

Durante los 3 años de la ejecución del proyecto, 12 contrapartes fueron capacitado en las entidades de investigación del Brasil, y han aprendido tecnologías avanzadas en relación a la administración ambiental y el control de la calidad de agua.

Aprovechando esta publicación de este informe final, a la que podríamos llamarle como la cristalización de los 3 años de cooperación técnica, quisiera agradecer sinceramente al experto Hideo Kawai. De igual manera, hago presente mis agradecimientos al Ministro de la Secretaría del Medio Ambiente, el Ing. Alfredo Molinas, al Director de DIGESA del MSPyBS, el Sr Eduvingis florentin Cuenca Ortiz, y a todas las entidades vinculadas, quienes han apoyado activamente la ejecución del proyecto, y brindaron su esfuerzo para el avance del mismo.

Agencia de Cooperación Internacional de Japón  
Oficina en Paraguay  
Representante Residente  
**Ing. Hiroshi Saito**

Los estudios y diagnósticos ambientales realizados a lo largo de los últimos años concuerdan en señalar que el Paraguay afronta serios y crecientes problemas ambientales.

El agua es uno de los recursos naturales más importantes. El 80% del abastecimiento de agua potable en el Paraguay se realiza a través de las aguas subterráneas. Unos de los problemas existentes es el deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, debido al uso inadecuado de la tierra, contaminación de las áreas de recarga de los acuíferos, el monocultivo, el mal uso de agroquímicos tóxicos y peligrosos.

Con la promulgación de la Política Ambiental Nacional, se logra que los niveles de la organización política-administrativa a nivel nacional, departamental y municipal, se orienten a acciones estratégicas que permitan la descentralización de la gestión ambiental y el fortalecimiento de la capacidad de gestión local, con amplia participación social.

Para cumplir este objetivo de una forma realista es necesario que cada proyecto o actividad se incluya dentro de una planificación territorial en la que ya se haya tenido en cuenta el elemento ambiental. De este modo, las alternativas técnicamente viables no son tan numerosas ni tan diferentes, por lo que tienen sentido su comparación.

Las metodologías utilizadas para la evaluación del impacto ambiental son muy variadas y cada paso del procedimiento es importante porque condiciona los métodos que se usarán y los resultados que se obtendrán en los pasos siguientes. Por tanto, es necesario tener presente los posibles problemas con los que los técnicos se pueden encontrar al evaluar cualquiera de los documentos presentados, pero sobre todo el Impacto Ambiental, por que presenta diferentes alternativas, seleccionando la más adecuada desde el punto de vista ambiental.

Resulta entonces muy grato presentar este informe, que es parte de las actividades que la Cooperación del Gobierno de Japón a través de la JICA, esta brindando a la SEAM y DIGESA para la investigación de la Calidad de Agua de la Cuenca Oriental del Río Paraguay y el Lago Ypacarai, ya que el mismo ha contribuido a la obtención de datos imprescindibles para la preservación y control de este recurso natural tanpreciado, los cuales se presentan en este informe que permitirá la capacitación de técnicos así como también un marco de referencia para la realización de análisis de los parámetros Físicos – Químicos- y Biológicos incluyendo metales pesados y agrotóxicos.

Estamos seguros que la metodología utilizada para la colecta de datos, así como la tecnología implementada en este proyecto contribuirán significativamente en la toma de decisiones que permitan la preservación y control de los Recursos Hídricos y el mejoramiento del Saneamiento de la Calidad de vida de la población.

**Ing. Agr. MsC. Alfredo Molinas Maldonado**, Ministro  
Secretaria del Ambiente

Es un inmenso placer el tener la oportunidad de participar en este proyecto de la cooperación de JICA, SEAM y DIGESA para la investigación de la calidad de agua de la cuenca oriental del río Paraguay y el lago Ypacarai.

Además de haber contribuido a la obtención de las informaciones y datos imprescindibles para la preservación y control de estos recursos hídricos tan preciosos como se presentan en este informe, posibilitaron tanto la capacitación de técnicos a un nivel muy satisfactorio como también lo perfeccionamiento del equipamientos del laboratorio del DIGESA para la realización del análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos, inclusive de los metales pesados y agro tóxicos.

Estamos seguros que las tecnologías implementadas a través de este proyecto, podrán contribuir apreciablemente a la preservación y control de los recursos hídricos y mejoramiento del saneamiento de este país, por consiguiente, la calidad de vida de la población.

**Ing. Eduvigis Florentin Cuenca Ortiz**  
Director General –interino  
Dirección General de Salud Ambiental  
Ministerio del Salud Publica y Bien Social

# INDICE

## INTRODUCCIÓN

### CAPITULO 1: INVESTIGACIÓN HIDROGRAFICA DE LA CUENCA ORIENTAL DEL RÍO PARAGUAY

1. Características hidráulicas y polución hídrica de Alto Paraguay
  - 1.1. Características hidráulicas
2. Investigación de la cuenca oriental del río Paraguay
  - 2.1. Ocupación de suelo y características hidráulicas de la cuenca oriental
    - 2.1.1. Ocupación de suelo
    - 2.1.2. Condición hidráulica de la cuenca oriental
    - 2.1.3. Régimen hidrográfico de la cuenca Pilocomayo
    - 2.1.4. Variación de temperatura
  - 2.2. Uso múltiple y fuentes poluidoras
    - 2.2.1. Uso múltiple del río Paraguay
    - 2.2.2. Fuentes poluidoras
      - 2.2.2.1. Cloaca sanitaria
      - 2.2.2.2. Cargas industriales
      - 2.2.2.3. Cargas difusas originarias del área de cultivos
      - 2.2.2.4. Comparación de cargas generadas en la cuenca oriental
  - 2.3. Investigación de la calidad de agua del río Paraguay
    - 2.3.1. Calidad de agua del río Paraguay
    - 2.3.2. Calidad de agua de los ríos afluentes
      - 2.3.2.1. Sub-cuenca del río Apa
      - 2.3.2.2. Sub-cuenca del río Tagatija
      - 2.3.2.3. Sub-cuenca del río Aquidavan
      - 2.3.2.4. Sub-cuenca del río Ypane
      - 2.3.2.5. Sub-cuenca del río Jejui
      - 2.3.2.6. Sub-cuenca del río Manduvira
      - 2.3.2.7. Sub-cuenca de la R.M.Asunción
      - 2.3.2.8. Sub-cuenca del río Tebicuary
      - 2.3.2.9. Sub-cuenca del río Pilocomayo
  - 2.4. Consideración sobre la calidad del agua de la cuenca oriental
3. Problemáticas de la polución hídrica y medidas de control y fiscalización en la cuenca oriental

### CAPITULO 2: CONTROL Y GESTIÓN DEL LAGO YPACARAI

1. Estudio hidrológico de la cuenca Ypacarai
  - 1.1. Instalación de escala medidor y construcción de curva H/C
  - 1.2. Cálculo del caudal en la cuenca del Ypacarai
2. Uso de suelo y fuentes poluidoras
  - 2.1. Uso de suelo
  - 2.2. Fuentes poluidoras
    - 2.2.1. Cargas domésticas
    - 2.2.2. Cargas industriales
    - 2.2.3. Cargas difusas

3. Investigación de la calidad de agua del lago Ypacarai
  - 3.1. Característica de agua de afluentes
  - 3.2. Característica de agua del lago Ypacarai
  - 3.3. Eutrofización y proliferación de algas tóxicas
  - 3.4. Comportamiento de nutrientes
  - 3.5. Estimación para la mitigación de cargas de nutrientes para la Recuperación del lago
4. Consideración sobre la recuperación del lago ypacarai
  - 4.1. Alternativas de solución factible

### CAPITULO 3: DIRECTRICES PARA EL CONTROL Y GESTION DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

1. Fortalecimiento de normas para la preservación y control de recursos hídricos
2. Desarrollo de gestión de recursos hídricos a través de Comité de la cuenca hidrográfica.

### CAPITULO 4: CAPACITACIÓN DE PROFESIONALES DE DIGESA Y SEAM

1. Capacitación de profesionales y control de calidad del laboratorio de DIGESA / Ministerio de Salud.
2. Capacitación de profesionales de SEAM en el área de gestión de recursos hídricos

### CAPITULO 5: DIVULGACIÓN DE INFORMACIONES SOBRE EL LAGO DE KB YPACARAI PARA LA POBLACIÓN MENOS FAVORECIDA

### RECOMENDACIONES

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### ANEXOS

- ANEXO 1: Relación de cargas industriales
- ANEXO 2: Resultados de los análisis de agua y Fitoplancton
- ANEXO 3: Resultados de la identificación de plancton ( complementar )
- ANEXO 4: Estudio hidrológico del lago Ypacarai

## **INTRODUCCION**

El río Paraguay es uno de los principales contribuyentes de la cuenca del Plata, la mayor cuenca del mundo.

La cuenca del río Paraguay tiene una superficie de 1.095.000km<sup>2</sup>, en la que el 35 % pertenece al territorio Paraguayo, manteniendo un caudal medio de 3.500 m<sup>3</sup>/ s.

En la actualidad es bien conocida, su señal de alteración de la calidad de sus aguas en la cuenca del Alto Paraguay, a consecuencia de progresivas actividades antropogénicas que acarrearán una serie de impactos preocupantes en los recursos hídricos.

El río Paraguay , después de la formación de una inmensa área inundable con una de las más ricas biodiversidades del mundo, el pantanal, atraviesa el centro del territorio paraguayo, ofreciendo una enorme potencialidad para el uso múltiple, especialmente en la región central donde se concentran la mayor población y también las actividades industriales como las agropecuarias.

Aunque se haya desarrollado una investigación de la calidad de agua en la cuenca del Alto Paraguay, en estos últimos años, por iniciativa del ANA y de la Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul do Brasil, para el control del deterioro de la calidad de agua, nunca se realizó una investigación sistemática en la cuenca perteneciente al territorio paraguayo.

Frente a esta situación, fue firmado el Convenio de cooperación entre la JICA, SEAM y SENASA (actualmente DIGESA), en diciembre del 2003 con un plazo de 3 años, con el objetivo de transferir tecnologías para la realización de investigaciones de la calidad del agua y sus fuentes poluidoras en la cuenca oriental, para el control y mejoramiento de los recursos hídricos en esta cuenca. Fueron incluidos, dentro de este Convenio, también las actividades de cooperación para el perfeccionamiento de las normas de control de la calidad del agua y las fuentes poluidoras y el apoyo para la formación del Comité de las cuencas hidrográficas, procedimientos fundamentales para posibilitar el alcance del objetivo establecido en este Convenio.

Vale resaltar que la capacitación de profesionales de órganos de contrapartidas y el perfeccionamiento del laboratorio de DIGESA, como la participación de expertos de JICA, fueron los temas importantes para lograr el éxito de la transferencia señalada.

Estamos seguros que los datos y las informaciones presentadas en este informe ofrecen importantes auxilios para el control y mejoramiento de los recursos hídricos del río Paraguay, inclusive de aquellas que recorren en las regiones fronterizas.

## **CAPITULO 1: INVESTIGACIÓN HIDROGRAFICA DE LA CUENCA ORIENTAL DEL RÍO PARAGUAY**

El río Paraguay que atraviesa en el medio del territorio Paraguayo constituye uno de los recursos hídricos más importantes de este país. Miles de sus habitantes dependen directa e indirectamente de él, no solo para el abastecimiento de agua potable, como también para una serie de uso múltiple.

Con el rápido avance de la ocupación del suelo, acompañado del aumento de las actividades antropogénicas en las cuencas formadoras, tanto en el territorio del lado Paraguayo como en Alto Paraguay, resultarían una inevitable alteración de la calidad de sus aguas.

Aunque se haga el uso del agua tan importante, nunca fue valorada debidamente, hasta la fecha, sobre el río Paraguay propiamente, como también sus principales afluentes en cuenca del lado Oriental del Paraguay, en que se concentran la mayor población y actividades de las industrias, como de las agropecuarias del Paraguay. Dentro de este contexto, se realizaron las investigaciones limnológicas y sanitarias, a partir de 2004 con el plazo de 3 años.

Paralelamente con las investigaciones de calidad del agua, fue ejecutado, también, el levantamiento de datos sobre cargas poluidoras que afectan directa e indirectamente la calidad de agua de los recursos hídricos en la cuenca en estudio.

La ocupación del suelo en el Alto Paraguay constituye, también, un aspecto preocupante, teniendo en cuenta la preservación de la calidad del agua en el territorio Paraguayo. En este sentido, se realizaron levantamientos de informaciones referentes a la ocupación de suelo y sus consecuencias, relacionadas con la alteración ambiental ocurrida en la cuenca del Alto Paraguay.

### **1. CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS Y POLUCIÓN HÍDRICA DEL ALTO PARAGUAY**

#### **1.1. Características hidráulicas**

La cuenca del río Paraguay, constituida principalmente por una gran planicie, abarca una superficie de 1.095.000 km<sup>2</sup>, de las cuales cerca de 490 000km<sup>2</sup> pertenece a Alto Paraguay, encontrándose su nacimiento en las sierras de Parecis ubicados en territorio brasileño.

Dentro de estas áreas del Alto Paraguay, aproximadamente 80% de sus áreas pertenecen al territorio brasileño, constituido por Estado de Mato Grosso y Mato Grosso Sul que hacen parte el Arco del Departamento donde avanza la ocupación y deforestación para la región Amazónica.

El área del Alto Paraguay se puede distinguir por dos partes geográficamente, o sea, una gran planicie con un área aproximada de 140 000 km<sup>2</sup> y la otra parte restante de esta cuenca pertenece a la región alta, como se verifica en la figura a continuación.

La planicie inundable que forma el pantanal representa una de las más importantes áreas húmedas del mundo. Este ambiente periódicamente inundado, en él reserva una alta diversidad biológica con gran densidad y apreciable variedad.

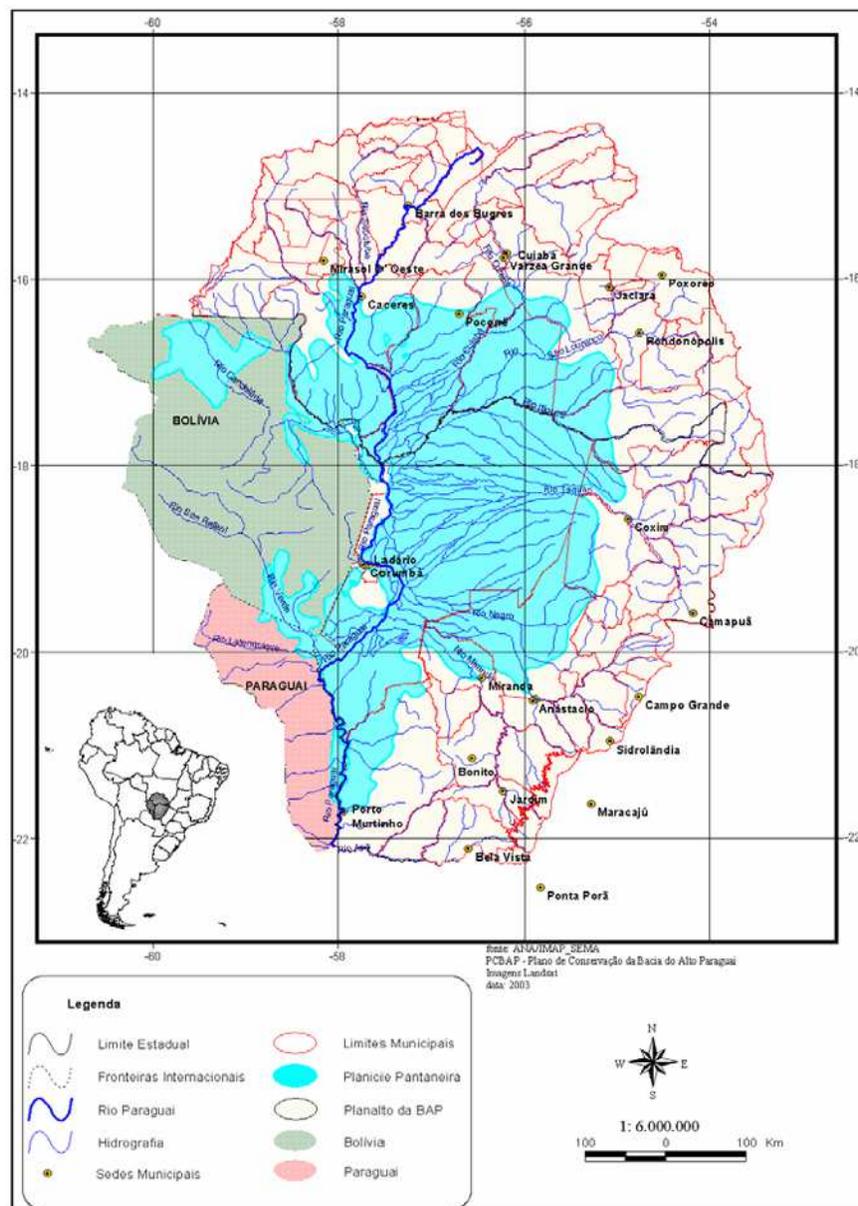
El terreno es muy plano, con suaves ondulaciones o altitud, del orden de 5– 30 cm. / Km. en dirección este –oeste y en la dirección norte-sur su inclinación es aún menor, alrededor de 1,5 a 3,0 cm. /Km.

Geomorfológicamente, el pantanal es un extenso y complejo bajío aluvial. La creciente anual, que ocurre entre enero y junio, inunda una parte considerable del Pantanal, que varía

en dimensión de hasta 5 veces más, de acuerdo con la intensidad pluviométrica. Ideológicamente, la región funciona como un gran lago que acumula el flujo de las aguas provenientes de las cuencas de drenaje. El tiempo de permanencia de las aguas en esta región del Pantanal puede aumentar hasta 5 meses en épocas lluviosas. Esta retención de las aguas es muy importante, no solo para el mantenimiento de la más rica biodiversidad del

Pantanal, sino también para el beneficio de la navegación. A parte de estos aspectos, el retraso del flujo de aguas por tiempo prolongado es beneficioso para la retención de sólidos y la degradación de sustancias poluidoras.

El río Paraguay que atraviesa en medio de la planicie, desde la naciente hasta la confluencia con el río Apa, tiene una extensión de 1.670 km.

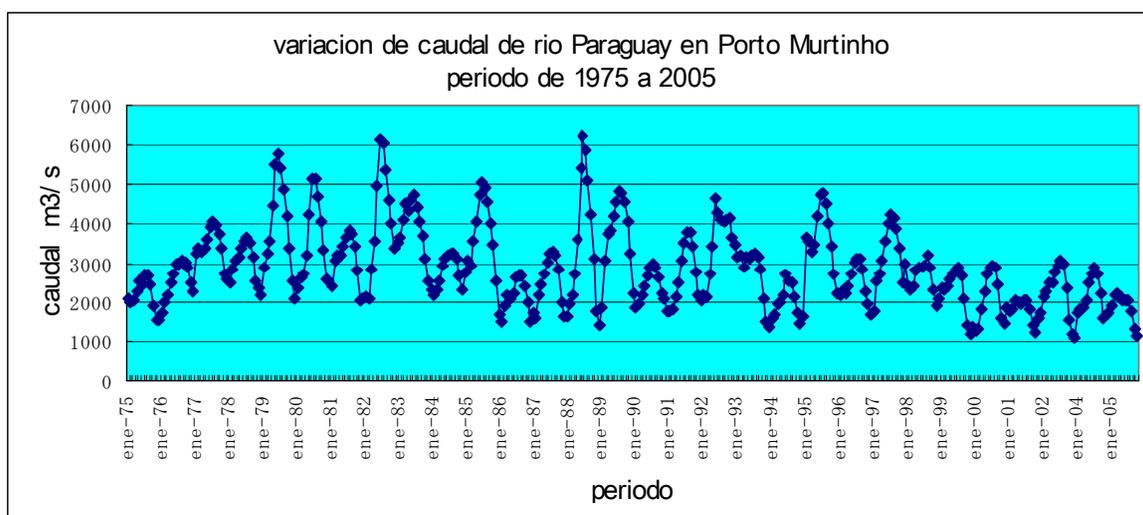


**Bacia hidrográfica do Alto Paraguai.**

Según Chamorro y Coronel (2004), el caudal medio histórico del río Paraguay en el punto de confluencia con el río Paraná se estima en 4 200m<sup>3</sup>/s. Las precipitaciones en el pantanal ocurren en régimen de “monsoon”. La gran parte de las precipitaciones se registran en el período de octubre y marzo, habiendo una inundación gradual de las enormes áreas de depresión pantanal (Lacerda y Barros 1998). El agua acumulada en este reservatório natural se elimina lentamente para el río de aguas abajo. El efecto de esta regulación provoca el desfase de onda de caudal de 3 a 4 meses. En punto de Cáceres

territorio Boliviano ubicada arribas en el pantanal, se verifica el pico de precipitación normal en febrero y marzo, mientras ocurre tal fenómeno en el período de abril a junio en región debajo de Ladario. La región restante de las cuencas hidrográficas del río Paraguay sigue, también, el régimen de “monsoon”, con la intensidad de precipitaciones en verano que corresponde casi tres veces más que invierno. Sin embargo, la contribución medida en el trecho entre Ladario y Asunción indica un aumento del caudal en época de febrero y junio cuando se restringe el pico de contribución. La diferencia del período de mayor precipitación y la contribución del caudal debe ser interpretada como la consecuencia de una intensa tasa de evapotranspiración en el verano, reflejado en la reducción del caudal en la época de mayor precipitación (Chamorro y Coronel 2004).

Se presenta en la figura siguiente el comportamiento de la contribución media mensual de los últimos 30 años registrados en Porto Murтинho (ANA), ubicado aproximadamente 50 Km. arriba de la confluencia del río Apa con el río Paraguay



Se nota un rango de apreciable oscilación de contribución aproximada de 1 500m<sup>3</sup>/s a 6 200m<sup>3</sup>/s en el período de 1979 a 98, ocurriendo una tendencia de reducción para un rango de 1000 m<sup>3</sup>/s a 3000 m<sup>3</sup>/s en estos últimos 6 a 7 años.

Fue registrado en el período de mayo a agosto la mayor contribución, durante el período de aguas arriba, obteniendo sobre todo, su pico en junio y julio de mayor preponderancia.

## 1.2. Polución hídrica

En la región alto de Alto Paraguay, grandes áreas de cerrado fueron desforestadas y transformadas en actividades agro-industriales, cuya mayor parte es destinada a la producción de soja y algodón, además, plantaciones de maíz y trigo en menor escala. La exportación de estos granos está, entre las principales economía del Brasil, figurando el Estado de Mato Grosso y Mato Grosso do Sul como uno de los principales productores del país.

Según el informe de SEMA ( Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Hídrico) del Estado de Mato Grosso do Sul( 1994- 2004) , la deforestación fue estimada en cerca del 65 % del área boscosa del altiplano y 10 % del Pantanal.

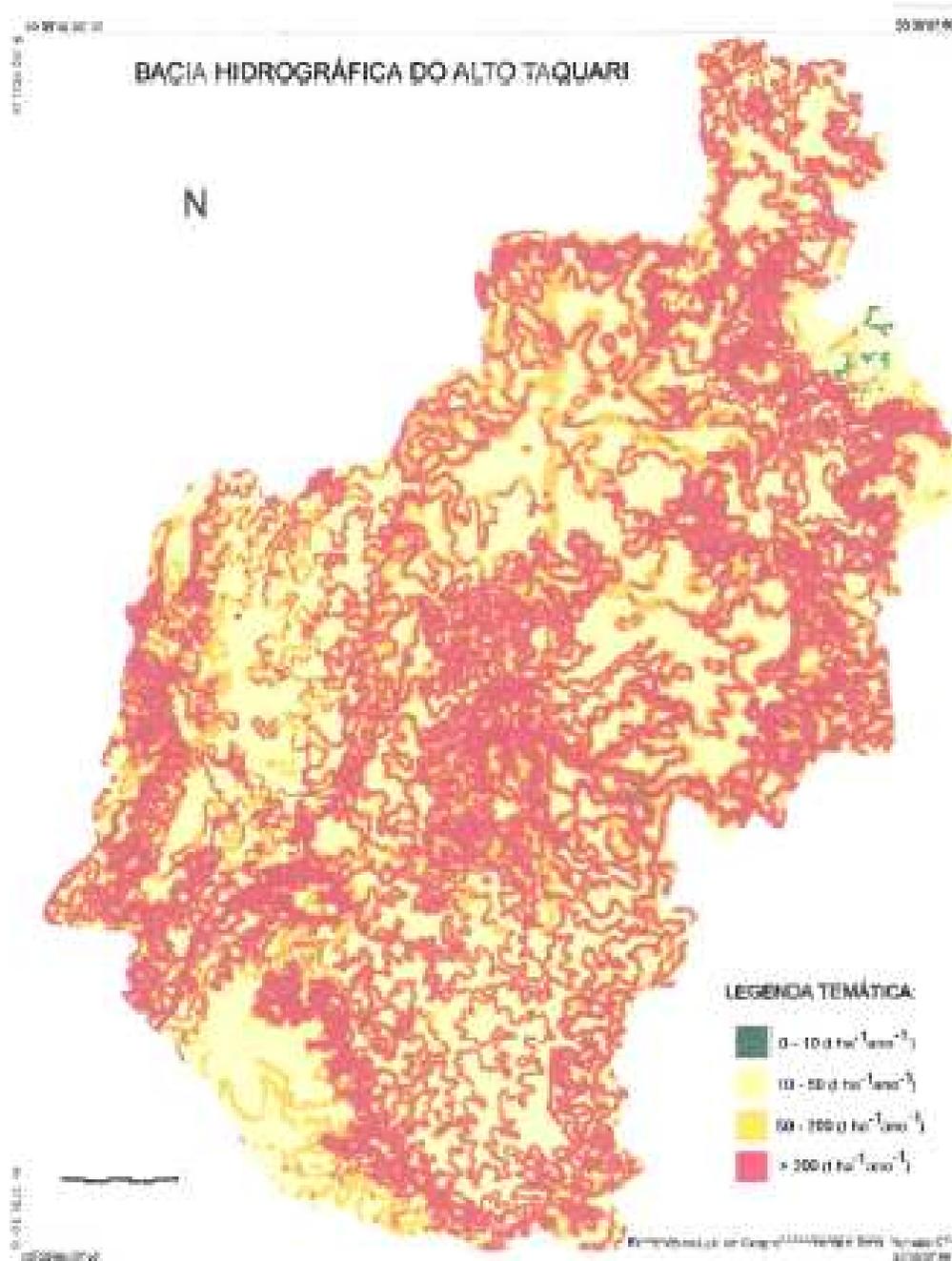
El área que no dispone de tierra fértil está siendo ocupada para la cría del ganado. Así, las actividades agropecuarias en gran escala de esta región del altiplano tienen como resultado la deforestación, alteración de hábitat y erosión del suelo, provocando un gran cúmulo de sedimentos en los cursos de agua de las áreas inundables, fruto de las áreas desforestadas.

Además, como la calidad del suelo del cerrado es reconocidamente pobre en nutrientes, los estancieros de la región han adoptado el uso masivo de productos químicos, fertilizantes



Por otro lado, el estudio realizado por Embrapa (Sergio 2003) estimó la descarga de sólidos en la cuenca de Alto Taquary en el orden de 60 a 200t/ha/año, considerado extremadamente elevado, como se verifica en la figura de abajo.

**Figura 1.1.4. Mapa de potencial erosión hídrica en el Alto Taquari**



Todos los procesos de erosión acompañan el arrastre de materiales contenidos en el suelo, tales como, sustancias orgánicas, fertilizantes químicos, metales y agroquímicos etc., residuales en el suelo, constituyéndose como grandes fuentes de contaminación hídrica.

Conforme a los datos en el informe de SEMA referido mas adelante, fueron detectados varios grupos de agrotóxicos, inclusive los herbicidas órgano clorados, insecticidas, fungicidas y desfoliantes de órgano fosforados.

Además, en las muestras colectadas en los ríos Tacuary y Negro, se verificó una elevada concentración de metales, principalmente de cromo, magnesio, zinc, níquel, plomo y cobre. Tales acumulaciones de tóxicos afectan la presencia de animales bentónicos y disposición de sedimentos para las obras de drenaje.

Con relación a la explotación de oro por los garimpeiros, más específicamente en la región de Poconê, puede contribuir no solo a la polución hídrica, en términos de Hg.(mercurio), si no también como destrucción ambiental terrestre. Las investigaciones efectuadas por la UFMS del Brasil en el 2002, destacó la presencia de Hg en peces con las concentraciones arriba de patrón. En tanto, las investigaciones realizadas (2003, Kuno) de la USP, las concentraciones de mercurio total analizados en los 74 peces, procedentes de los ríos Cuiaba y Paraguay variaban de 0,02 a 0,08 ug/g , siendo siempre inferior a la concentración establecida por la legislación brasilera como valor máximo permitida para consumo humano.

La Fundación Estadual del Medio Ambiente de Mato Grosso do Sul y ANA realizan monitoreo de calidad de agua en varias cuencas hidrográficas del Alto Paraguay. Los datos obtenidos en 2004 en algunas cuencas del Alto Paraguay, a través de 63 puntos de monitoreo, que se muestran en la tabla siguiente.

Se observan elevadas concentraciones de nitrógeno, fósforo y sólidos totales y bajos valores de oxígeno, conforme a los puntos de colecta y de épocas del años, indicando innegable consecuencias de los impactos de erosión y lanzamiento de desechos poluidos.

**Tabla 1.1. Resultados de análisis de agua en la cuenca del Alto Paraguay (mg / L o UFC / 100mL)**

| Parámetro   | Cuenca hidrográfica |               |                         |               |            |                        |
|-------------|---------------------|---------------|-------------------------|---------------|------------|------------------------|
|             | río Apa             | río Correntes | río Miranda             | río Nabileque | río Negro  | río Tauqari            |
| No de punto | 6                   | 8             | 24                      | 3             | 6          | 16                     |
| Ph          | 5 - 6               | 5,5 - 6,7     | 4,6 - 8,3               | 5 - 6,5       | 6,5 - 7,7  | 5,4 - 8,5              |
| OD          | 5,4 - 6,2           | 4,8 - 7,6     | 3,1 - 9,3               | 0,5 - 4,8     | 4,5 - 7,5  | 0,6 - 7,9              |
| NT          |                     | 0,11 - 0,37   | 0,12 - 26,7             |               |            | 0,14 - 11,25           |
| PT          |                     | 0,057 - 0,326 | 0,014 - 2,79            |               |            | 0,04 - 0,415           |
| ST          |                     | 10 - 60       | 32 - 449                |               | 9,3 - 25,8 | 35 - 315               |
| Coli. Fecal |                     | 2 - 900       | 40 - 16x10 <sup>6</sup> |               |            | 2 - 13x10 <sup>3</sup> |

Por la preocupante degradación ambiental y considerando la necesidad del desarrollo socio-económico de la región, fue implementado en 1997, un Plan de Conservación de la

Cuenca del Alto Paraguay (PCBAP), dentro del Ministerio de Medio Ambiente del Brasil, tratando de compatibilizar preservación de recursos naturales, economía, salud, educación, cultura indígena, organización legal e institucional.

Este programa recomienda la implementación de directrices generales y específicas con las siguientes tres premisas básicas:

- Preservación ambiental
- Desarrollo sustentable
- Recuperación ambiental

En cuanto a la creación del comité con la PCBAP, fue implementado un Comité de Integración de las Cuencas Hidrográficas del Alto Paraguay con el propósito de la gestión de los recursos hídricos, la viabilización técnica, económica-financiera del programa de investigación y la consolidación de la política de estructuración urbana y regional para el desarrollo sustentable de la cuenca del Alto Paraguay-Pantanal. La articulación intersectorial e ínter estatal de modo a garantizar las iniciativas de estudios, proyectos, programas y plan de acción sean compatibles y complementarios, integrados y constante con las cuencas hidrográficas mencionadas.

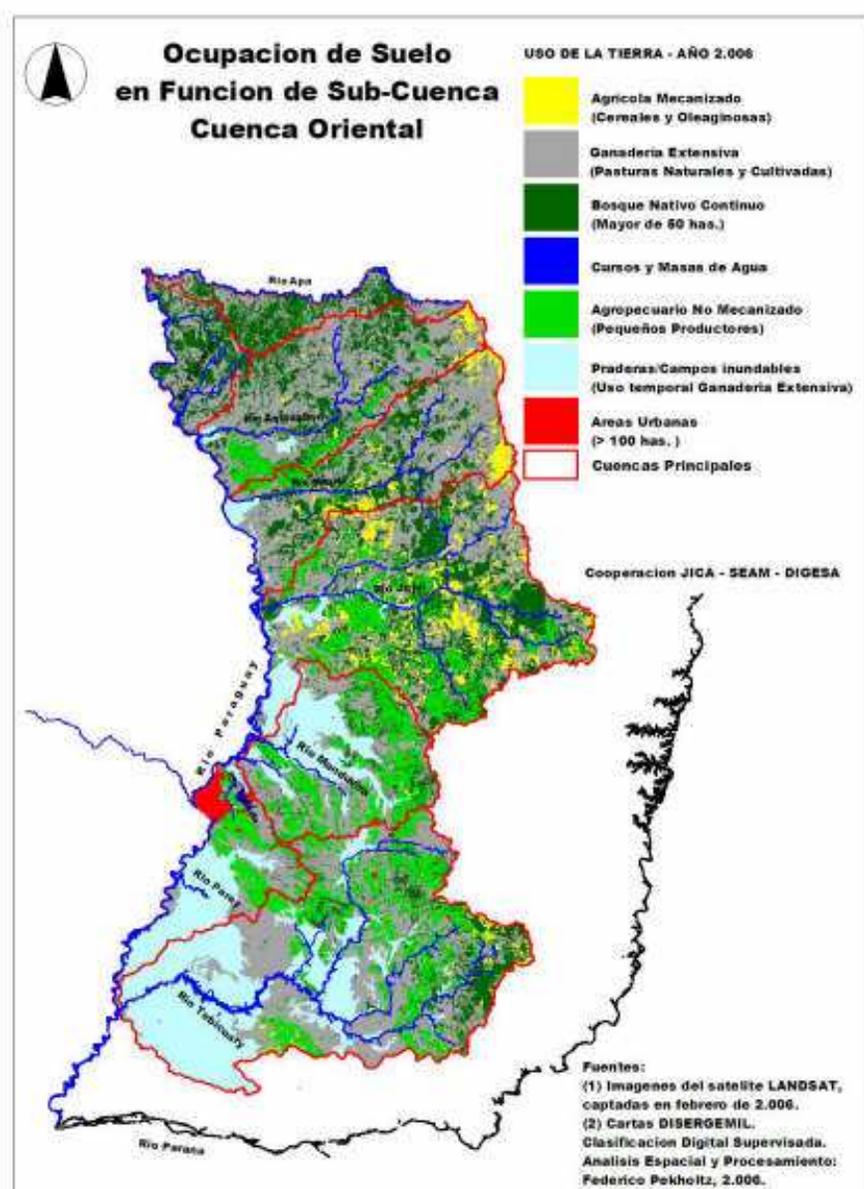
## 2. INVESTIGACIÓN DE LA CUENCA ORIENTAL DEL RÍO PARAGUAY

### 2.1. Ocupación de suelo y características hídricas de la cuenca oriental

#### 2.1.1. Ocupación del suelo

La cuenca hidrográfica de la región oriental seleccionada para el presente estudio presenta una superficie de 10.479.658 ha. De acuerdo con el análisis e interpretación de la imagen satelital (2006) (figura a continuación), la cuenca está compuesta de 8 sub-cuencas hidrográficas, de las cuales las pasturas (ganadería) ocupan la mayor área (41,7% del total), seguida de bosques(21,8%), áreas inundables (17,5%), minifundiarias (14%), cultivos mecanizados (4,1%), zonas urbanas (0,8%) y agua (0,13% ), como se verifica en figuras 2.1.1 y tabla 2.1.1 y figura 2.1.2.

Fig. 2.1.1. Ocupación de suelo según la imagen de 2006



De manera general, se observa que la ocupación de suelo para la agricultura, que genera serias consecuencias de erosión, se presenta una tendencia a aumentar, avanzando desde norte para sur.

En la sub-cuenca del Apa, que esta ubicada en la región extremo norte de la cuenca oriental y frontera con el Brasil, está cubierta por bosque más del 50 % y ocupada casi el 45 % por

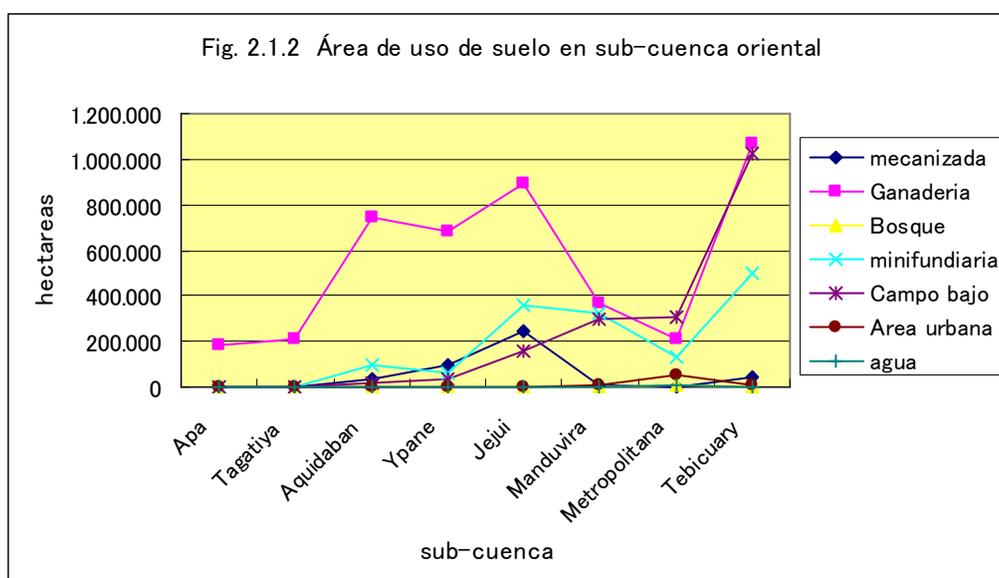
la ganadería. Se debe resaltar, no obstante, que la parte brasilera de esa sub-cuenca juntamente con el área mayor presenta una intensa explotación agrícola como se aclara posteriormente, en el ítem relativo a la calidad de agua. El área agrícola tanto a escala mecanizada como a pequeña escala no llega al 1 % del área total, en el territorio paraguayo.

La Sub-cuenca del Tagatiga está ocupada por bosque y ganadería en su mayor parte, pero, sin agricultura manteniendo, por consiguiente, la calidad del agua satisfactoriamente preservada.

Tanto de la sub-cuenca del Aquidaban como la del Ypane posee una superficie en torno de 1250 000 ha, estando conservada cerca de 35% de sus áreas boscosas. La ocupación por la agricultura llega a mas de 10 % en el Aquidaban y 13% en el Ypane, lo que corresponde a un área, de 128.021 ha y 162 643 ha. respectivamente.

**Tabla 2.1.1. Área de la ocupación del suelo en función de la categoría**

| sub-cuenca    | Agricultura mecanizada | Ganadería Extensiva | Bosque nativo | Agricultura minifundiaria | Campo bajo inundable | Area urbana | Massa de agua | Total      |
|---------------|------------------------|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------|-------------|---------------|------------|
| Apa           | 1.494                  | 185.359             | 217.061       | 2.696                     | 0                    | 676         | 899           | 408.185    |
| Tagatiya      | 0                      | 208.924             | 197.168       | 0                         | 0                    | 744         | 3.336         | 410.172    |
| Aquidaban     | 32.408                 | 744.261             | 359.133       | 95.613                    | 20.042               | 1.545       | 1.810         | 1.254.812  |
| Ypane         | 99.716                 | 683.244             | 344.656       | 62.927                    | 38.224               | 2.143       | 93            | 1.231.003  |
| Jejui         | 246.974                | 897.636             | 713.649       | 356.813                   | 153.502              | 3.391       | 498           | 2.372.463  |
| Manduvira     | 4.959                  | 369.711             | 117.992       | 323.219                   | 295.733              | 7.195       | 0             | 1.118.809  |
| Metropolitana | 47                     | 206.292             | 18.153        | 127.557                   | 304.987              | 56.933      | 5.761         | 719.730    |
| Tebicuary     | 46.149                 | 1.072.573           | 314.435       | 496.794                   | 1.023.118            | 9.219       | 1.230         | 2.963.518  |
| Total         | 431.747                | 4.368.000           | 2.282.247     | 1.465.619                 | 1.835.606,00         | 81.846      | 13.627        | 10.478.692 |



En la sub-cuenca del Jejui-Guazú, que representa la segunda sub-cuenca en tamaño después del Tebicuary, se encuentra un sensible aumento de las actividades agrícolas, ocupando un área de mas de 600 000 ha., de las cuales el 41% corresponden al área de producción mecanizada.

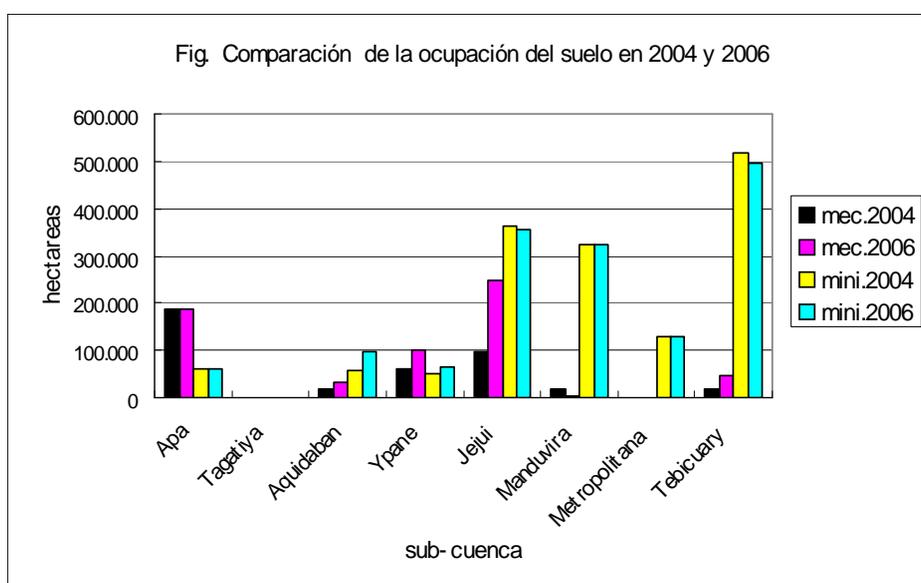
La sub-cuenca del Manduvira posee la mitad del área del Jejui, donde tiene el área agrícola de 328.000 ha, lo que equivale a cerca de 30 % del área total de esta cuenca.

En la cuenca de la Región Metropolitana de Asunción que abarca aproximadamente 127 600 ha, se verifica la mayor concentración de la población y de las actividades industriales y comerciales. Además se encuentran pocas áreas boscosas (2,5%) y reducida actividad agrícola (18 %). En compensación, ocurre la mayor expansión de áreas urbanas (0,8 %).

La sub-cuenca del Tebicuary cuya área total es de casi 3.000.000 ha. poseen las áreas destinadas cerca del 18% para la agricultura (542.943ha.) y 30% para ganadería (1.072.573ha.). La misma superficie destinada a la ganadería en esta cuenca, esta ocupada por áreas inundables. Una de las actividades agrícolas que merece atención especial en esta cuenca es la de plantación de arroz con riego en la región de arreadores de Villa Florida.

Este tipo de cultivo usa un significativo caudal de agua y fertilizantes químicos que pueden afectar no solamente el régimen hidrológico sino también la calidad de agua de los recursos hídricos.

Otro aspecto que merece ser resaltado es que hubo significativo aumento de áreas agrícolas mecanizada de 2004 para 2006, especialmente, en la sub-cuenca de Jejui y Tebicuary, como se verifica en figura a continuación.



Aunque no se disponga todavía de los datos sobre áreas cultivadas en función de sub-cuenca, se relacionan, en la tabla 2.1.2, los datos estadísticos de producción y ocupación del suelo por Departamento, elaborados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en los años 2004/ 5, con el fin de tener una visión general sobre el tipo de cultivo predominante en cada región de la sub-cuenca en estudio.

Se observa la soja, mandioca, maíz, caña de azúcar, algodón, etc. que son los productos que ocupan mayores áreas de plantaciones en la región de la cuenca oriental,

**Tabla 2.1.2. Área y producción de Cultivo**

|                 | Tomato |        | Algodon |        | arroz con riego |        | arroz seco |       | Arveja |       |
|-----------------|--------|--------|---------|--------|-----------------|--------|------------|-------|--------|-------|
|                 | Ha     | t      | ha      | T      | Ha              | t      | ha         | t     | ha     | t     |
| 01. CONCEPCION  | 200    | 5.680  | 8.330   | 6.605  | -               | -      | 140        | 196   | 25     | 20    |
| 02. SAN PEDRO   | 195    | 5.800  | 45.450  | 43.540 | 1.400           | 2.970  | 45         | 59    | 480    | 600   |
| 03. CORDILLERA  | 175    | 3.792  | 1.300   | 1.020  | 310             | 800    | 10         | 7     | 1.560  | 1.700 |
| 04. GUAIRA      | 10     | 340    | 9.130   | 7.005  | 330             | 740    | 30         | 42    | 65     | 65    |
| 05. CAAGUAZU    | 500    | 17.000 | 55.300  | 52.815 | 270             | 410    | 120        | 216   | 450    | 450   |
| 06. CAAZAPA     | 400    | 11.000 | 21.040  | 14.650 | 6.480           | 20.400 | 320        | 380   | 420    | 420   |
| 07. ITAPUA      | 383    | 6.850  | 24.610  | 25.750 | 8.750           | 29.700 | 300        | 800   | 300    | 450   |
| 08. MISIONES    | 26     | 884    | 6.330   | 4.600  | 13.690          | 39.600 | 80         | 96    | 40     | 40    |
| 09. PARAGUARI   | 85     | 2.400  | 11.300  | 7.250  | 1.440           | 5.000  | 500        | 750   | 270    | 170   |
| 10. ALTO PARANA | 43     | 1.634  | 14.100  | 11.300 | 215             | 570    | 500        | 1.100 | 975    | 1.110 |
| 11. CENTRAL     | 280    | 10.360 | 1.850   | 1.400  | 540             | 1.600  | 5          | 10    | 190    | 190   |
| 12. ÑEEMBUCU    | 8      | 260    | 5.000   | 3.000  | -               | -      | -          | -     | 19     | 19    |
| 13. AMAMBAY     | 45     | 1.350  | -       | -      | 25              | 50     | 790        | 920   | 73     | 65    |
| 14. CANINDEYU   | 50     | 1.500  | 18.120  | 17.120 | 50              | 160    | 1.600      | 1.924 | 100    | 99    |

|                 | Maiz    |         | Mandiaca |         | Mani  |       | banano |        | Naranja |            |
|-----------------|---------|---------|----------|---------|-------|-------|--------|--------|---------|------------|
|                 | ha      | T       | ha       | T       | ha    | t     | ha     | t      | ha      | pie arvole |
| 01. CONCEPCION  | 9.090   | 12.600  | 16.305   | 261.035 | 320   | 310   | 290    | 2.200  | 20      | 120.000    |
| 02. SAN PEDRO   | 35.000  | 38.500  | 43.000   | 611.600 | 4.810 | 4.420 | 3.340  | 4.600  | 6.710   | 35.880.820 |
| 03. CORDILLERA  | 2.720   | 2.600   | 12.850   | 177.500 | 450   | 460   | 1.180  | 10.000 | 610     | 3.020.350  |
| 04. GUAIRA      | 21.820  | 29.680  | 12.900   | 217.510 | 20    | 20    | 5      | 5      | 5       | 7.830      |
| 05. CAAGUAZU    | 50.000  | 68.000  | 38.500   | 647.280 | 4.760 | 4.690 | 5.390  | 13.000 | 885     | 4.137.080  |
| 06. CAAZAPA     | 30.500  | 60.500  | 29.325   | 439.350 | 4.510 | 4.610 | 230    | 3.000  | 160     | 458.720    |
| 07. ITAPUA      | 50.000  | 160.000 | 35.060   | 723.400 | 3.510 | 4.300 | 190    | 1.900  | 12      | 18.490     |
| 08. MISIONES    | 8.050   | 6.400   | 3.900    | 56.550  | 320   | 295   | 210    | 1.600  | 10      | 15.420     |
| 09. PARAGUARI   | 19.550  | 17.050  | 17.500   | 243.600 | 850   | 720   | 300    | 2.900  | 30      | 28.000     |
| 10. ALTO PARANA | 102.720 | 289.020 | 26.500   | 376.000 | 2.220 | 4.530 | 120    | 1.400  | 40      | 165.360    |
| 11. CENTRAL     | 2.180   | 2.200   | 665      | 8.650   | 120   | 100   | 100    | 700    | 3       | 5.000      |
| 12. ÑEEMBUCU    | 9.130   | 6.750   | 1.325    | 19.000  | 2.685 | 2.540 | 100    | 300    | -       | -          |
| 13. AMAMBAY     | 13.640  | 35.500  | 8.500    | 154.000 | 200   | 165   | 100    | 700    | 55      | 55.000     |
| 14. CANINDEYU   | 40.900  | 95.000  | 43.000   | 841.300 | 1.510 | 1.310 | 895    | 6.000  | 860     | 1.126.460  |

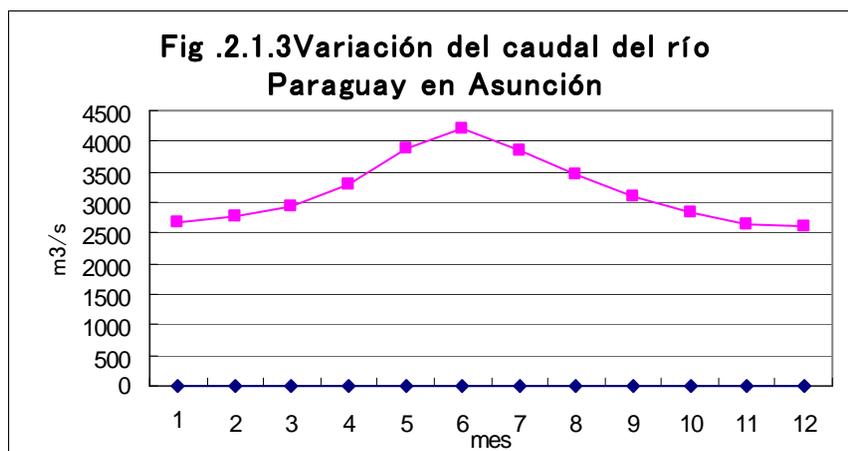
### 2.1.2. Condicion hidráulica de la cuenca oriental

El río Paraguay recorre aproximadamente 1.200 Km. en territorio Paraguayo desde la confluencia entre el río Apa y el río Paraná.

De acuerdo con sus características diferenciales dentro de la cuenca hidrográfica oriental puede dividirse en dos zonas, la Región entre el Apa y el río Pilcomayo (Paraguay medio) y la Región entre el río Pilcomayo y el río Paraná (Paraguay bajo)(Monte Domeuque *et al*, 2003)

Según el mismo autor, su régimen es bastante regular, con un caudal promedio de 2.900 m<sup>3</sup>/s; los caudales mínimos son de aproximadamente 900 m<sup>3</sup>/s y los máximos 12.000 m<sup>3</sup>/s conforme a los datos históricos registrados en Estación de Asunción. Se observó que su velocidad media es de aproximadamente de 3 Km./h y la profundidad media de 5m.

El comportamiento de contribución conforme a la época del año obtenido en Asunción esta ilustrado en la figura a continuación (Barros *et al*, 2003). Como se indica en esta figura , el pico del caudal se presenta en el mes de junio en términos de media mensual.



Según el informe de Oporto (2004), la cuenca oriental abarca 11 principales ríos afluentes, como se ve en la tabla 2.1.3. Dentro de estos ríos referidos, río Apa, río Aquidaban, río Ypane, río Jejuy Guazú, río Manduvirá y río Tebicuary representan cerca del 88% del caudal total de la cuenca citada.

**Tabla 2.1.3. Datos hidrológicos de la región oriental**

| Río              | Área de drenaje Km <sup>2</sup> | Longitud del curso Km. | Caudal m <sup>3</sup> / s | Tasa de contribución L/Km <sup>2</sup> /s |
|------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------|---|
| Río Apa          | 4.798                           | 353                    | 202                       | 47  |
| Río Aquidabán    | 11.532                          | 300                    | 172                       | 14.9                                      |
| Río Ypane        | 9.935                           | 323                    | 165                       | 16.6                                      |
| Riacho Guarepoti | 5.682                           |                        | 93                        | 16.4                                      |
| Río Jejui Guazú  | 20.073                          | 327                    | 325                       | 16.2                                      |
| Río Manduvirá    | 9.401                           | 174                    | 136                       | 14.5                                      |
| Río Tebicuary    | 31.317                          | 360                    | 506                       | 16.2                                      |
| Arroyo Piribebuy | 1.405                           | 114                    | 17                        | 5   |
| Río Salado       | 1.066                           | 84                     | 11                        | 10.3                                      |
| Alberdi          | 519                             | 22                     | 6                         | 11.6                                      |
| Pilar            | 3.003                           | 60                     | 35                        | 11.7                                      |
| <b>Total</b>     | <b>98001</b>                    |                        | <b>1704</b>               | <b>15.7</b>                               |

La tasa de contribución del agua de cada sub- cuenca, excepto la del río Apa, se estima en 7,5 a 16,6 L/ km<sup>2</sup>/s, de acuerdo con los datos detallados en la tabla, cuyas cifras pueden ser consideradas bajas, comparativamente con las de otras cuencas en general. La contribución de la cuenca del Apa fue obtenida en 47L/ km<sup>2</sup>/s, considerada bastante alta.

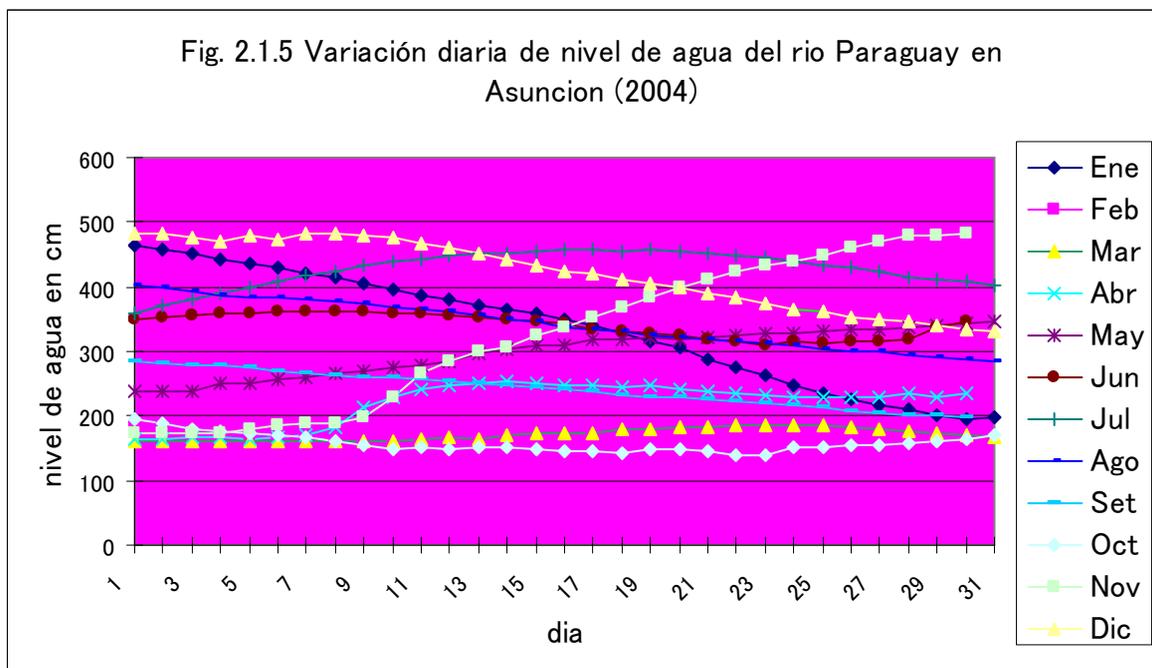
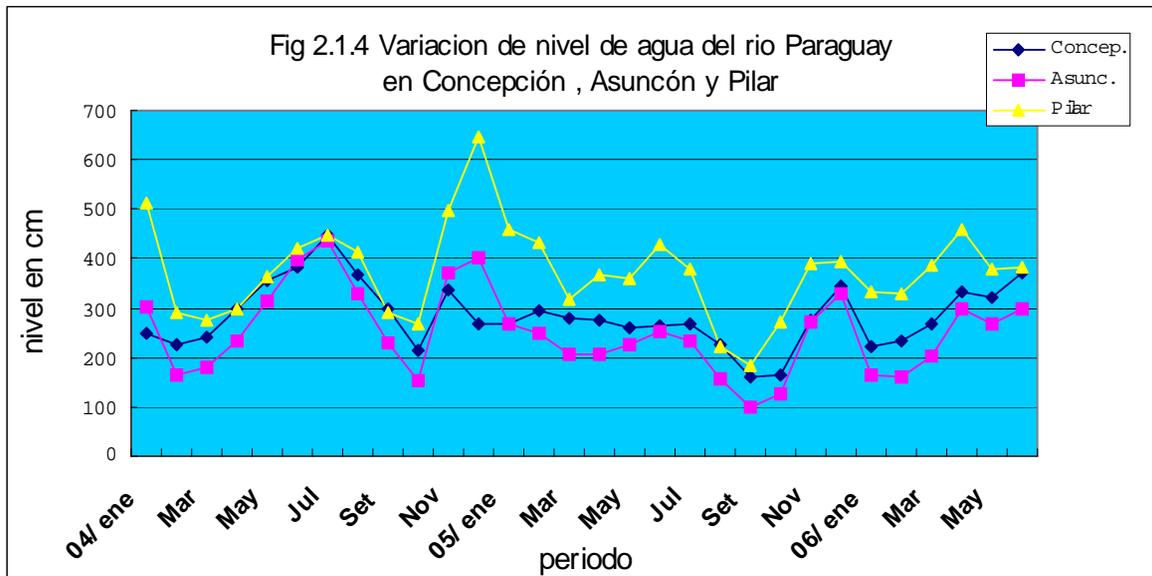
La contribución total generada en esta cuenca oriental llega a 1704 m<sup>3</sup>/s.

Son primordiales las informaciones relativas al comportamiento hidrológico para cualquier tipo de estudio de los recursos hídricos. Sin embargo, no hay ningún puesto fluviométrico en funcionamiento, actualmente, en el Paraguay. Para suplir tal deficiencia, se tomaron los datos del nivel de agua del río Paraguay y de la precipitación pluviométrica como base del comportamiento hidráulico para sustentar la interpretación de la calidad del agua.

El nivel de agua del río Paraguay esta siendo medido diariamente por el Departamento de Navegación del Ministerio de Marina en el puesto de Concepción, Asunción y Pilar.

En la figura a continuación se presenta la variación del nivel de agua desde enero/2004 a julio/2006, correspondiente al período de la presente investigación.

Se verifica que el pico del nivel de agua entre los meses de julio /2004 y de enero /2005, se verifico una repetición de este ciclo de variación en los años continuos, aunque no sea uniforme la escala de pico observada. Los niveles registrados en Pilar resultaron, una media, mayor en relación con los de otros puestos. Los comportamientos hidrológicos arriba referidos deben haber sido influenciados fuertemente por el ciclo climatológico e hidrológico que ocurren en Alto Paraguay como ya fue explicado anteriormente. Además de las influencias del Alto Paraguay, se debe llevar a consideración las condiciones climatológicas en la cuenca oriental, cuyo comportamiento puede ser relacionado por la precipitación pluviométrica.



Con relación a la variación diaria en puesto de Asunción, por ejemplo, se observó alteración más expresiva en el mes de diciembre y enero del 2004, manteniéndose relativamente estable en los demás meses.

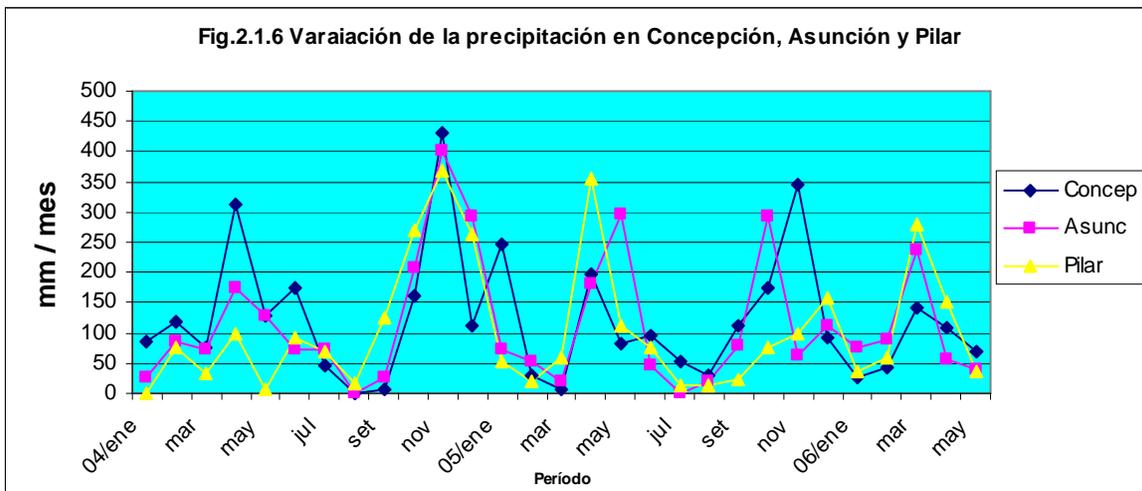
Se presenta en la figura 2.1.6, la oscilación de precipitación que ocurren en períodos bien definidos, teniendo el pico de precipitación en dos épocas, o sea, de abril a mayo y de noviembre a diciembre, se registrando los valores ligeramente menores en el período de

abril a mayo en relación con el de noviembre a diciembre. Tales comportamientos coinciden con la oscilación de nivel de agua del río Paraguay.

Se debe mencionar que todas las informaciones utilizadas en esta investigación fueron proporcionadas por el Departamento de Metrología y Hilología del Ministerio .

Por otro nota menor precipitación en Pilar en el período de abril a mayo /04 y noviembre a diciembre /05, comparativamente con los otros puestos de observación.

En termino de cantidad total acumulado durante el período de 27 meses de la presente investigación fue obtenido menor valor en Pilar o sea 3031 mm, mientras que en Concepción y en Asunción presentó, respectivamente, de 3495 mm y 3281mm de precipitación total



La precipitación constituye un factor preponderante para el proceso de erosión. Según estudios, la precipitación arriba de 50 mm ya provoca el fenómeno de erosión. Se Deberá explicar detalladamente sobre este aspecto en ítem posterior relativo a la calidad de agua.

### 2.1.3. Régimen hidrográfico de la cuenca del Pilocomayo

El río Pilocomayo que recorre en el divisorio de la frontera entre Bolivia, Argentina y Paraguay tiene su origen en Bolivia. Su área de cuenca hidrográfica mide 267 000Km<sup>2</sup>, constituyendo de 87 000Km<sup>2</sup> de área de Alta Cuenca que pertenece totalmente al territorio boliviano. La baja cuenca con una área de 180 000 Km<sup>2</sup> esta ubicada en la gran planicie de origen sedimentario. (Monde Domeque 2003).

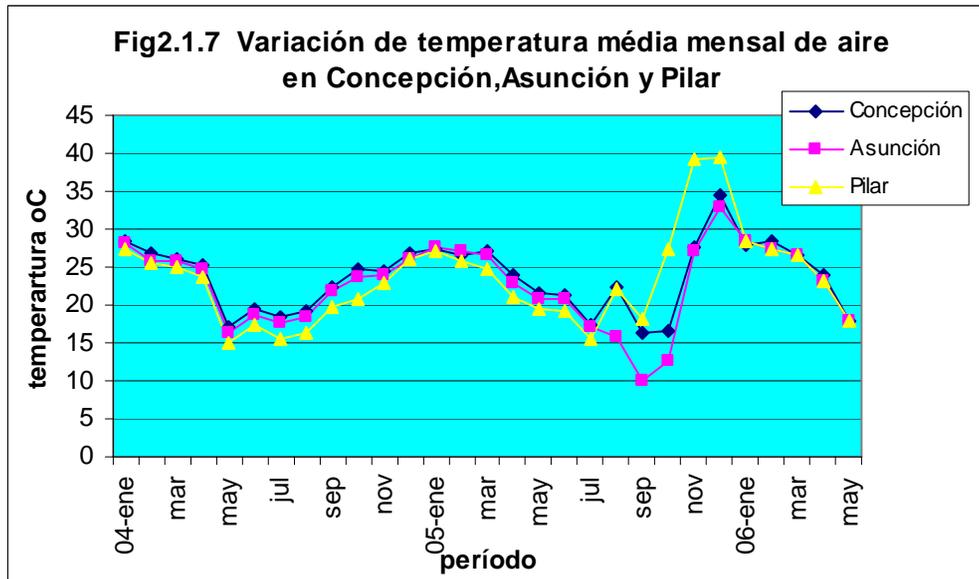
El régimen hidrográfico de la cuenca del Pilocomayo es caracterizado por peculiar comportamiento. El caudal varia de mínimo de 3 m<sup>3</sup>/s en el extremo con sequía y picos de 3000 m<sup>3</sup>/s, dependiendo de las condiciones climáticas. Por otro lado, se verifica una extraordinaria capacidad de producción de sedimentos originarios en los procesos erosivos, provocando la presencia de 50 a 100 kg de sólidos por m<sup>3</sup> de agua.

Tales características hidrológicas afectan considerablemente la calidad de agua del río Pilocomayo.

### 2.1.4. Variación de temperatura

Con relación a la temperatura, se obtuvo una variación temporal con los valores mas altos en los meses de enero y febrero y más bajo en los meses de mayo a julio durante el período de investigación, con la amplitud de variaciones de 15 a 29 °C en termino de media mensual...

Como se verifica en la figura, la temperatura registrada en Concepción y Asunción son prácticamente idéntica, mientras que los datos registrados en Pilar presentaron de 1 a 2 grados más bajos, excepto el período de septiembre / 05 a enero /06.



## 2. 2. Uso múltiple y fuentes poluidoras.

### 2.2.1. Uso múltiple del río Paraguay

El Río Paraguay ofrece importantes contribuciones para la vida de la población, especialmente para la región oriental.

Según datos del ESSAP (2005), cerca de 1 000 000 habitantes, son beneficiarios directos lo que corresponde a cerca de 20 % de la población total de este país, están siendo abastecida por las aguas del Río Paraguay, como se discrimina su distribución a continuación. Aunque tenga la captación de río Paraguay por el Senasa, no fue posible obtener los datos hasta el presente.

#### Municipio / Población abastecida en 2005 (Hab.)

|                                  |                       |       |
|----------------------------------|-----------------------|-------|
| Región Metropolitana de Asunción | 980 800 hab.          | Essap |
| Concepción                       | 25.765 hab.           |       |
| Pilar                            | 27.100 hab.           |       |
| Villa Hayes                      | 16.330 hab.           |       |
| <b>Total</b>                     | <b>1.049.995 hab.</b> |       |

Debe resaltar se, por otro lado, que el Río Paraguay asume una función primordial para la purificación no solamente de todas las cloacas generadas por poblaciones residentes de las cuencas correspondientes, sino también otras fuentes contaminantes tales como industrias y actividades agropecuarias que contribuyen directa e indirectamente a la alteración de la calidad de sus aguas, gracias a su enorme caudal disponible .

Es importante recordar que tanto el abastecimiento de agua como de las descargas de efluentes tenderán a aumentar de acuerdo con el aumento de la población y actividades antropogenicas propias.

Cabe resaltar, también, que este río constituye un importante fuente proteica para la subsistencia de pobladores de las regiones marginales del río a través de la pesca.

Según estudios realizados por FAO (1991), estimaron la producción anual de 23 000 toneladas de peces y la existencia de 2 425 pescadores en el Río Paraguay. Trabajos posteriores realizados por Galeano Vera en (1998) informa que se encuentran 2 500

pescadores comerciales, capturando 28 000 toneladas de pescados en el Río Paraguay y entre 50 000 y 60 000 familiares dependen de la actividad pesquera (pesca y acuicultura) para sus subsistencias.

Con relación a la pesca deportiva, el mismo autor mencionó que existe registros de aproximadamente de 8 000 practicantes y seis clubes en el país.

En levantamientos de datos realizados por JICA en 2002 se obtuvo las informaciones de 6 000 practicantes de pesca deportiva en el Paraguay, siendo que de estos cerca de 2 500 son extranjeros, que dejan en el país aproximadamente de 1,3 millones de dólares anualmente.

Además de estos usos del agua, el río Paraguay presenta un gran potencial en la explotación de turismo, transporte hidrovia, como así también para riegos de actividades agrícolas.

Vale mencionar que en consecuencia la pesca predatoria que viene ocurriendo en los últimos años, se debe reconocer una disminución progresiva de productividad de peces en el río Paraguay.

El uso del agua para riego, principalmente, de algunos afluentes del río Paraguay es un tema que merece ser destacado en párrafo aparte, especialmente de las cuencas del río Apa y río Tebicuary que están siendo utilizados intensamente para la plantación de arroz.

En el río Apa, fue iniciada, cerca de 2 años, un emprendimiento de 1 500 ha de plantación de arroz por inundación en Caracol, utilizándose las aguas de este río. Por otro lado, en la cuenca del Tebicuary, se encuentran 43 propietarios que se dedican a la plantación de arroz irrigado, a través de una red total en torno del 11 000 ha, consumiendo la cantidad de agua de 11 a 15m<sup>3</sup> /s, la que corresponde aproximadamente del 35 % del caudal mínimo de río Tebicuary según el informe de SEAM.

### **2.2.2. Fuentes poluidoras**

La calidad del agua de un sistema hídrico que nace en una cuenca hidrográfica depende de las características geológicas y de las contribuciones provenientes de la ocupación de suelo de su cuenca formadora. En caso de no existir ninguna peculiaridad geológica, la calidad de agua de un sistema hídrico debe ser definida, dependiendo de las cargas originarias de su cuenca de drenaje.

En este capítulo se presentan los resultados de la evaluación de tres fuentes de cargas poluidoras en la cuenca oriental es decir, cloaca sanitaria, efluente industrial y cargas difusas provenientes de actividades agrícolas.

#### **2.2.2.1. Cloaca sanitaria**

La cloaca sanitaria es considerada como una de las fuentes más difíciles de ser tratada, debido a su gran cantidad y expresiva dimensión física, que requieren de alta inversión para colecta y tratamiento.

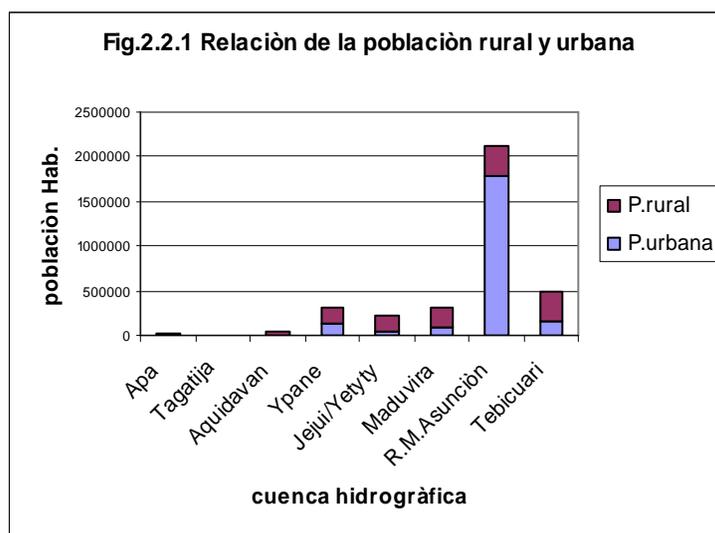
Independientemente a los problemas técnicos, de voluntad política y de problemas financieros, truncan muchas veces, el avance de emprendimientos en el área de saneamiento.

En la cuenca hidrográfica oriental, el índice de viviendas beneficiadas por sistema de coleta y tratamiento de cloacas es muy precario, girando en torno solamente al 10 %, exceptuándose la ciudad de Asunción donde se estima la instalación de alcantarillado de 75 % de sus habitantes (información de ESSAP).

Como se demuestran en la tabla 2.2.1, la cuenca oriental cuentan con una población total de 3.521.055 habitantes distribuidas en 125 distritos, según datos estadísticos de 2002 del DGEC. La imagen satelital presentada a continuación se muestra la mayor concentración de municipios en torno a la sub-cuenca de la Región Metropolitana de Asunción y sus alrededores. Uno de los aspectos peculiares que deba ser llevado a consideración para estudios de cargas cloacales en la cuenca oriental, es que en la gran mayoría de los municipios, las poblaciones residen en áreas rurales, con excepción la sub-cuenca R.M.Asunción y Tagatija, donde viven la población total (5.860 hab.) en área urbana, como se verifica en tabla 2.2.1 y figura 2.2.1

**Tabla 2.2.1. Distribución de población en función de la sub-cuenca**

| cuenca       | P.urbana  | P.rural   | Total     | Distrito |
|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Apa          | 3180      | 10.560    | 13.740    | 3        |
| Tagatija     | 5860      | 0         | 5860      | 1        |
| Aquidavan    | 6760      | 29390     | 36150     | 3        |
| Ypane        | 122.864   | 191.990   | 314.685   | 5        |
| Jejuí/Yetyty | 37384     | 194136    | 231320    | 13       |
| Maduvira     | 94.260    | 220.450   | 314.279   | 24       |
| R.M.Asunción | 1.781.471 | 328060    | 2109531   | 34       |
| Tebicuari    | 159570    | 335920    | 495490    | 42       |
| Total        | 2211349   | 1.310.506 | 3.521.055 | 125      |



Aunque no se pueda deprimir totalmente el riesgo de contaminación, se debe admitir que el ambiente rural, tales como chacara y fincas ofrece mucho menos impactos principalmente, para polución hídrica, a no ser que algunos asentamientos que aglomeran al margen del río.

Pues, los desechos vertidos de pozo ciego o de otras formas de tratamiento disponibles en ambiente rural pueden ser asimilados satisfactoriamente en el terreno disponible con gran espacio, antes de ser absorbidos por los cuerpos receptores.

En base a esta observación, la evaluación de cargas sanitarias fue tomada en cuenta solo para la población urbana para el presente trabajo.

Dentro de varios contaminantes contenidos en la cloaca, fueran escogidos los siguientes parámetros considerados más importantes para la polución hídrica de la cuenca en estudio, o sean, DBO, NT, PT, ST y coliformes fecales.

Los valores de unidad de contribución de estos parámetros por habitante varían en función del poder adquisitivo, hábitos alimenticios, clima, etc. Habiendo sido establecido, normalmente, para los diferentes valores para cada región y países.

Para la presente investigación, se adoptaron los siguientes valores con base a valores de unidad sugeridos por la ESSAP y de datos establecidos para las ciudades interiores en el Brasil.

| <u>Parametro</u> | <u>valores ( g / hab./ dia)</u> |
|------------------|---------------------------------|
| DBO              | 40                              |
| Nitrogênio       | 6                               |
| Fósforo          | 0,8                             |
| Coliforme fecal  | 10 <sup>9</sup> CF              |

En la tabla 2.2.2, se presenta el resumen de las cargas potenciales de todos los municipios integrantes de la cuenca oriental en función de sub-cuenca, evaluadas en base a las unidades presentadas arriba. El detalle de cálculo para cada municipio está insertado en la tabla 2.2.3. Fue incluida en este cálculo la población urbana residentes en el territorio brasileiro de la cuenca Apa para evaluación de la influencia de calidad de agua.

**Tabla 2.2.2. Contribución de cargas sanitarias potenciales en función de sub-cuenca**

|                | pob.urbana       | DBO          | N              | P             | ST            | C.Fecal           |
|----------------|------------------|--------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| sub-cuenca     | hab.             | kg / d       | kg / d         | kg / d        | kg / d        | x 10 <sup>n</sup> |
| Apa            | 50.985           | 204          | 306            | 40,8          | 30.591        | 5x13              |
| Tagatija       | 5.860            | 234          | 35,2           | 4,7           | 352           | 6x12              |
| Aquidavan      | 6.760            | 270          | 40,6           | 5             | 406           | 7x12              |
| Ypane          | 122.864          | 4.951        | 737            | 98,3          | 7.372         | 1x14              |
| Jejuí / Yetyty | 37.384           | 1.495        | 224,3          | 30            | 2.243         | 4x13              |
| Manduvira      | 94.260           | 3.770        | 566            | 75            | 5.656         | 8x13              |
| R.M.Asuncion   | 1.781.471        | 71.259       | 10.685         | 1.424,70      | 106.854       | 2x15              |
| Tebicuari      | 159.570          | 6.383        | 957            | 128           | 9.574         | 2x14              |
| <b>Total</b>   | <b>2.259.154</b> | <b>88566</b> | <b>13551,1</b> | <b>1806,9</b> | <b>163048</b> | <b>2,8x15</b>     |

Conforme constan en la tabla arriba, ocurre la generación diaria de la carga orgánica más del 88 t en toda la cuenca oriental, de las cuales 80 % proviene de la cuenca de R.M. Asuncion, donde se concentran la mayor población urbana. Por otro lado, el nivel de contaminación bacteriana en toda cuenca en estudio llega en el orden de  $3 \times 10^{15}$  ufc por día, lo que representa un riesgo, especialmente para la Región Metropolitana de Asunción, donde existe la mayor aglomeración de la población.

Dentro de las cargas estimadas para la cuenca de R.M Asunción, cerca del 20 % de mismas son originarias de la cuenca del Ypacarai.

A pesar de que la sub-cuenca Tebicuary, abarca la segunda mayor población en la cuenca oriental, la generación potencial de cargas poluidoras evaluada es limitada, debido a la reducida población urbana.

Los valores presentados en la tabla arriba, son las cargas potenciales, pudiendo ser vertido para el sistema hídrico solamente alguna parcela de ellas, dependiendo de la disposición de varios factores interferentes. En la cuenca de R.M Asunción, como por ejemplo, el 75 % de las cloacas de la población esta siendo colectadas por la red de colector y lanzado directamente para el río Paraguay. Mientras que en la ciudad de Caacupe donde cerca del 90% de las viviendas disponen de pozo ciego, por lo menos el 30 % de las cargas sanitarias deben ser mitigadas por ese sistema. Fue adoptado una tasa de 70% de las cargas potenciales para lo calculo de las cargas totales remanentes para el presente trabajo.

**Tabla 2.2.3. Evaluación de cargas sanitarias en cada distrito en la sub-cuenca oriental**

|                  |                 | <b>Pob.urb.</b> | <b>DBO</b>   | <b>NT</b>    | <b>PT</b>    | <b>ST</b>     | <b>Coli.</b> |
|------------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>subcuenca</b> | <b>Distriti</b> | <b>2002</b>     | <b>kg/ d</b> | <b>kg/ d</b> | <b>kg/ d</b> | <b>kg / d</b> | <b>x 10n</b> |
| <b>Apa</b>       | San Lazaro      | 630             | 25,2         | 3,78         | 0,504        | 37,8          | 6x11         |
|                  | San Carlos      | 400             | 16           | 2,4          | 0,32         | 24            | 6X10         |
|                  | Bella Vista     | 2150            | 86           | 12,9         | 1,72         | 129           |              |
|                  | <b>Total</b>    | <b>3180</b>     | <b>127,2</b> | <b>19,08</b> | <b>2,544</b> | <b>190,8</b>  | <b>7x11</b>  |

|                 |         |              |       |       |       |       |      |
|-----------------|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|
| <b>Tagatija</b> | Vallemi | <b>5.860</b> | 234,4 | 35,16 | 4,688 | 351,6 | 6x12 |
|-----------------|---------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|

|                  |              |              |              |              |              |              |             |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| <b>Aquidavan</b> | Yby Yâu      | 3.570        | 142,8        | 21,42        | 2,856        | 214,2        | 4X12        |
|                  | Loreto       | 3.190        | 127,6        | 19,14        | 2,552        | 191,4        | 3X12        |
|                  | <b>Total</b> | <b>6.760</b> | <b>270,4</b> | <b>40,56</b> | <b>5,408</b> | <b>405,6</b> | <b>7x12</b> |

|                    |               |                |               |            |             |             |             |
|--------------------|---------------|----------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Sub-cuencaq</b> | Concepcion    | 44.775         | 1791          | 268,65     | 35,82       | 2686,5      | 4X13        |
| <b>Ypane</b>       | Belèn         | 1.562          | 62,48         | 9,372      | 1,2496      | 93,72       | 2X12        |
|                    | Horqueta      | 9.867          | 394,68        | 59,202     | 7,8936      | 592,02      | 1X13        |
|                    | Tacauti       | 2.130          | 85,2          | 12,78      | 1,704       | 127,8       | 2x12        |
|                    | P.R.Caballero | 64.530         | 2581,2        | 387,18     | 51,624      | 3871,8      | 6x13        |
|                    | <b>Total</b>  | <b>122.864</b> | <b>4914,6</b> | <b>737</b> | <b>98,3</b> | <b>7372</b> | <b>1x14</b> |

|                   |                      |               |               |              |              |             |               |
|-------------------|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------|
| <b>sub-cuenca</b> | San Pedro            | 8.254         | 330,16        | 49,524       | 6,6032       | 495,24      | 3X12          |
| <b>Manduvirá</b>  | Chorè                | 2.070         | 82,8          | 12,42        | 1,656        | 124,2       | 2x12          |
|                   | Capiibary            | 3.420         | 136,8         | 20,52        | 2,736        | 205,2       | 3x12          |
|                   | Gral. Ishioro Resqui | 1.940         | 77,6          | 11,64        | 1,552        | 116,4       | 2x12          |
|                   | Guayaibi             | 2.030         | 81,2          | 12,18        | 1,624        | 121,8       | 2X12          |
|                   | Lima                 | 2.250         | 90            | 13,5         | 1,8          | 135         | 2X12          |
|                   | Nuevo Germania       | 1.210         | 48,4          | 7,26         | 0,968        | 72,6        | 1x12          |
|                   | San Pablo            | 650           | 26            | 3,9          | 0,52         | 39          | 7X11          |
|                   | Santa Rosa del Ara   | 1.480         | 59,2          | 8,88         | 1,184        | 88,8        | 1x12          |
|                   | Antiquera            | 2.650         | 106           | 15,9         | 2,12         | 159         | 3x12          |
|                   | Rosario              | 5.000         | 200           | 30           | 4            | 300         | 5x12          |
|                   | Elizado Aquino       | 2.730         | 109,2         | 16,38        | 2,184        | 163,8       | 3x12          |
|                   | Itacurby de Rosario  | 3.700         | 148           | 22,2         | 2,96         | 222         | 4x12          |
|                   | <b>Total</b>         | <b>37.384</b> | <b>1495,4</b> | <b>224,3</b> | <b>29,91</b> | <b>2243</b> | <b>3,1x13</b> |

| <b>sub-.cuenca</b> | <b>Pob.urban</b>  | <b>DBO</b>  | <b>N</b>     | <b>P</b>     | <b>ST</b>   | <b>coli. Fecal</b>     |      |
|--------------------|-------------------|-------------|--------------|--------------|-------------|------------------------|------|
| <b>Manduvirá</b>   | <b>Distrito</b>   | <b>hab.</b> | <b>kg/ d</b> | <b>kg /d</b> | <b>kg/d</b> | <b>x10<sup>n</sup></b> |      |
|                    | San Estanislao    | 13.260      | 530,4        | 79,56        | 10,608      | 795,6                  | 1x13 |
|                    | Unión             | 1.550       | 62           | 9,3          | 1,24        | 93                     | 2x12 |
|                    | Yataty del Norte  | 1.380       | 55,2         | 8,28         | 1,104       | 82,8                   | 1X12 |
|                    | 25 de Diciembre   | 740         | 29,6         | 4,44         | 0,592       | 44,4                   | 7X11 |
|                    | Sta Elena         | 1.100       | 44           | 6,6          | 0,88        | 66                     | 1x12 |
|                    | Mbocayaty del Yha | 660         | 26,4         | 3,96         | 0,528       | 39,6                   | 6X11 |
|                    | Primero de Marzo  | 790         | 31,6         | 4,74         | 0,632       | 47,4                   | 1x11 |
|                    | San Jose Obrero   | 490         | 19,6         | 2,94         | 0,392       | 29,4                   | 5x11 |
|                    | Tabati            | 9.560       | 382,4        | 57,36        | 7,648       | 573,6                  | 1x13 |
|                    | Caacupè           | 19.360      | 774,4        | 116,16       | 15,488      | 1161,6                 | 2x13 |
|                    | Altos             | 4.350       | 174          | 26,1         | 3,48        | 261                    | 4X12 |

|                  |                       | <b>Pob.urbana</b> | <b>DBO</b>   | <b>N</b>     | <b>P</b>    | <b>ST</b>    | <b>coli. Fecal</b>     |
|------------------|-----------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------------------|
| <b>subcuenca</b> | <b>Distrito</b>       | <b>hab.</b>       | <b>kg/ d</b> | <b>kg /d</b> | <b>kg/d</b> | <b>kg/d</b>  | <b>x10<sup>n</sup></b> |
| <b>Manduvira</b> | Sta Rosa Mbuty        | 1.520             | 60,8         | 9,12         | 1,216       | 91,2         | 2x12                   |
|                  | Arroy y esteros       | 2.180             | 87,2         | 13,08        | 1,744       | 130,8        | 2x12                   |
|                  | Caraguatay            | 1.590             | 63,6         | 9,54         | 1,272       | 95,4         | 2x12                   |
|                  | Esboscada             | 5.150             | 206          | 30,9         | 4,12        | 309          | 5x12                   |
|                  | Eusebio Ayala         | 7.810             | 312,4        | 46,86        | 6,248       | 468,6        | 8x12                   |
|                  | Isla Pucu             | 1.570             | 62,8         | 9,42         | 1,256       | 94,2         | 2x12                   |
|                  | Juan de Mensa         | 550               | 22           | 3,3          | 0,44        | 33           | 5x11                   |
|                  | Dr. Cecilio Bâes      | 1.850             | 74           | 11,1         | 1,48        | 111          | 2x12                   |
|                  | Atyra                 | 4.460             | 178,4        | 26,76        | 3,568       | 267,6        | 4x12                   |
|                  | Itancurbi de Cordilha | 3.540             | 141,6        | 21,24        | 2,832       | 212,4        | 4x12                   |
|                  | Nueva Colombia        | 590               | 23,6         | 3,54         | 0,472       | 35,4         | 6x11                   |
|                  | Valenzuela            | 610               | 24,4         | 3,66         | 0,488       | 36,6         | 6x11                   |
|                  | Perbeby               | 9.600             | 384          | 57,6         | 7,68        | 576          | 1x12                   |
|                  | <b>Total</b>          | <b>94.260</b>     | <b>3.770</b> | <b>566</b>   | <b>75</b>   | <b>5.656</b> | <b>8x13</b>            |

|                   |                  | <b>Pob.urbana</b> | <b>DBO</b>     | <b>N</b>     | <b>P</b>      | <b>ST</b>     | <b>Coli.fecal</b> |
|-------------------|------------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| <b>sub.cuenca</b> | <b>Distrito</b>  | <b>hab.</b>       | <b>kg/ d</b>   | <b>kg /d</b> | <b>kg /d</b>  | <b>kg /d</b>  | <b>x 10 n</b>     |
| <b>R.M.</b>       | San Bernardino   | 3.960             | 158,4          | 23,76        | 3,168         | 237,6         | 4x11              |
| <b>Asuncion</b>   | Aregua           | 10.060            | 402,4          | 60,36        | 8,048         | 603,6         | 1x13              |
|                   | Capiata          | 154.520           | 6180,8         | 927,12       | 123,616       | 9271,2        | 2x14              |
|                   | Itagua           | 46.120            | 1844,8         | 276,72       | 36,896        | 2767,2        | 5x13              |
|                   | Paraguay         | 8.890             | 355,6          | 53,34        | 7,112         | 533,4         | 9x12              |
|                   | Achay            | 3.010             | 120,4          | 18,06        | 2,408         | 180,6         | 3x12              |
|                   | Carapeguà        | 5.590             | 223,6          | 33,54        | 4,472         | 335,4         | 6x12              |
|                   | Sapucaí          | 1.810             | 72,4           | 10,86        | 1,448         | 108,6         | 2x12              |
|                   | Yaguaròn         | 6.740             | 269,6          | 40,44        | 5,392         | 404,4         | 7x12              |
|                   | Asuncion         | 510.910           | 20436,4        | 3065,46      | 408,728       | 30654,6       | 5x14              |
|                   | Alberdi          | 5.960             | 238,4          | 35,76        | 4,768         | 357,6         | 6x12              |
|                   | Villa Olivia     | 610               | 24,4           | 3,66         | 0,488         | 36,6          | 6x11              |
|                   | Villa Franca     | 410               | 16,400         | 2,460        | 0,330         | 24,600        | 4x11              |
|                   | Piribebuy        | 9.600             | 384            | 57,6         | 7,68          | 576           | 1x13              |
|                   | Escobar          | 270               | 10,800         | 1,600        | 0,220         | 16,200        | 3x11              |
|                   | Pirayu           | 3.810             | 152,4          | 22,86        | 3,048         | 228,6         | 4x12              |
|                   | Fernando la Mora | 113.990           | 4559,6         | 683,94       | 91,192        | 6839,4        | 1x14              |
|                   | Guarambare       | 8.630             | 345,2          | 51,78        | 6,904         | 517,8         | 9x12              |
|                   | Ita              | 17.610            | 704,4          | 105,66       | 14,088        | 1056,6        | 2x13              |
|                   | Itagua           | 46.120            | 1844,8         | 276,72       | 36,896        | 2767,2        | 5x13              |
|                   | Aguato Salvador  | 3.960             | 158,4          | 23,76        | 3,168         | 237,6         | 4x12              |
|                   | Lambare          | 119.830           | 4793,2         | 718,98       | 95,864        | 7189,8        | 1x14              |
|                   | Limpio           | 72.510            | 2900,4         | 435,06       | 58,008        | 4350,6        | 7x13              |
|                   | Luque            | 169.240           | 6769,6         | 1015,44      | 135,392       | 10154,4       | 2x14              |
|                   | Mariano R.Alonso | 64.920            | 2596,8         | 389,52       | 51,936        | 3895,2        | 6x13              |
|                   | nueva italia     | 2.500             | 100            | 15           | 2             | 150           | 3x12              |
|                   | Nemby            | 71.000            | 2840           | 426          | 56,8          | 4260          | 7x13              |
|                   | San Antonio      | 37.961            | 1518,44        | 227,766      | 30,3688       | 2277,66       | 4x13              |
|                   | San Lorenzo      | 203.150           | 8126           | 1218,9       | 162,52        | 12189         | 2x14              |
|                   | Villa Eliza      | 52.420            | 2096,8         | 314,52       | 41,936        | 3145,2        | 5x13              |
|                   | Villeta          | 10.280            | 411,2          | 61,68        | 8,224         | 616,8         | 1x13              |
|                   | Ypacarai         | 9.120             | 364,8          | 54,72        | 7,296         | 547,2         | 9x12              |
|                   | Ypane            | 5.960             | 238,4          | 35,76        | 4,768         | 357,6         | 6x12              |
|                   | <b>Total</b>     | <b>1.781.471</b>  | <b>71258,8</b> | <b>10685</b> | <b>1424,6</b> | <b>106854</b> | <b>2x15</b>       |

| Sub-cuenca       | Distrito             | Pob.urb.       | Cargas sanitarias potenciales |            |            |              | Coli.<br>x 10n |
|------------------|----------------------|----------------|-------------------------------|------------|------------|--------------|----------------|
|                  |                      | 2002           | tkg/ d                        | tkg/ d     | tkg/ d     | kg / d       |                |
| <b>Tebiquary</b> | Villarica            | 38.500         | 1540                          | 231        | 30,8       | 2310         | 4x13           |
|                  | Cap.Mauricio Jose Tr | 2.420          | 96,8                          | 14,52      | 1,936      | 145,2        | 2x12           |
|                  | Coronel Martinez     | 1.450          | 58                            | 8,7        | 1,16       | 87           | 2x12           |
|                  | Dr.Bottrell          | 230            | 9,200                         | 1,400      | 0,1800     | 13,800       | 2x11           |
|                  | Felix Pères Cardoso  | 560            | 22,4                          | 3,36       | 0,448      | 33,6         | 6x11           |
|                  | Gen.Eugenio A. Caray | 960            | 38,4                          | 5,76       | 0,768      | 57,6         | 1x12           |
|                  | Colonia Independenci | 1.500          | 60                            | 9          | 1,2        | 90           | 2x12           |
|                  | Itapè                | 1.650          | 66                            | 9,9        | 1,32       | 99           | 2x12           |
|                  | Iturbe               | 4.180          | 167,2                         | 25,08      | 3,344      | 250,8        | 4x12           |
|                  | Josè Fassardi        | 440            | 17,600                        | 2,600      | 0,3500     | 26,400       | 4x11           |
|                  | Mbocayaty            | 2.120          | 84,8                          | 12,72      | 1,696      | 127,2        | 2x12           |
|                  | Natalicio Talavera   | 1.730          | 69,2                          | 10,38      | 1,384      | 103,8        | 2x12           |
|                  | Numi                 | 850            | 34                            | 5,1        | 0,68       | 51           | 9x11           |
|                  | Paso Yobai           | 1.710          | 68,4                          | 10,26      | 1,368      | 102,6        | 2x12           |
|                  | San Salvador         | 820            | 32,8                          | 4,92       | 0,656      | 49,2         | 8x11           |
|                  | Yataity              | 1.910          | 76,4                          | 11,46      | 1,528      | 114,6        | 2x12           |
|                  | Caazapà              | 5.970          | 238,8                         | 35,82      | 4,776      | 358,2        | 6x12           |
|                  | Abaü                 | 2.770          | 110,8                         | 16,62      | 2,216      | 166,2        | 3x12           |
|                  | Buena Vista          | 1.440          | 57,6                          | 8,64       | 1,152      | 86,4         | 1x12           |
|                  | Dr. Moisés Bertone   | 350            | 14                            | 2,1        | 0,28       | 21           | 4x11           |
|                  | Gen. Higmio Morinigo | 1.250          | 50                            | 7,5        | 1          | 75           | 1x12           |
|                  | Maciel               | 450            | 18                            | 2,7        | 0,36       | 27           | 5x11           |
|                  | San Juan Nepomucer   | 7.140          | 285,6                         | 42,84      | 5,712      | 428,4        | 7x12           |
|                  | Tavai                | 660            | 26,4                          | 3,96       | 0,528      | 39,6         | 7x11           |
|                  | Ygros                | 1.090          | 43,6                          | 6,54       | 0,872      | 65,4         | 1x12           |
|                  | Yuty                 | 4.350          | 174                           | 26,1       | 3,48       | 261          | 4x12           |
|                  | Leandro Oviedo       | 310            | 12,4                          | 1,86       | 0,25       | 18,6         | 3x11           |
|                  | San Pedro del Paraná | 5.320          | 212,8                         | 31,92      | 4,256      | 319,2        | 5x12           |
|                  | San Juan Bautista    | 10.170         | 406,8                         | 61,02      | 8,136      | 610,2        | 1x13           |
|                  | San Ignacio          | 13.630         | 545,2                         | 81,78      | 10,904     | 817,8        | 1x13           |
|                  | San Miguel           | 1.210          | 48,4                          | 7,26       | 0,968      | 72,6         | 1x12           |
|                  | Santa Maria          | 1.910          | 76,4                          | 11,46      | 1,528      | 114,6        | 2x12           |
|                  | Caapupü              | 2.120          | 84,8                          | 12,72      | 1,696      | 127,2        | 2x12           |
|                  | Gen.Bernardino Caba  | 1.120          | 44,8                          | 6,72       | 0,896      | 67,2         | 1x12           |
|                  | La Colmena           | 2.380          | 95,2                          | 14,28      | 1,904      | 142,8        | 2x12           |
|                  | Mbuyapey             | 2.190          | 87,6                          | 13,14      | 1,752      | 131,4        | 2x12           |
|                  | Quyquyhò             | 930            | 37,2                          | 5,58       | 0,744      | 55,8         | 9x11           |
|                  | Tebiquarymi          | 370            | 14,800                        | 2,200      | 0,3000     | 22,200       | 4x11           |
|                  | Ybycui               | 4.640          | 185,6                         | 27,84      | 3,712      | 278,4        | 5x12           |
|                  | Ybytimi              | 550            | 22                            | 3,3        | 0,44       | 33           | 6x11           |
|                  | Pilar                | 24.130         | 965,2                         | 144,78     | 19,304     | 1447,8       | 2x13           |
|                  | Villa Florida        | 2090           | 83,6                          | 12,54      | 1,672      | 125,4        | 2x12           |
|                  | <b>Total</b>         | <b>159.570</b> | <b>6.383</b>                  | <b>957</b> | <b>128</b> | <b>9.574</b> | <b>2x14</b>    |

### 2.2.2.2. Cargas industriales

A pesar de que se encuentran registrados 3.745 industrias en los datos estadísticas de 2002 emitidos por la Dirección General de Estadísticas y Censos, cerca de 75 % pertenecen al pequeño porte, con un número de empleados menor a 10 personas, mientras que se verifican solamente 7 % de industrias de total con los empleados con más de 50 personas.

La categoría de procesamiento de alimentos presenta el mayor número de industrias, seguido de ramos correspondientes a impresiones, muebles, químicos, etc., no se verifican prácticamente, las industrias petroquímicas, farmacéuticas, tintas etc. de gran porte y complejo industrial que eliminan las sustancias tóxicas pertenecientes a los xenobióticos en sus efluentes. Por otro lado, según el levantamiento realizado dentro de esta investigación, quedó claro que muchas industrias registradas no son categorías que resultan los desechos líquidos.

Vale resaltar que la meta fundamental de presente investigación consiste en evaluación de cargas poluidoras líquidas de origen industrial en función de la sub-cuenca hidrográfica juntamente con las otras fuentes poluidoras para averiguar sus efectos para calidad de agua en cuenca en estudio. Además de este objetivo referente a investigación de calidad de recursos hídricos, las informaciones de industrias elaboradas pueden ofrecer grande contribución para auxiliar la control y fiscalización de fuentes industriales por SEAM.

Aunque existan las listas de industrias poluidoras elaboradas por SEAM y DIGESA en la época relativamente reciente, las mismas no son suficientemente representativas en termino de región geográfica, las características de efluentes y categoría de industrias que el presente estudio pretende alcanzar.

Para realización de este levantamiento industrial, recurrido nos al cooperación de sector ambiental de cada municipio correspondiente a región en que las industriales pertenecientes administrativamente, por considera que las autoridades locales dispongan mayores informaciones a respecto. Esta cooperación, por otro lado, ofrece uno contacto importante para incentivar el interés de los municipios para el cuestión ambiental, lo que atende, perfectamente, la política de descentralización que el SEAM esta tentando llevar a frente actualmente. La integración de trabajo con la municipalidad fue establecida, a través de la visita de profesionales de SEAM mediante a la presentación de nota oficial de Ministro del Ambiente al Intendente.

El levantamiento de todas las industrias poluidoras requiera un apreciable tempo y recursos financieros , por ser el número significativo de industria y la complejidad de acompañamiento de colecta de muestra ,de acuerdo con la régimen operacional mucho variable, Por este motivo, fue realizada en primero paso , una evaluación de carga unitaria representativa en función de la categoría industrial para posibilitar la aplicación de esta cifra para evaluación de cargas de otras industrias que pertenecen a la misma categoría.

Aunque el valor de este unidad de carga poluidora ya se encuentra en referencia bibliográfica , como por ejemplo , CETESB- Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Sao Paulo , fueran realizadas levantamiento “ in loco “ dentro de este estudio para obtener los valores más representativos en este país.

Fueron seleccionadas inicialmente las 19 industrias más significativas teniendo en cuenta el porte, la categoría y la planta de tratamiento de entre las industrias que aparecen en listas de SEAM y DIGESA. La colecta de muestras fue realizada en el período del 20 de agosto al 20 de noviembre de 2005.

Como regla general, la colecta de muestra fue realizada, obedeciendo el régimen laboral operacional de la industria, como por ejemplo, de 19 a 22 horas en caso de mataderos, de 6 a 12 horas en frigoríficos, 24 horas en curtiembres y usina destilería, 12 horas en la industria Láctea, etc.

La colecta de muestras compuestas fue realizada durante la operación de la industria tomada la muestra del efluente bruto antes y en la salida final del sistema de tratamiento. La medición del caudal del efluente fue hecho en cajas de recibimientos de efluentes o a través de estimaciones del consumo de agua por día de operación o medición en el canal de salida del efluente conforme a la estructura operacional disponible de la industria. Para algunas industrias con una planta de tratamiento bien proyectada y monitoreada regularmente, como por ejemplo el de coca cola, cervecería Paraguaya y Compañía Continental del Paraguay, fueron aprovechados todos los datos minuciosos de operación levantados diariamente, por ser considerados procedentes y confiables los datos por estas industrias.

Los resultados obtenidos por este levantamiento están relacionados en la tabla siguiente

**Tabla 2.2.4. Relación de cargas brutas y unidad de contribución determinada en industria**

( C.T=Carga bruta total U.C =unidad de carga)

|           | Matadero Alegua |                  | Frig.Paraguay   |                  | Frig. Friosa   |                  | Azú.Guaambare  |                 |
|-----------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|
| parámetro | C.T.<br>Kg/día  | U.C.<br>g/cabeza | C.T.<br>Kg/ día | U.C.<br>g/cabeza | C.T.<br>Kg/día | U.C.<br>g/cabeza | C.T.<br>Kg/día | U.C<br>g/t.caña |
| DQO       | 60              | 1488             | 1024            | 6827             | 1354           | 4922             | 84 145         | 841             |
| DBO       | 7.2             | 180              | 127             | 1360             | 573            | 2084             | ND             | ND              |
| N         | 0.57            | 14               | 10              | 66               | 14.3           | 56               | 1001           | 10              |
| P         | 0.32            | 8                | 3.1             | 21               | 17.4           | 63               | 32             | 0.32            |
| ST        | 17              | 426              | 497             | 3313             | 703            | 2555             | 48 103         | 481             |

|           | Parmalat         |                   | Curtiembre Alegua |                | Destilería Paraguari |                  | Destilería Manzani |                    |
|-----------|------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| parámetro | C.T.<br>Kg / día | U.C.<br>g/L leche | C.T.<br>Kg/ día   | U.C<br>g/cuero | C.T<br>Kg/ ia        | U.C.<br>g/Lalcho | C.T.<br>Kg/día     | U.C.<br>g/L alcho. |
| DQO       | ND               | ND                | 215               | 1076           | 1681                 | 0.35             | 1824               | 0.38               |
| DBO       | 283              | 4.4               | 88                | 441            | 739                  | 0.15             | 1088               | 0.23               |
| N         | 64               | 1                 | 28.5              | 142            | ND                   | ND               | ND                 | ND                 |
| P         | 2                | 0.03              | .8                | 4              | ND                   | ND               | ND                 | ND                 |
| ST        | 547              | 8.5               | 1210              | 6050           | 274                  | 0.06             | 729                | 0.15               |

|           | Cerv.Paraguaya |                   | CORPASA          |                 | Pintura Alba     |      | Sab. Caballaro  |      |
|-----------|----------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|------|-----------------|------|
| parámetro | C.T.<br>Kg/día | U.C.<br>g/L cerv. | C.T.<br>Kg / día | U.C.<br>g/pollo | C.T.<br>Kg / día | U.C. | U.T.<br>Kg/ día | U.C. |
| DQO       | 68 302         | 0.5               | 3120             | 98              | 7.5              | ND   | ínfima          | ND   |
| DBO       | 42 852         | 0.32              | 1857             | 58              | 2                | ND   | ínfima          | ND   |
| N         | 1 266          | 0.11              | ND               | ND              | ND               | ND   | ínfima          | ND   |
| P         | 2 327          | 0.054             | 2.5              | 0.08            | 0.3              | ND   | Ínfima          | ND   |
| ST        | 36 433         | 0.27              | 918              | 29              | 8.7              | ND   | ínfima          | ND   |

|           | PASEX S.A       |               | Corpasa frig pollo |             | Indolo S.A        |                      | Paraguay Refresco S |               |
|-----------|-----------------|---------------|--------------------|-------------|-------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| parámetro | C.total<br>Kg/d | U.C. g /cuero | C. total<br>Kg/d   | U.C.g /cab. | C. total<br>kg /d | U.C..<br>g / kg oleo | C.T<br>kg / d       | U.C.<br>g / L |
| DQO       |                 |               | 3.136              | 58          | 450               | 4,4                  | 1.400               | 2,8           |
| DBO       | 449             | 225           | 1.856              | 98          | 225               | 2,2                  | 469                 | 0,9           |
| N         | 1.314           | 657           |                    |             |                   |                      | 250                 | 0,5           |
| P         | 28,3            | 14,2          | 2,6                | 0,08        |                   |                      | 35                  | 0,07          |
| ST        | 17.392          | 8.696         | 928                | 29          | 113               | 1,1                  |                     |               |

|           | Lavand.ind.S.A. |                    | Lavand.Kai   |                   | Manufactura de Pilar |                      |
|-----------|-----------------|--------------------|--------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| parámetro | C.T.<br>Kg/d    | U.C. g /<br>prenda | C.T.<br>Kg/d | U.C.g /<br>prenda | C.T.<br>Kg/d         | U.C.g / kg<br>tecido |
| DQO       | 4.13            | 4.1                | 1.7          | 8.5               | 3915                 | 280                  |
| DBO       | 3.2             | 3.2                | 0.38         | 1.9               | 1705                 | 122                  |
| N         | 0.07            | 0.07               | 0.03         | 0.15              | 44,9                 | 3.2                  |
| P         | 0.07            | 0.07               | 0.04         | 0.02              | 5,3                  | 0,38                 |
| ST        | 1.56            | 15.6               | 7.6          | 37.8              | 4.731                | 338                  |

Al mismo tiempo, se reunieron las informaciones de industrias ubicadas en varios municipios relacionadas con la producción de efluentes, y el tipo de planta de tratamiento de las principales industrias ubicadas en la región.

Con base en los datos de unidad de contribución de carga obtenida en el presente levantamiento y de las referencias da CETESB , fue elaborada una lista de principales industrias poluidoras en función a su aporte en la sub-cuenca hidrográfica objeto de estudio.

Los valores de la unidad de contribución utilizados en este trabajo están relacionados a Tabla 2.2.5

**Tabla2.2.5. Unidad de contribución de cargas poluidoras**

| cat.industri | matadero  | Frigorifico | Chanchos  | Curtimbre | mat.pollo | Destilaria   | Oleo Veg.  | Tecido     |
|--------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|------------|
| parámetro    | g/cab     | g/cab.      | g/cab.    | g/cuero   | g/cab.    | g/L alcohol. | g/kg oleo  | g / kg tec |
| DBO          | 160       | 2.415       | 40        | 441       | 58        | 190          | 2,2        | 122        |
| DQO          | 1214      | 6.854       | 304       | 1.076     | 98        | 365          | 4,4        | 280        |
| N            | 10,7      | 107,1       | 2,7       | 142       |           | 6,8          |            | 3,2        |
| P            | 6         | 22,2        | 1,5       | 4         | 0,08      | 1,33         |            | 0,38       |
| ST           | 306       | 4.590       | 76,5      | 6.050     | 29        | 105          | 1,1        | 338        |
| Caudal       | 0,8m3/cab | 1,5m3/cab   | 0,2m3/cab | 0,35m3/c  | 0,025m3/c | 30L/ L alc   | 0,25L/kg c | 137L/kg    |

La tabla en anexo 1 presenta todos los resultados obtenidos en este levantamiento en función de la sub-cuenca, donde se ha discriminado el municipio y la cuenca que la industria a la que pertenece, la productividad, el caudal, las cargas potenciales de cada parámetro, la disponibilidad y el tipo de planta de tratamiento y las cargas remanentes, además la posición geo-referenciada de los mismos.

El número total de industrias relevadas en esta investigación contó con 89 muestras, que corresponderían a por lo menos el 80% de todas las industrias poluidoras con efluentes líquidos.

Se debe aclarar que no fueron incluidas las industrias que no producen los efluentes líquidos debido al objeto de este trabajo que es el monitoreo y control de recurso hídrico. Ante las industrias levantadas, cerca del 60% poseen planta de tratamiento.

Las mayores cargas poluidoras registradas en la cuenca del Tebicuary – mi, pueden ser atribuidas a la presencia de grandes productores de alcohol, que por el tiempo de industria producen un enorme volumen de viñaza que crea una alta tasa de contaminación en esta cuenca.

Según la tabla que relaciona la clasificación industrial en función de la categoría, la curtiembre presenta el mayor número, seguida de matadero, destilería etc.

La carga total potencial de industrias levantadas alcanzo cerca de 137 000 Kg/d en termino de DBO, lo que corresponde a la carga poblacional equivalente de aproximadamente de 3 millones y 400 mil habitantes. No obstante, la carga remanente acusa solo el nivel de 767.000 habitantes, debido a una alta tasa de tratamiento obtenida en las industrias de gran porte.

Con relación a las cargas de nutrientes, las tasas de remanente son bien mayores, debido a dificultad de democión, permaneciendo en efluente final cerca de 49% a 69 % de la carga potencial, respectivamente, de nitrógeno y fósforo.

Tanto la sub-cuenca de Tebicuary-mi como la sub-cuenca de R.M.Asunción generan las cargas correspondientes a 44 % de las cargas totales de industrias. Así, las cargas potenciales generadas en solo estas dos sub-cuencas alcanzan aproximadamente a 90% de cargas totales producidas en la cuenca oriental objeto del presente estudio.

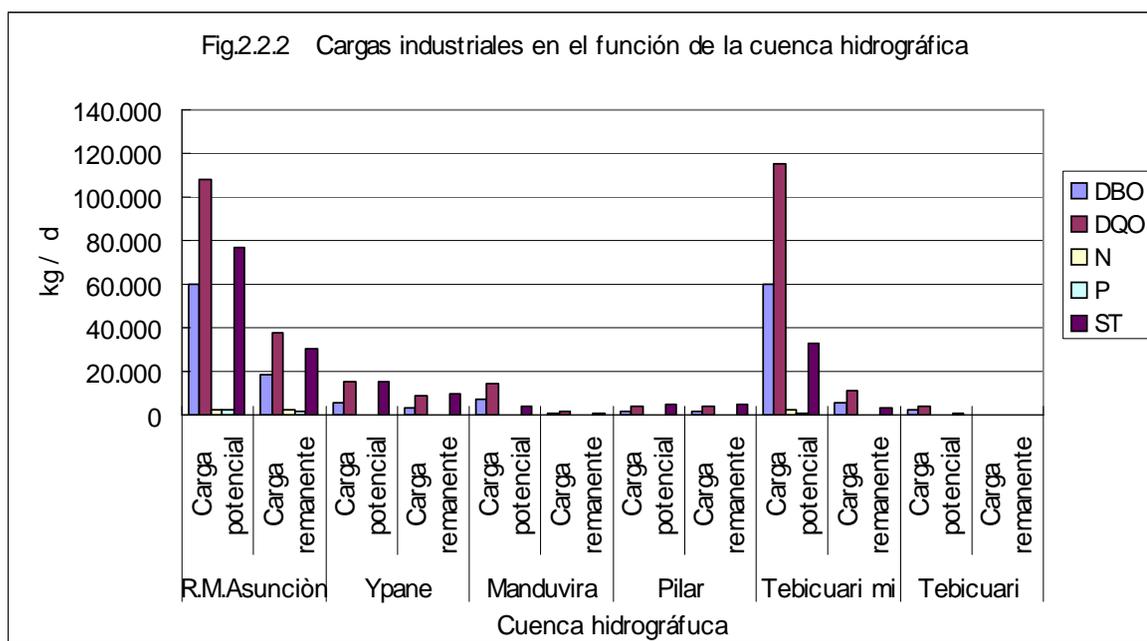
Es importante resaltar que se verifica una peor proporción de la disposición de plantas de tratamientos en las industrias de medio y pequeño porte, comparativamente con la mayor

parte debido a la dificultad financiera y falta de orientación técnica que tienen los de medio y pequeño porte.

La figura a continuación demuestra las posiciones georeferenciales de industrias para tener una idea de sus ubicaciones.

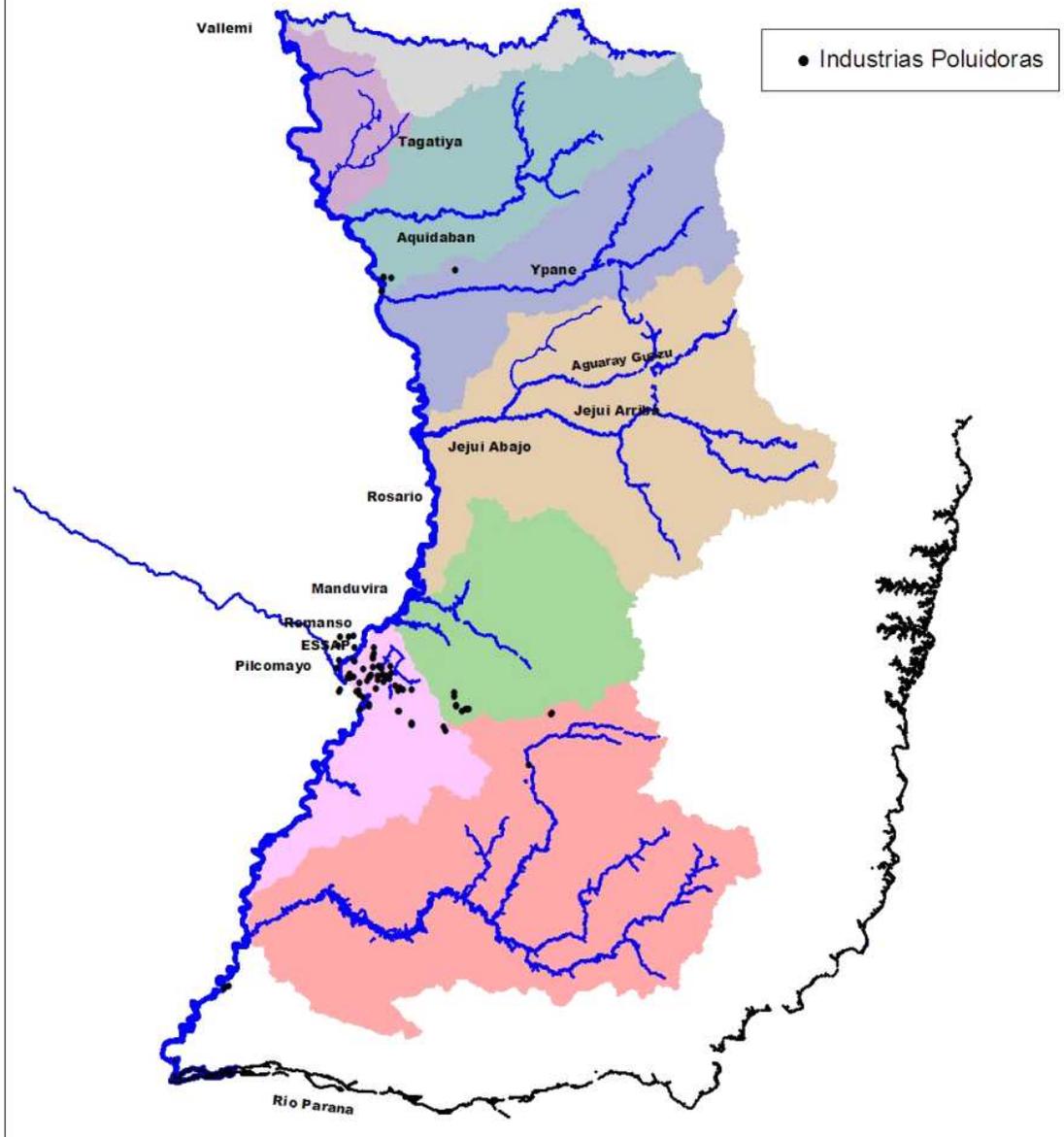
**Tabla 2.2.6. Contribución de cargas industriales en función de sub- cuenca hidrográfica**

|              | Caragas         | DBO           | DQO            | N            | P            | ST            |
|--------------|-----------------|---------------|----------------|--------------|--------------|---------------|
| R.M.Asunción | Carga potencial | <b>60.195</b> | <b>107.938</b> | <b>2.709</b> | <b>2.521</b> | <b>76.459</b> |
|              | Carga remanente | <b>18.773</b> | <b>37.265</b>  | <b>2.159</b> | <b>1.999</b> | <b>30.170</b> |
| Ypane        | Carga potencial | 5.518         | 15.340         | 362          | 48           | 15.600        |
|              | Carga remanente | <b>3.256</b>  | <b>9.129</b>   | <b>316</b>   | <b>44</b>    | <b>9.723</b>  |
| Manduvira    | Carga potencial | 7.358         | 14.136         | 263          | 51           | 4.066         |
|              | Carga remanente | <b>747</b>    | <b>1.437</b>   | <b>26</b>    | <b>5</b>     | <b>412</b>    |
| Pilar        | Carga potencial | 1.706         | 3.915          | 46           | 5            | 4.739         |
|              | Carga remanente | <b>1.706</b>  | <b>3.915</b>   | <b>46</b>    | <b>5</b>     | <b>4.739</b>  |
| Tebicuari mi | Carga potencial | 59.850        | 114.975        | 2.142        | 419          | 33.075        |
|              | Carga remanente | <b>5.985</b>  | <b>11.498</b>  | <b>214</b>   | <b>42</b>    | <b>3.308</b>  |
| Tebicuari    | Carga potencial | <b>2.033</b>  | <b>3.906</b>   | <b>73</b>    | <b>14</b>    | <b>1.125</b>  |
|              | Carga remanente | <b>203</b>    | <b>391</b>     | <b>7</b>     | <b>1</b>     | <b>112</b>    |
| Total        | Carga potencial | 136.666       | 260.215        | 5.596        | 3.058        | 135.063       |
|              | Carga remanente | <b>30.676</b> | <b>63.639</b>  | <b>2.768</b> | <b>2.096</b> | <b>48.464</b> |





### UBICACION DE INDUSTRIAS POLUIDORAS CUENCA DE RIO PARAGUAY Y SUS AFLUENTES



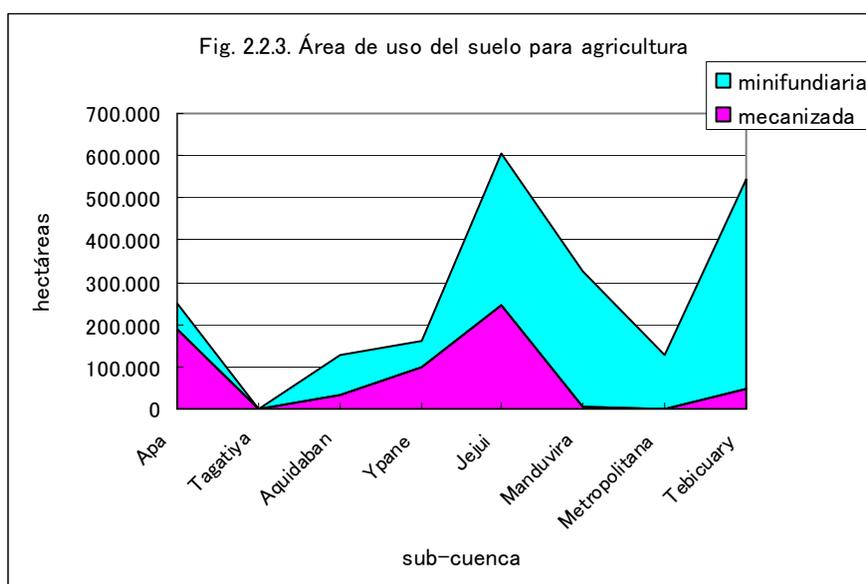
### 2.2.2.3. Cargas difusas originarias de las áreas de cultivos

La estimación de las cargas difusas de cada sub-cuenca hidrográfica en estudio fueron realizada en base de las áreas de ocupación evaluada, a través de la imagen satelital ( 2006 ) y los datos estadísticos de productividad agrícola relativa del año 2004/5 que ya fueron comentados en Capítulo 1, ítem 2.1.1 .

Esta estimación de cargas fue efectuada solamente para el área de cultivo, pues, la gran mayoría de la ganadería encontrada en la cuenca en estudio se mantienen en forma extensiva, donde los contaminantes originarios de heces de animales, pueden ser infiltradas en la tierra junto con el agua de lluvia, antes de llegar a los ríos, a no ser el área inundable en épocas de lluvias.

**Tabla 2.2.7. Áreas de ocupación por cultura en función de sub-cuenca (ha )**

|               | mecanizada | minifundiaria | Total     |
|---------------|------------|---------------|-----------|
| Apa           | 188.641    | 61.795        | 250.436   |
| Tagatiya      | 0          | 0             | 0         |
| Aquidaban     | 32.408     | 95.613        | 128.021   |
| Ypane         | 99.716     | 62.927        | 162.643   |
| Jejui         | 246.974    | 356.813       | 603.787   |
| Manduvira     | 4.959      | 323.219       | 328.178   |
| Metropolitana | 47         | 127.557       | 127.604   |
| Tebicuary     | 46.149     | 496.794       | 542.943   |
| Total         | 618.894    | 1.524.718     | 2.143.612 |



Para la evaluación de las cargas difusas del área de cultivos, fueron escogidas las siguientes 4 sustancias poluidoras que se consideran mas importantes, en vista del control de los recursos hídricos, o sea, DBO, sólidos totales, N y P .

Seria deseable realizar investigaciones “in situ” en áreas Piloto con las diferentes culturas y diferentes usos de fertilizantes y agroquímicos para establecer la unidad de contribución de cargas difusas en función de diferentes tipos de suelos en ambientes del Paraguay. Sin embargo, seria necesario, por lo menos, unos años de plazo que abarquen épocas de lluvias y sequías, además apreciables recursos logísticos y manos especializados para la realización de este tipo de estudios, lo que no contempló las actividades establecidas en el presente proyecto.

Por esta razón, para la selección de la unidad de contribución sobre los parámetros presentados, fueron probados los valores utilizados en el estudio de simulación de cargas

poluidoras, realizadas en el 2004 por la Secretaria de Medio Ambiente del Estado de Sao Paulo y consultores internacionales, contratados con Japan Fund / BID en la cuenca hidrográfica de río Tiete. Además de datos adoptados por este estudio internacional, se llevó a la consideración del flujo de sólidos totales determinados en varios estudios de erosión realizados en la cuenca del Alto Paraguay. Concomitantemente, fue aprovechado, también, la tasa de pérdida de nutrientes por poseso de erosión a partir de la cantidad del uso de fertilizantes químicas en el Paraguay, proveído por SENAVE, admitiéndose que la tasa de pérdida de estos elementos en las áreas de agricultura es de 15 % de fertilizantes aplicados, según investigación realizada por Ukita y otros .(vide Capitulo 1, ítem 3).

A continuación, se presentan los valores de las tasas de cargas difusas utilizadas para el presente trabajo.

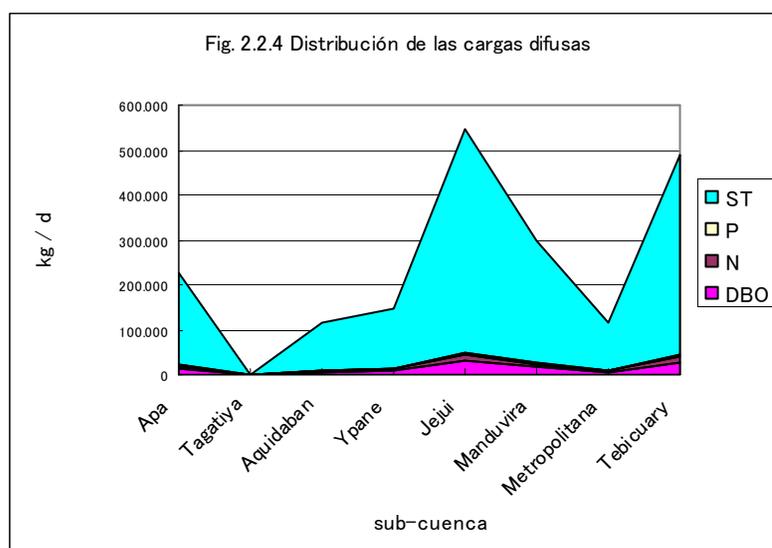
| <u>Parámetro</u> | <u>Tasa</u><br>(Kg / ha / año) |
|------------------|--------------------------------|
| DBO              | 18                             |
| N                | 9,1                            |
| P                | 2,5                            |
| ST               | 300                            |

La tabla 2.2.8 y Fig. 2.2.4 presentan los valores de contribución de cargas difusas calculados en base de la unidad arriba mencionada, en función de las áreas de cultivos presentados en la tabla 2.2.7.

Aunque la contribución de estas cargas difusas ocurra solamente junto con las lluvias y , por consiguiente, debe ser expresado en contribución unitaria por año, fue aplicado el valor unitario por día para el presente trabajo para facilitar la comparación con las fuentes de cargas sanitarias y industriales para el presente trabajo .

**Tabla 2.2.8. Cargas difusas provenientes del área de cultivos  
( kg /d )**

| sub-cuenca    | área cultura<br>ha | Cargas poluidoras kg / d |        |       |           |
|---------------|--------------------|--------------------------|--------|-------|-----------|
|               |                    | DBO                      | N      | P     | ST        |
| Apa           | 250.436            | 12.350                   | 6.244  | 1.853 | 205.838   |
| Tagatiya      | 0                  | 0                        | 0      | 0     | 0         |
| Aquidaban     | 128.021            | 6.313                    | 3.192  | 947   | 105.223   |
| Ypane         | 162.643            | 8.021                    | 4.055  | 1.203 | 133.679   |
| Jejui         | 603.787            | 29.776                   | 15.053 | 4.466 | 496.263   |
| Manduvira     | 328.178            | 16.184                   | 8.182  | 2.428 | 269.735   |
| Metropolitana | 127.604            | 6.293                    | 3.181  | 944   | 104.880   |
| Tebicuary     | 542.943            | 26.775                   | 13.536 | 4.016 | 446.254   |
| Total         | 2.143.612          | 105712                   | 53443  | 15857 | 1.761.872 |



De acuerdo con los datos constantes en tabla arriba, las cuencas del Tebicuary y Jejui Guazú asumen mayores contribuciones de cargas difusas en termino de cantidad absoluta, debido a la mayor área de cultivos disponible y en forma continua, sucesivamente la sub-cuenca de Manduvira, Apa y otros.

Se destaca que las cargas de sólidos son apreciablemente mayores en relación con los otros parámetros, afectado por proceso de erosión.

#### 2.2.2.4. Comparación de cargas generadas en la cuenca oriental

La tabla a continuación presenta la comparación de flujo de cargas en función de fuentes poluidoras.

Están expresas las cargas en la población equivalente para facilitar la comparación.

**Tabla 2.2.9. Comparación de flujo de cargas en función de fuente (Cargas equivalentes a población – habitantes)**

| Fuentes             | DBO       | NT        | PT         | ST         |
|---------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Cargas cloacas      | 1.507.100 | 1.507.100 | 1.507.100  | 1.507.100  |
| Cargas industriales | 766.900   | 461.333   | 2.620.000  | 807.733    |
| Cargas difusas      | 2.200.000 | 7.400.000 | 15.200.000 | 24.438.000 |

Las cargas remanentes provenientes de industrias presentan menores de todo, excepto la de PT, aunque sean de dos a cinco veces mayores que de cargas sanitarias en termino de cargas potenciales.

El mayor fuente de cargas provean de cargas difusas, resultando cerca de 5 veces superiores en termino de NT, 10 veces, de PT y 16 veces, de sólidos totales a las cargas provenientes de cloacas sanitarias.

### 2.3. Investigación de calidad de agua de la cuenca oriental de río Paraguay

La investigación limnológica y sanitaria del río Paraguay y sus principales afluentes, ubicados en la cuenca hidrográfica oriental, fue realizada con el plazo de 2 años y 6 meses iniciándose en enero del 2004 y el termino de julio del 2006, estableciendo los 10 puntos de colecta de muestra a lo largo del eje del río Paraguay y 15 puntos en 10 ríos afluentes que son formadores de sub-cuencas más importantes, como se indican en la figura a continuación.

Las sub-cuencas escogidas para investigación son el Apa , Tagatiya, Aquidaban, Jejui Guazu, Ypane , Maduvirá , Región Metropolitana de Asunción y Tebicuary . En la cuenca del río Jejui-Guazù, fueron establecidos 4 puntos o sea, dos puntos en Jejui Guazù propio y un punto en río Aguary Guazù y otro en río Aguaray –mi que son importantes afluentes del río Jejui .

Como no se encuentran un sistema hídrico dorsal que represente todo la región de Asunción, se denominó una cuenca como Región Metropolitana de Asunción que abarcan varios arroyos que recorren la ciudad de Asunción y sus ciudades satélites, inclusive de cuenca Ypacarai para posibilitar la interpretación global .

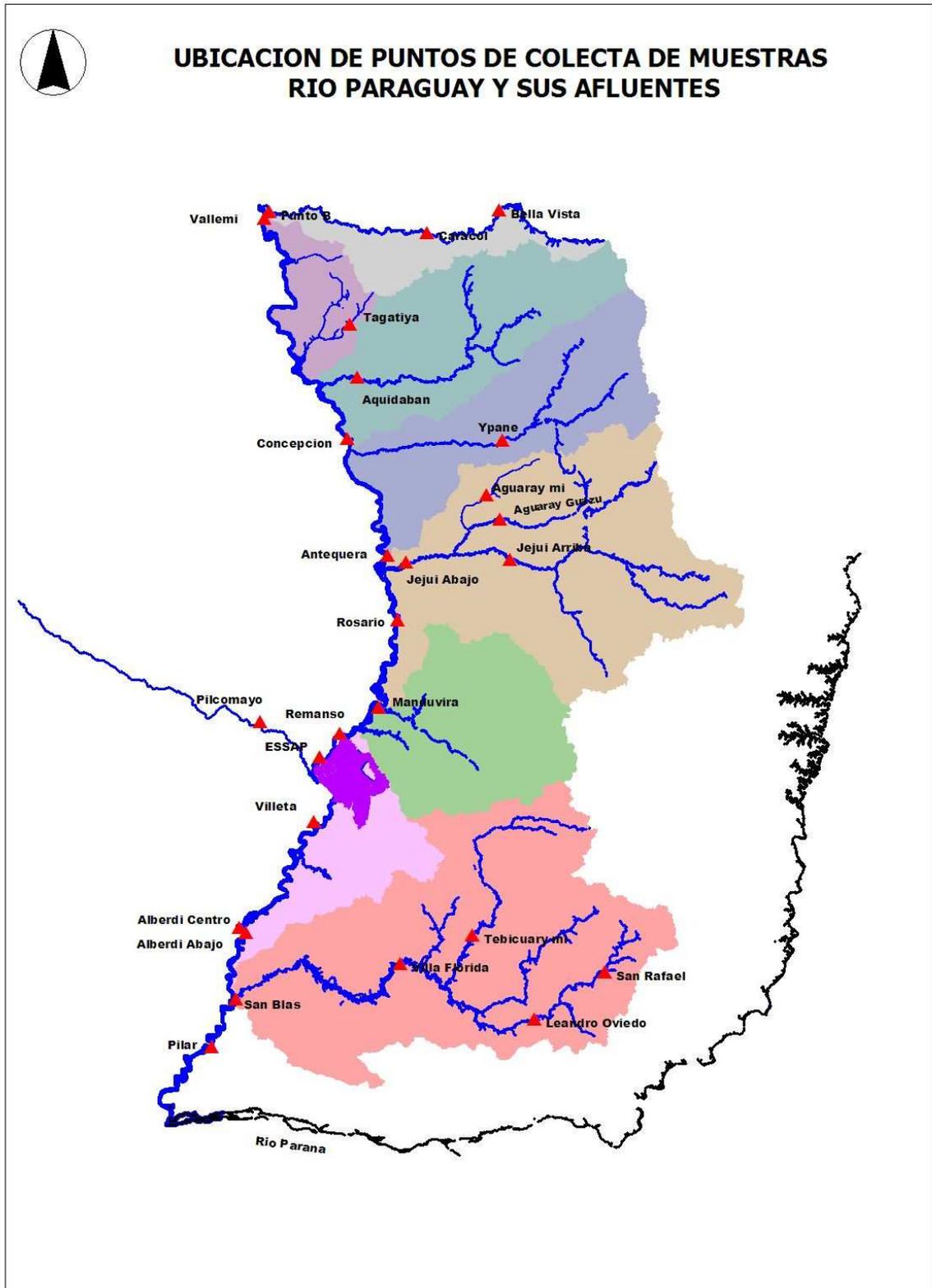
Además de colecta de rutina, fueran ejecutadas las investigaciones más detalladas en río Paraguay en el trecho correspondiente a esa región Metropolitana para aclarar sobre las influencias de las pesadas cargas poluidoras generadas para la calidad de agua del río Paraguay.

En la cuenca del río Tebicuary, fueron establecidos, inicialmente, dos puntos, o sea, en Villa Florida y un lugar próximo a su desembocadura al río Paraguay, teniendo crecida, posteriormente, un punto en Tebicuary –mi y dos puntos en la región arriba de río Tebicuary para posibilitar la obtención de informaciones adicionales sobre el comportamiento general de esta cuenca hidrográfica.

De la misma forma, fueron establecidos dos puntos más de colecta en la región arriba del río APA, además del punto de rutina, para obtención de datos complementarios para averiguar la influencia de fuentes poluidoras existentes en esta cuenca.

La colecta de muestra para análisis de agua y sedimentos fueron realizadas, a través de 7 campañas de colectas en un período de 2 años y medio. Fueron escogidos 35 parámetros físico-químicos, bacteriológicos y metales pesados. Además de eso, fueran ejecutadas la identificación y recuento de fitoplancton que es un excelente indicador biológico.

Concomitantemente, se realizaron las determinaciones de 12 agro tóxicos en el mes de noviembre de 2005 y febrero de 2006 en todos los puntos de colecta.



Con relación al análisis de sedimentos, se realizaron solamente 6 tipos de metales pesados, pues, la gran mayoría de los puntos de colecta constataban la composición de suelo arenosa que no contienen los demás elementos interferentes de polución en forma significativo, tales como, materia orgánica, nutrientes, etc.

La metodología de todos los parámetros físico-químicos y bacteriológicos fueron obtenidas del Standard Method, edición de 2000. El análisis de metales pesados fue realizado, a través de Absorción Atómica (Shimadzu) de horno de grafito para muestra de agua y de llama para los sedimentos.

Glifozato, hervicida, que fue analizado por HPCL y además 12 agrotóxicos, por CG-Massa (ambos Shimadzu)

Para facilitar la comprensión del estado del agua de los ríos en estudio, fue realizada comparaciones con los valores establecidos en clase 2 de Resolución 222 / 02 de SEAM y la calidad de agua obtenida en arroyo Yhaguy, lo que drena en una micro cuenca totalmente preservada, ubicada en la región de la Cordillera, como los datos de referencia.

Vale destacar que todos los recursos hídricos del territorio Paraguayo están siendo clasificada en clase 2, según la Resolución 25 5 /06 de SEAM.

Con relación al patrón para los sedimentos, fue basado en el patrón sugerido por la Agencia Ambiental del Gobierno de Canadá en 1996 (vide referencia bibliográfica)

**Calidad de agua de referencia (A<sup>a</sup> Yhaguy)**  
(unid. mg/L excepto los parámetros conductividad ,turbiedad , clorofila y coli. Fecal )

| Parámetro         | muestra 1 | muestra 2 | parámetro                   | muestra 1 | muestra 2 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------|
| pH                | 5,8       | 5,9       |                             | 1,4       | 1,6       |
| Cond. (uscm)      | 13,0      | 13,0      | DQO                         | 8,8       | 7,8       |
| Turbiedad (NTU)   | 10        | 10        | Ca+2                        | 2         | 2         |
| O.D               | 8,9       | 8,9       | Mg                          | 0,27      | 0,27      |
| Temp. agua (oC )  | 20,8      | 20,9      | Na                          | 0,84      | 0,79      |
| Alcanilidad total | 7,59      | 7,05      | K                           | 0,65      | 0,65      |
| Cloruros          | 3         | 3         | Fe+2                        | 0,12      | 0,12      |
| Fósforo Total P   | 0,03      | 0,03      | Fe+3                        | 0,65      | 0,7       |
| Ortofosfato P     | 0,02      | 0,02      | Sólidos Totales             | 31,00     | 34,00     |
| NT                | 0,60      | 0,50      | Sólidos Disueltos           | 28,30     | 32,00     |
| NH4 - N           | 0,01      | 0,01      | Sólidos Susp.               | 2,50      | 2,00      |
| NO2               | 0,00      | 0,00      | Sólidos Volátiles           | 0,00      | 0,00      |
| NO3 - N           | 0,36      | 0,31      | Clorofila - a (ug/l)        | 0,00      | 0,00      |
|                   |           |           | Colif. Fecal<br>(UFC/100cc) | 290,00    | 330,00    |

### 2.3.1. Calidad de agua del río Paraguay

Todos los resultados de análisis obtenidos en 10 puntos del río Paraguay durante 7 campañas de colecta de muestras están insertados en las tablas 2.3.1a 2.3.28 con ilustración de las figuras. Lo cuadro sin el valor en estas tablas representa falta de colecta de muestra o falla de resultado analítica.

La temperatura de agua varió en rango de 14°C a 31°C durante todo el tiempo de investigación, obteniendo menor temperatura en las colectas realizadas en meses de junio y agosto y mayores en el mes de febrero.

Los valores de conductividad que representa la presencia de minerales osciló de 60 a 130 us/cm, mostrando una tendencia de aumentar sus valores a la medida que se avanza su recorrido para trecho abajo del río Paraguay. Este fenómeno puede ser interpretado como las consecuencias de la descarga de poluyentes a largo del trecho de este río, provenientes de las fuentes puntuales y difusas generadas en su cuenca formadora.

El parámetro de turbiedad se ve influenciado fuertemente por la precipitación que arrastran los sólidos y otros poluyentes, decurrentes de acción principalmente de erosión de áreas agrícolas, inclusive de lavados de superficies del áreas urbanas. Fueron obtenidos los valores de 20 a 50 UTN al largo del río Paraguay en la mayoría de la época, registrando, sin embargo, los valores arribas de 100 NTU en el período de mayor precipitación, traspasando el limite del patrón establecido en el patrón establecido en la Resolución 222 / 2002 .

Conviene resaltar que el valor de referencia de este parámetro es de 10 NTU, lo que indica predominancia elevado valor de turbiedad del río Paraguay.

Vale mencionar que el agua del río Paraguay en el trecho en estudio presenta una coloración amarillo claro, proveniente de sustancias como taninos e ligninas lixiviadas de raíces d plantas sumergidas, principalmente en el región del Pantanal.

Los valores de *pH* se mantuvieron en la franja neutra, variando de 6,8 a 7,4 lo que corresponde al rango preconizado para la agua de clase 2 establecido en la Norma arriba referida. No se observó ninguna variación clara y caracterizada en término espacial y temporal, de acuerdo con los resultados obtenidos.

La concentración de oxígeno disuelto mostró casi un nivel de saturación, en la mayoría de los puntos en estudio, pudiendo satisfacer junto con el *pH*, los valores requeridos para la vida de animales acuáticos.

Con relación a alcalinidad total que es parámetro que indica un potencial de reserva de CO<sub>2</sub>, se obtuvieron concentraciones en intervalo de 27 a 42.5 mg/L durante todo el tiempo de investigación. Tales tenores de alcalinidad pueden ser considerados bajos, comparativamente con las características limnológicas en media, lo que debe ser relacionado con la presencia de cantidad reducida de Ca y Mg en este río, que son los principales elementos formadores de sustancias carbonaceas .

Tanto los sólidos totales como los sólidos disueltos presentan los valores elevados, variando de 70 a 220 mg/L durante el estudio, que refleja los efectos de erosión, provocado por la ocupación del suelo, no solo de la cuenca formadora de la región oriental sino también del Alto Paraguay donde ya se evidencia la intensa acción del proceso de degradación como ya fue visto en capítulo 1.

En el punto de colecta de Valle-mi, ubicado próximo a la división con el Alto Paraguay, fue determinado un rango de concentración de 56 a 220 mg/L, presentando, especialmente mayores valores en mes de octubre /2004 y noviembre /2005. Esta tendencia se verificó a lo largo de todo el trecho de río Paraguay estudiado. Los períodos arriba mencionados coinciden con la época de intensa precipitación. Se registraron precipitación de 208 mm en mes de octubre /2004 y 345 mm en noviembre /2005 en la estación meteorológico de Asunción, lo que justifica obtención de mayores valores de sólidos totales en puntos de investigación.

Independientemente de la variación espacial, fue observada una tendencia de aumentar los valores de este parámetro a lo largo de recorrido de río, como se notó en el caso de conductividad, sugiriendo la influencia de contribución de cargas provenientes de sub-cuencas formadoras.

Las normas internacionales, inclusive la de SEAM, establecen el límite de tenores de sólidos totales bastante altos (500mg/L), teniendo en cuenta especialmente sus efectos para el consumo humano .

Sin embargo, se debe tenerse en cuenta, también, los efectos de exploración de la cuenca formadora, desde el punto de vista del control y preservación de recursos hídricos. La concentración de referencia de este parámetro se sitúa en torno de 33 mg/L, lo que corresponde a cerca de dos a seis veces menores que las determinadas en río Paraguay.

Es importante mencionar que casi el 80 a 90 % de los sólidos totales son constituidos por sustancias disueltos. Al mismo tiempo, sólidos volátiles que representan sustancias volátiles, inclusive las materias orgánicas, se limitó apenas de 3 a 7 mg/L. Tales resultados muestran la existencia de poca cantidad de materia orgánica en el agua de río Paraguay.

La densidad de coliformes fecales presentó, en mayoría de las determinaciones, menor que a 250 ufc / 100mL, excepto en puntos ubicados en el área de Asunción y en Villeta, donde se verifican mayores flujos de cargas de cloaca sanitaria. El límite de 250 ufc / 100mL establecida en la clase 2 del Resolución SEAM permite el uso de agua para la recreación con contacto primario y riego para plantaciones de verduras de consumo crudo.

El índice de polución representada por DQO incluye no solo materia orgánica sino también las sustancias inorgánicas oxidables por el reactivo químico (dicromato de potasio). Los valores de DQO determinados en el río Paraguay oscilaron entre 11,5 a 33,6 mg/l, mientras que el valor de referencia de DQO se presenta entre 7 a 9 mg/L, debiendo concluir que el agua de río Paraguay contiene las sustancias impuras y oxidables en cantidad no despreciables.

Admitiéndose que se haga una proporción de 1 por 10 una relación cuantitativa entre DBO y DQO, la probable concentración de DBO que representa la cantidad de materia orgánica gira en torno de 3 mg/L.

Recientemente, el fenómeno de eutrofización se torna cada vez más grave en varias regiones del mundo, causando una serie de problemas en los manantiales para uso múltiple.

Las concentraciones de fósforo y nitrógeno, que son las principales causantes de este fenómeno, encontradas en el río Paraguay en el trecho en estudio muestran niveles relativamente elevados, conforme los puntos de investigación, teniendo a la vista la evolución de fenómeno de eutrofización.

Los resultados de análisis de fósforo total indican las concentraciones superiores al patrón de este parámetro en la mayoría de los puntos de colecta, presentando una tendencia de crecer, a medida que se recorre aguas abajo de río Paraguay. Es importante resaltar que en el punto de Valle mi, ubicada casi en el límite con el Brasil ya se encuentra la concentración de PT en un rango de 0.04 a 0.1 mg/L, lo que corresponde a aproximadamente de 3 a 4 veces superior al límite establecido en el patrón, indicando un señal de algunas influencias de polución hídrica que esta ocurriendo en la cuenca de Alto Paraguay, como ya fue constatada en Capítulo 1.

De la misma forma de variación espacial observada en conductividad y sólidos, se verifica, también una tendencia de aumento progresivo de PT, a medida que se recorre el río aguas abajo. Este comportamiento indica una clara influencia de descargas de nutrientes provenientes de fuentes puntuales y difusas de cuenca formadores.

El fósforo soluble que representa la forma asimilable inmediatamente por organismos fitoplactonicos variaran en el rango de 0,009 a 0,087 mg/L, mostrando, también, aumento a lo largo de río Paraguay, indicando la presencia de potencial productividad primaria de este recurso hídrico.

El nitrógeno amoniacal que es uno de los parámetros importantes como indicador de polución hídrica osciló de 0 a 0,39 mg/L, manteniéndose en gran parte de los resultados menores de 0,1 mg/L, lo que indica el estado avanzado de proceso de nitrificación. Por otro lado, el nitrógeno de nitrato presentó los tenores en un rango de 0,10 a 0,48 mg/L.

Aunque sean menores al valor determinado del patrón (10 mg N-NO<sub>3</sub>/L), que vista las implicaciones para el consumo humano, se debe admitir que las concentraciones de NO<sub>3</sub> disponibles en río Paraguay representan un potencial significativo, de punto de vista de eutrofización.

La concentración de nutrientes es aceptable hasta cierto nivel, lo que puede beneficiar la productividad del agua y consecuentemente a la ictiofauna. Sin embargo, cuando este elemento pasa el límite, provoca la proliferación de algas tóxicas, como ocurre en el lago de

Ypacaraí, colocando en riesgo, el uso de agua para fines múltiple, tales como la recreación, abastecimiento público, la piscicultura, etc. Debe resaltarse que toda el agua con una gran cantidad de algas tóxicas, perteneciente a cianobacteria que se encuentran en abundancia en el lago Ypacaraí, esta siendo descargada, a través del río Salado, aguas arriba de la captación de ESSAP, en el río Paraguay.

Con relaciones a la composición de especies y la cantidad de fitoplancton verificadas en los últimos 3 campañas de colecta, se resume en la figuras 2.3.1 y 2.3.2. Según esta investigación, se identificó la presencia de algas que abarcan 7 clases, o sea, Bacillariophyceae, Cryptophyceae, Chlorophyceae, Dianophyceae, Zignemaphyceae, Euglenophyceae y Cyanophyceae, de las cuales, los primeros citados predominan, en mayoría de los puntos, en termino de densidad en el río Paraguay.

Con relación a la población total de fitoplancton en cada punto de colecta , varió de 2000 org./ mL a 18 en cada 000 org/mL, presentando dos picos de densidad , uno en la región de Rosario y otro, en trecho debajo de Alberdi .

Excepto en Rosário y Pilar, en el mes de febrero/06, se observó que la clase Chlorophyceae presentó mayor en número de taxones (mayor riqueza).

En Valle-Mí el grupo de las cianobacterias fue el espécimen predominante en los meses de agosto/05 y noviembre/05. En agosto/05, no obstante, *Merismopedia elegans* con densidad de 1280 cél/mL fue la especie más abundante y en noviembre, *Phormidium* sp fue la especie más abundante con densidad de 1200 cél/mL. La densidad de cianobacterias sólo fue superior a la sumatoria de las demás algas en Valle-Mí, en nov/05. Es probable que la mayor abundancia relativa de las cianobacterias en este punto de colecta se puede indicar alguna alteración de calidad que ocurre en la cuenca del Alto Paraguay, inclusive del Pantanal.

En Pto. Rosario, hubo aumento de la densidad de cianobacterias a lo largo del período de colecta: 320 cél/mL, 640 cél/mL y 1000 cé/mL , respectivamente en agosto/05, noviembre/05 e febrero/06. En punto de ESSAP, también hubo aumento en la densidad de cianobacterias: 180 cél/mL (nov/05) y 700 cél/mL (feb/06).

En Villeta y Alberdi Centro las cianobacterias sólo ocurrieron en febrero/06 y presentaron densidad de 920 cél/mL en Villeta (tab.1-20) y 720 cél/mL en Alberdi Centro (tab. 1-23)

A lo largo del Río Paraguay las Bacillariophyceae constituyen un grupo de algas con a mayor densidad en los meses de agosto/05 y noviembre/05, excepto en Valle-Mí. En febrero/06 las clorofíceas fueron dominantes, substituyendo a las Bacillariophyceae en Rosário, Remanso, Alberdi Centro, Alberdi Abajo y Pilar. En todos esos cinco puntos la dominancia de clorofíceas, compuesta de organismos del orden Chlorococales, puede sugerir que se encuentra ante un proceso de eutrofización, decurrente de las actividades antropogénicas en toda cuenca formadora de río Paraguay.

El parámetro que representa el bioma de fitoplancton, o sea, clorofila-a resultó los tenores de 0.49 a 4.3 ug/L, lo que puede ser encuadrado como en la categoría de oligo y mesotrófico. Aunque esto nivel no se debe considerar, todavía, ofrecer los efectos negativos para abastecimiento público, como por ejemplo, es necesario monitoreo constante para evaluar la evolución de estado trófico de cuencas hídricas en estudio.

Asociada a los resultados de nutrientes con la comunidad fitoplanctonica y su bio masa (clorofila-a), es posible juzgar que el agua del río Paraguay en el trecho en estudio indica ya una tendencia al proceso de eutrofización, aunque su nivel sea todavía incipiente. Uno de los fenómenos que refuerza esta tesis es la presencia de Agua pé (*Eichornia Crassipe*) tanto en margen del río como en medio de su curso, formado una pequeña isla de planta acuática.

Los parámetros analizados de Ca, Mg, Na, Si, K y CL obtuvieron bajos valores, no presentando ninguna objeción, para su uso en abastecimiento público y riesgo para la agricultura. Estos valores son compatibles con los determinados en la cuenca hidrográfica de Pantanal por Stephenk (1996).

Merece destacar que la concentración de Cloruro presenta un nítido aumento a partir del punto de Villeta. Este fenómeno puede ser explicado por entrada de agua de Pilcomayo que contiene alto tenor de este elemento. Además a este parámetro, el mismo río transporta elevado tenor de otros poluyentes, tales como, sodio, sólidos, fósforo, etc, afectando seriamente, la calidad de agua del río Paraguay a partir de confluencia con este río.

Las concentraciones de hierro soluble que ofrece el problema de color del agua para abastecimiento público, varió de 0.07 a 0.6 mg/L, se registró los valores arriba del límite del patrón en algunos puntos del río Paraguay, dependiendo del período de coleta.

Todos los metales pesados determinados en agua del río Paraguay resultaron presencia mínima (nulo o en nivel de ppb), estando, siempre, dentro del patrón establecido por la Resolución 222/02 de SEAM.

De la misma forma, los resultados de metales pesados analizados en sedimentos se presentan, también, dentro del patrón recomendado por Agencia del gobierno de Canadá.( tabla 2.2.27)

De acuerdo con los resultados obtenidos por la presente investigación, no se confirma el eventual riesgo de contaminación por mercurio del río Paraguay en estudio por exploración de oro en Alto Paraguay.

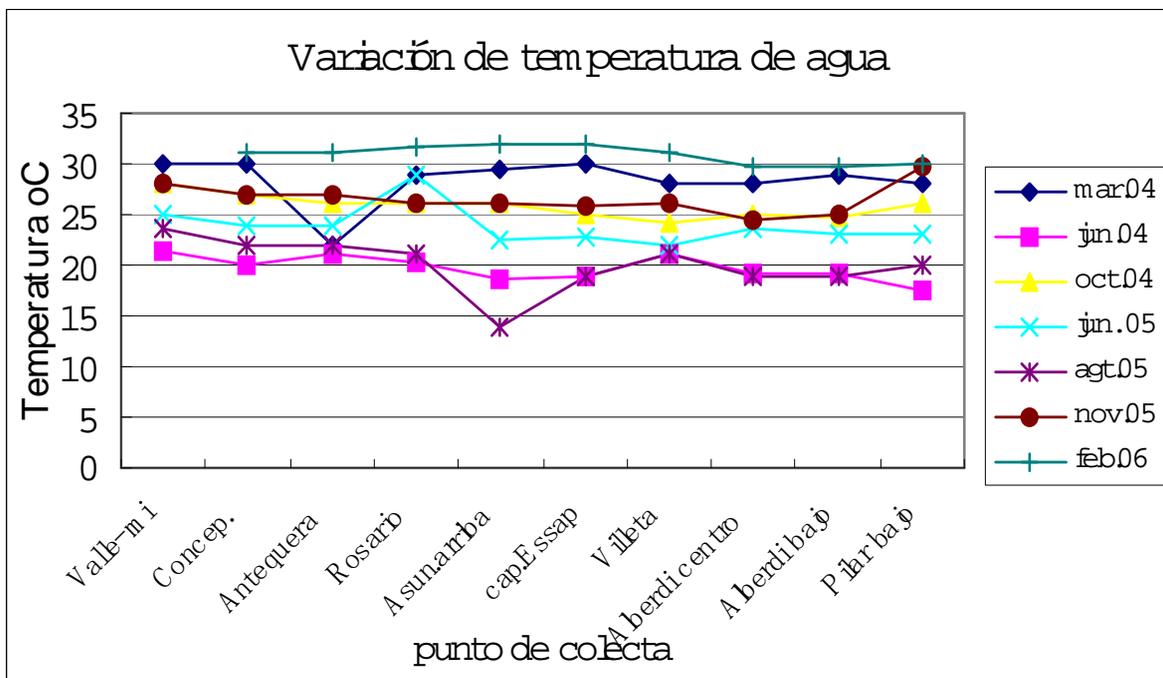
Con relación a las análisis de agrotoxicos, no fueron detectados ningún agro tóxico analizados, excepto en Pto. Rosario y Villeta donde fueron detectados igualmente 0,04 mg/L de Glifozato.( Tabla 2.2.28 )

Esta concentración, sin embargo, es inferior al límite de concentración preconizada por Patrón de calidad de agua 222/02 de SEAM.

El glifozato es el herbicida más utilizado en agricultura en el país, esta clasificado en toxicidad 5 (menor toxicidad), de acuerdo con el criterio de toxicidad de OMS. Por otro lado, esta sustancia no es acumulativo en el medio ambiente, pudiendo ser decompuesto con relativa facilidad. No obstante, la presencia de resultado positivo en Rosario y Villeta significa la presencia de fuentes de tales agro tóxico. La región de Rosario perteneciente a la cuenca del Jejui-Guazu desarrolla activamente la labranza de soja, algodón, trigo, tomate y otros que se pueden relacionar con el intenso uso de agro tóxicos en la época de plantación (octubre - noviembre). Por otro lado, la detección de glifozato en Villeta debe ser motivada, probablemente, por efluente de las industrias químicas existentes en esta región.

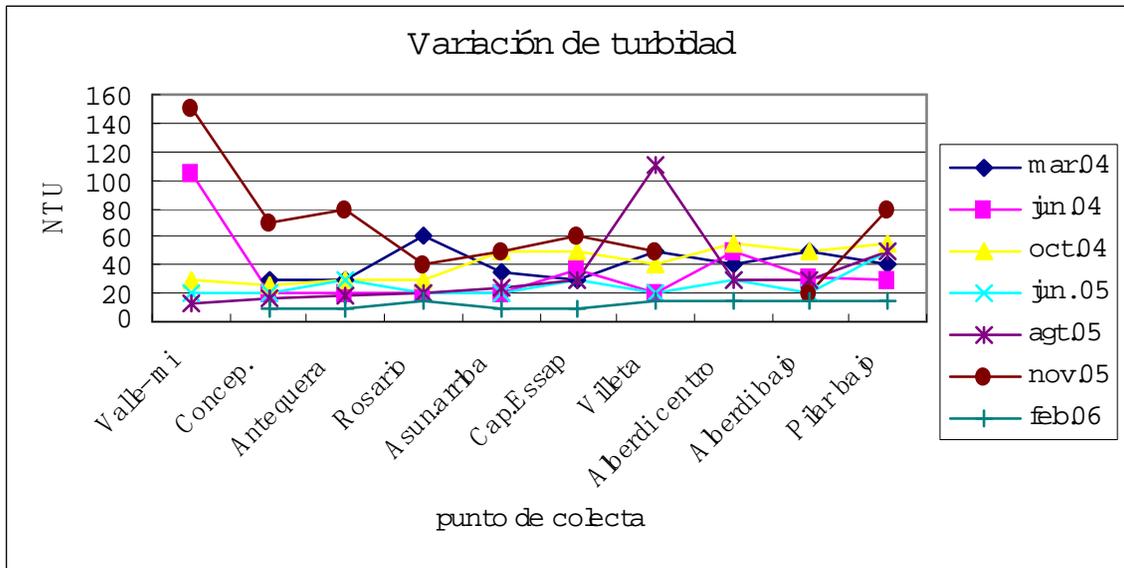
**Tabla 2.3.1. Temperatura de agua**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun. 05 | agt.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Valle-mi       | 30     | 21,3   | 28     | 25      | 23,5   | 28     |        |
| Concep.        | 30     | 20     | 27     | 24      | 22     | 27     | 31,1   |
| Antequera      | 22     | 21     | 26     | 24      | 22     | 27     | 31     |
| Rosario        | 29     | 20,4   | 26     | 29      | 21     | 26     | 31,6   |
| Asun.arriba    | 29,4   | 18,5   | 26     | 22,5    | 14     | 26     | 32     |
| Cap.Essap      | 30     | 19     | 25     | 22,7    | 19     | 25,7   | 32     |
| Villeta        | 28     | 21     | 24,2   | 22      | 21     | 26     | 31     |
| Alberdi centro | 28     | 19,3   | 25     | 23,5    | 19     | 24,5   | 29,6   |
| Alberdi abajo  | 29     | 19,2   | 24,6   | 23      | 19     | 25     | 29,6   |
| Pilar abajo    | 28     | 17,6   | 26,1   | 23      | 20     | 29,6   | 30     |



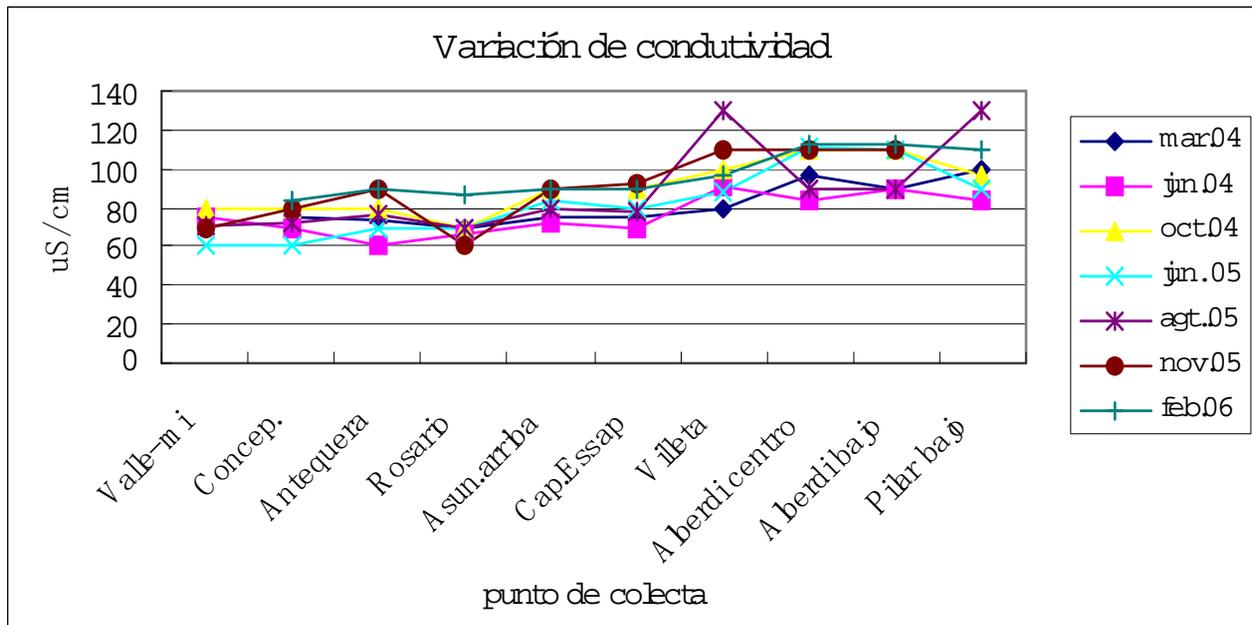
**Tabla 2.2.2. Variación de turbidez**

|               | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun. 05 | agt..05 | Nov.05 | feb.06 |
|---------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Valle-mi      |        | 75     | 80     | 60      | 71      | 70     |        |
| Concep.       | 75     | 70     | 80     | 60      | 72      | 80     | 84     |
| Antequera     | 73     | 60     | 80     | 70      | 76      | 90     | 90     |
| Rosario       | 69     | 66     | 70     | 70      | 70      | 60     | 87     |
| Asun.arriba   | 75     | 72     | 90     | 83      | 80      | 90     | 90     |
| Cap.Essap     | 75     | 70     | 90     | 80      | 78      | 93     | 90     |
| Villeta       | 80     | 91     | 99     | 88      | 130     | 110    | 96     |
| Alberdi cent  | 97     | 84     | 110    | 111     | 90      | 110    | 113    |
| Alberdi abajo | 90     | 90     | 110    | 110     | 90      | 110    | 113    |
| Pilar abajo   | 99     | 84     | 96     | 90      | 130     |        | 110    |



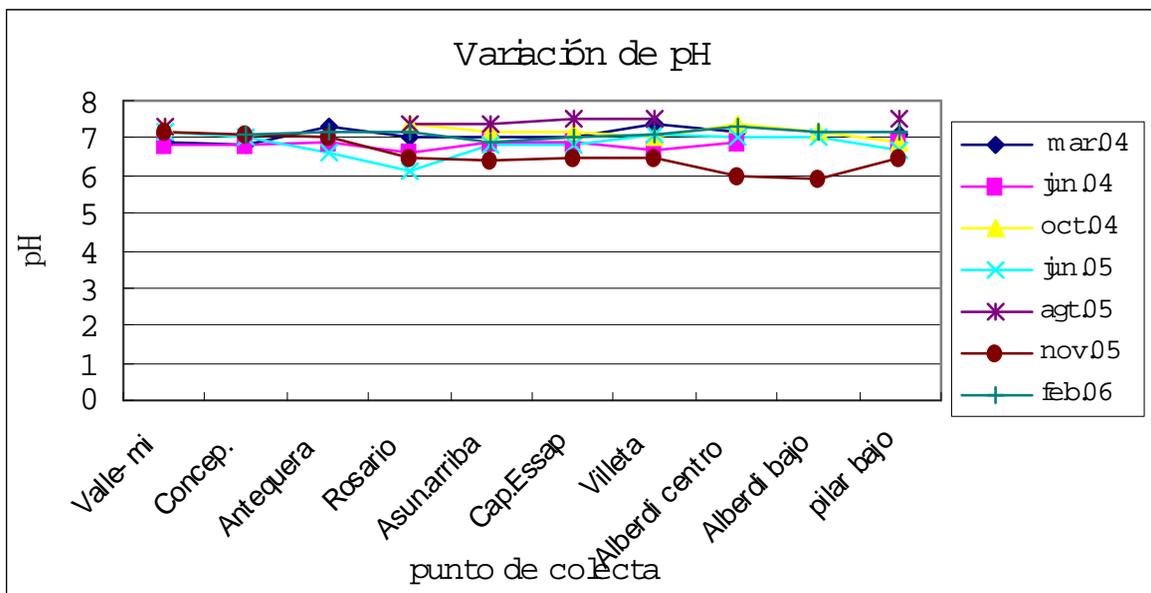
**Tabla 2.3.3. Conductividad (us / cm)**

| Conductividad  | (us/cm) |         |         |         |           |         |         |
|----------------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|
|                | mar. 04 | jun. 04 | oct. 04 | jun. 05 | agt. . 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| Valle-mi       |         | 75      | 80      | 60      | 71        | 70      |         |
| Concep.        | 75      | 70      | 80      | 60      | 72        | 80      | 84      |
| Antequera      | 73      | 60      | 80      | 70      | 76        | 90      | 90      |
| Rosario        | 69      | 66      | 70      | 70      | 70        | 60      | 87      |
| Asun. arriba   | 75      | 72      | 90      | 83      | 80        | 90      | 90      |
| Cap. Essap     | 75      | 70      | 90      | 80      | 78        | 93      | 90      |
| Villeta        | 80      | 91      | 99      | 88      | 130       | 110     | 96      |
| Alberdi centro | 97      | 84      | 110     | 111     | 90        | 110     | 113     |
| Alberdi abajo  | 90      | 90      | 110     | 110     | 90        | 110     | 113     |
| Pilar abajo    | 99      | 84      | 96      | 90      | 130       |         | 110     |



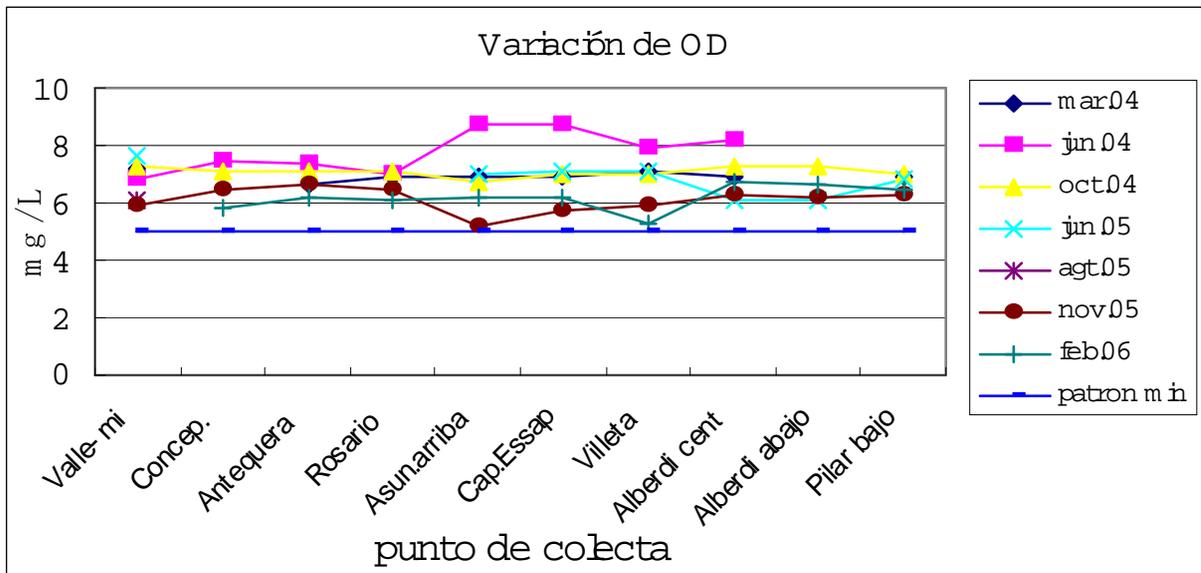
**Tabla 2.3.4. pH ( patrón 6 – 9 )**

|               | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agt.05 | nov.05 | feb.06 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valle-mi      | 6,9    | 6,8    | 7,3    | 7,2    | 7,3    | 7,2    |        |
| Concep.       | 6,8    | 6,8    |        | 7      |        | 7,1    | 7,1    |
| Antequera     | 7,3    | 6,9    |        | 6,6    |        | 7      | 7,2    |
| Rosario       | 7      | 6,6    | 7,4    | 6,1    | 7,4    | 6,5    | 7,2    |
| Asun.arriba   | 7      | 6,9    | 7,2    | 6,8    | 7,4    | 6,4    | 6,9    |
| Cap.Essap     | 7      | 6,9    | 7,2    | 6,8    | 7,5    | 6,5    | 7      |
| Villeta       | 7,4    | 6,7    | 7      | 7,1    | 7,5    | 6,5    | 7,1    |
| Alberdi cent. | 7,2    | 6,9    | 7,4    | 7      |        | 6      | 7,3    |
| Alberdi abajo |        |        | 7,2    | 7      |        | 5,9    | 7,2    |
| pilar abajo   | 7,1    | 6,9    | 6,9    | 6,7    | 7,5    | 6,5    | 7,2    |



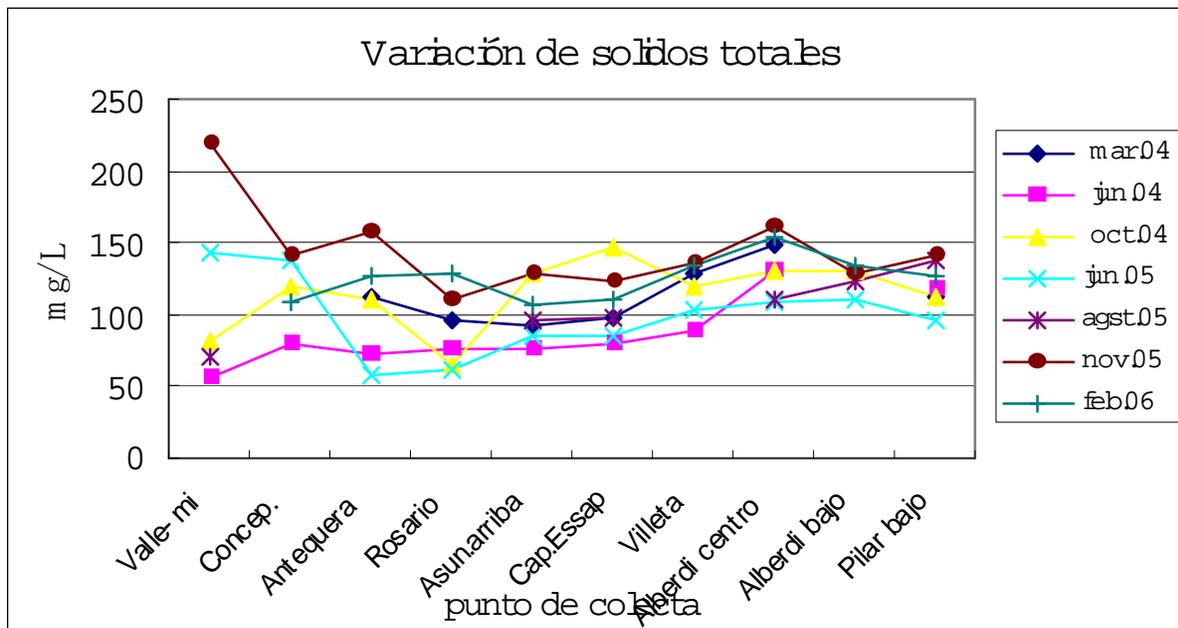
**Tabla 2.3.5 Oxigeno disuelto ( mg / L ) ( patron > 5,0 mg/L)**

|               | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agt.05 | nov.05 | feb.06 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valle-mi      | 7,2    | 6,8    | 7,3    | 7,6    |        | 5,9    |        |
| Concep.       |        | 7,5    | 7,1    |        |        | 6,5    | 5,8    |
| Antequera     | 6,6    | 7,4    | 7,1    |        |        | 6,6    | 6,2    |
| Rosario       | 6,9    | 7      | 7,1    |        |        | 6,5    | 6,1    |
| Asun.arriba   | 6,9    | 8,7    | 6,7    | 7      |        | 5,2    | 6,2    |
| Cap.Essap     | 6,9    | 8,7    | 7      | 7,1    |        | 5,7    | 6,2    |
| Villeta       | 7,1    | 7,9    | 7      | 7,1    |        | 5,9    | 5,3    |
| Alberdi cent  | 6,9    | 8,2    | 7,3    | 6,1    |        | 6,3    | 6,7    |
| Alberdi abajo |        |        | 7,3    | 6,1    |        | 6,2    | 6,6    |
| Pilar abajo   | 6,9    |        | 7      | 6,8    |        | 6,3    | 6,5    |



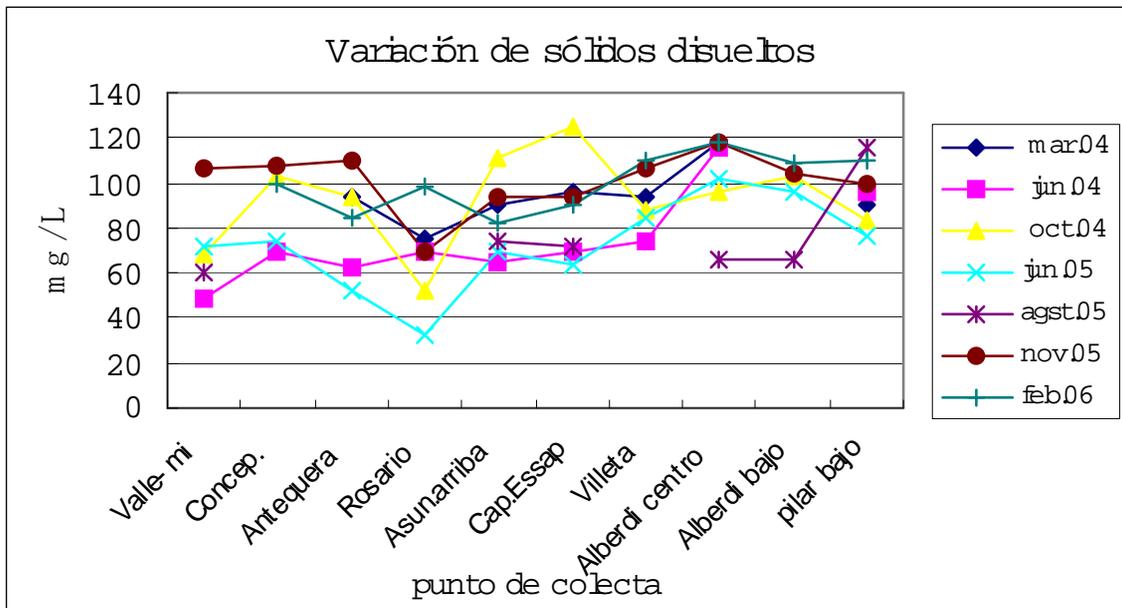
**Tabla 2.3.6. Sólidos totales ( mg / L )**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       |        | 56     | 82     | 144    | 70      | 220    |        |
| Concep.        |        | 80     | 120    | 138    |         | 142    | 108    |
| Antequera      | 112    | 72     | 110    | 58     |         | 158    | 126    |
| Rosario        | 96     | 76     | 66     | 61,6   |         | 110    | 128    |
| Asun.arriba    | 92     | 76     | 128    | 84,6   | 96      | 128    | 106    |
| Cap.Essap      | 98     | 80     | 146    | 84,3   | 98      | 124    | 110    |
| Villeta        | 128    | 88     | 120    | 104    |         | 136    | 134    |
| Alberdi centro | 148    | 130    | 130    | 108,5  | 110     | 162    | 154    |
| Alberdi abajo  |        |        | 130    | 110,7  | 124     | 128    | 134    |
| Pilar abajo    | 112    | 118    | 112    | 96,6   | 138     | 142    | 126    |



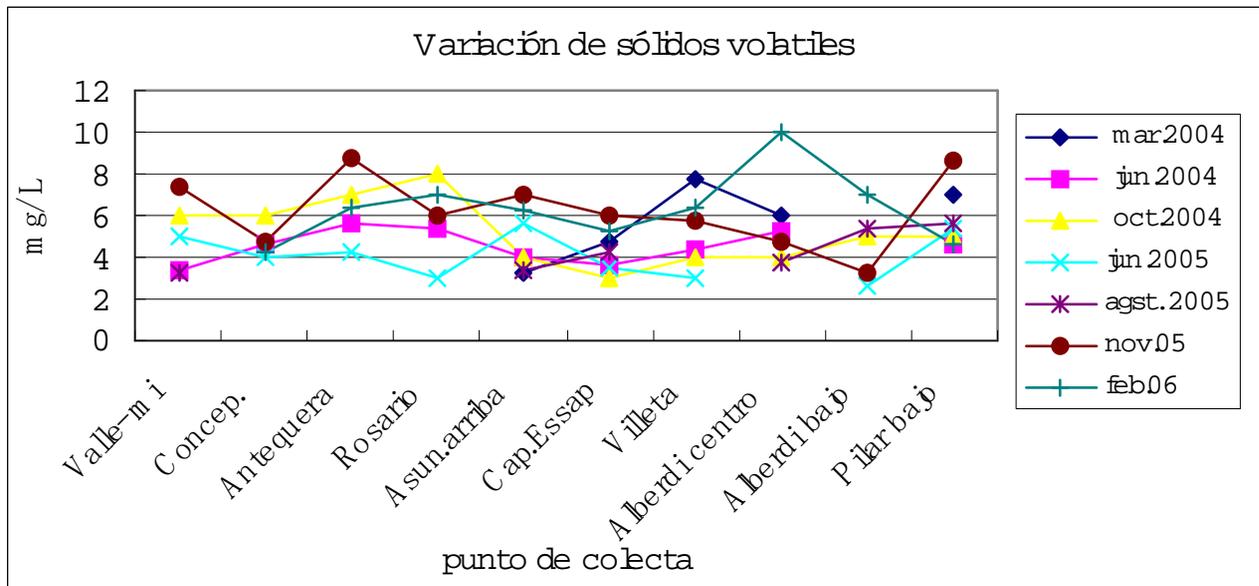
**Tabla 2.3.7. Sólidos disueltos (mg / L)**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       |        | 49     | 68     | 72     | 60      | 106    |        |
| Concep.        |        | 69     | 103    | 74     |         | 108    | 99,4   |
| Antequera      | 94     | 63     | 94     | 52     |         | 110    | 85     |
| Rosario        | 75     | 69,6   | 52     | 32     |         | 70     | 98     |
| Asun.arriba    | 90     | 64,8   | 111    | 70     | 74      | 94     | 82,5   |
| Cap.Essap      | 96     | 69,4   | 125    | 64     | 72      | 94     | 90     |
| Villeta        | 94     | 74     | 88     | 84     |         | 106    | 110,4  |
| Alberdi centro | 118    | 115,6  | 96     | 102    | 66      | 118    | 118    |
| Alberdi abajo  |        |        | 103    | 96     | 66      | 104    | 109    |
| pilar abajo    | 90     | 96,6   | 83     | 76     | 116     | 100    | 110    |



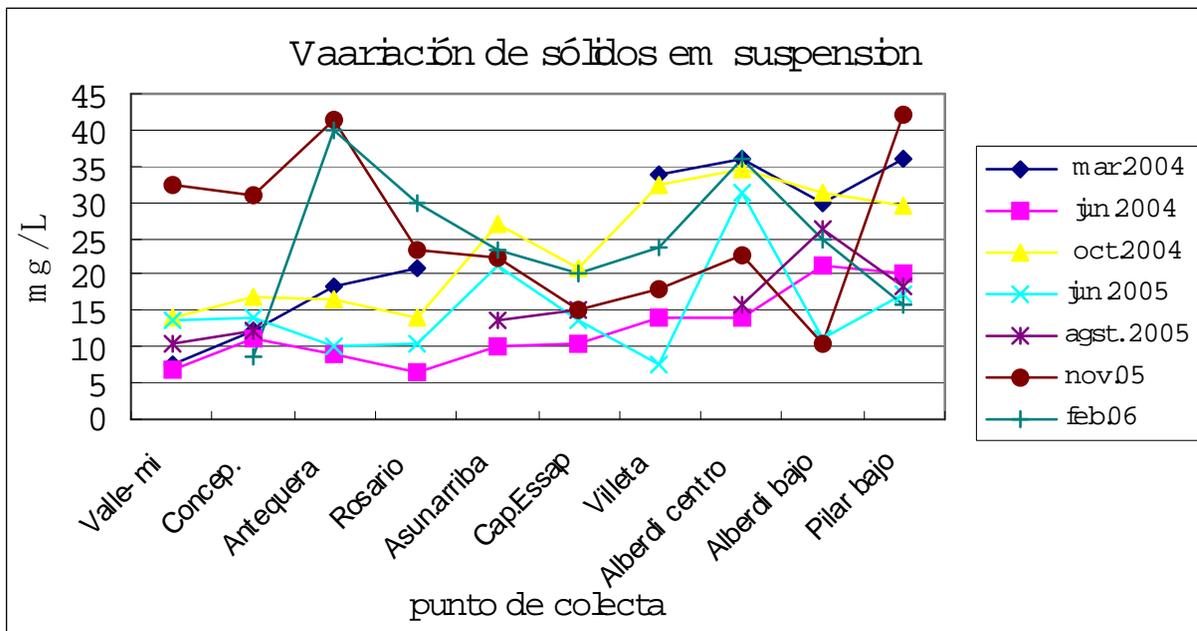
**Tabla 2.3.8. Sólidos volátiles (mg / L)**

|                | mar.2004 | jun.2004 | oct.2004 | jun.2005 | agst. 2005 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|------------|--------|--------|
| Valle-mi       |          | 3,4      | 6        | 5        | 3,3        | 7,4    |        |
| Concep.        |          | 4,6      | 6        | 4        |            | 4,8    | 4,2    |
| Antequera      |          | 5,6      | 7        | 4,2      |            | 8,8    | 6,4    |
| Rosario        |          | 5,4      | 8        | 3,06     |            | 6      | 7      |
| Asun.arriba    | 3,3      | 4        | 4        | 5,6      | 3,4        | 7      | 6,3    |
| Cap.Essap      | 4,7      | 3,6      | 3        | 3,45     | 4,3        | 6      | 5,2    |
| Villeta        | 7,7      | 4,4      | 4        | 2,94     |            | 5,8    | 6,4    |
| Alberdi centro | 6        | 5,2      | 4        |          | 3,7        | 4,8    | 10     |
| Alberdi abajo  |          |          | 5        | 2,6      | 5,4        | 3,2    | 7      |
| Pilar abajo    | 7        | 4,6      | 5        | 5,4      | 5,6        | 8,6    | 4,6    |



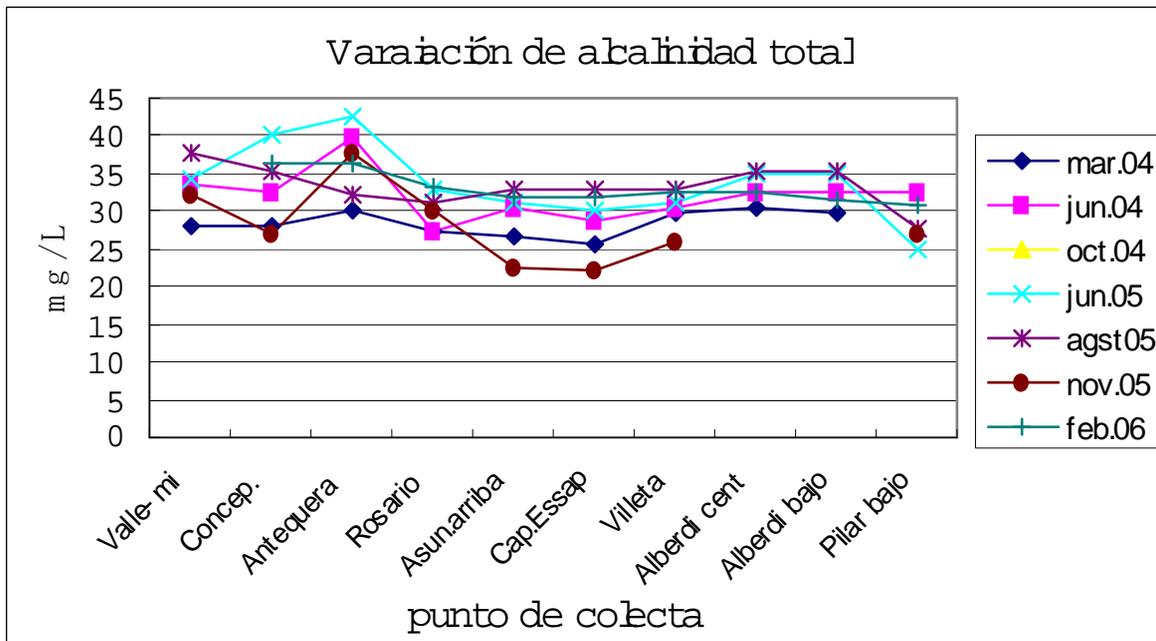
**Tabla 2.3.9. Sólidos en suspensión (mg / L)**

|                | mar.2004 | jun.2004 | oct.2004 | jun.2005 | ago. 2005 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|-----------|--------|--------|
| Valle-mi       | 7,5      | 7        | 14       | 13,8     | 10,4      | 32,3   |        |
| Concep.        | 12,3     | 11       | 17       | 13,9     | 12,3      | 31     | 8,6    |
| Antequera      | 18,3     | 9        | 16,4     | 10       |           | 41,5   | 40     |
| Rosario        | 21       | 6,4      | 14,1     | 10,4     |           | 23,4   | 30     |
| Asun.arriba    |          | 10,2     | 27       | 21,4     | 13,7      | 22,4   | 23,5   |
| Cap.Essap      |          | 10,6     | 21       | 13,7     | 15        | 15     | 20     |
| Villeta        | 34       | 14       | 32,4     | 7,65     |           | 18     | 23,6   |
| Alberdi centro | 36       | 14       | 34,4     | 31,5     | 16        | 22,8   | 36     |
| Alberdi abajo  | 30       | 21,4     | 31,2     | 11,3     | 26,4      | 10,6   | 25     |
| Pilar abajo    | 36       | 20       | 29,4     | 17,4     | 18,2      | 42     | 16     |



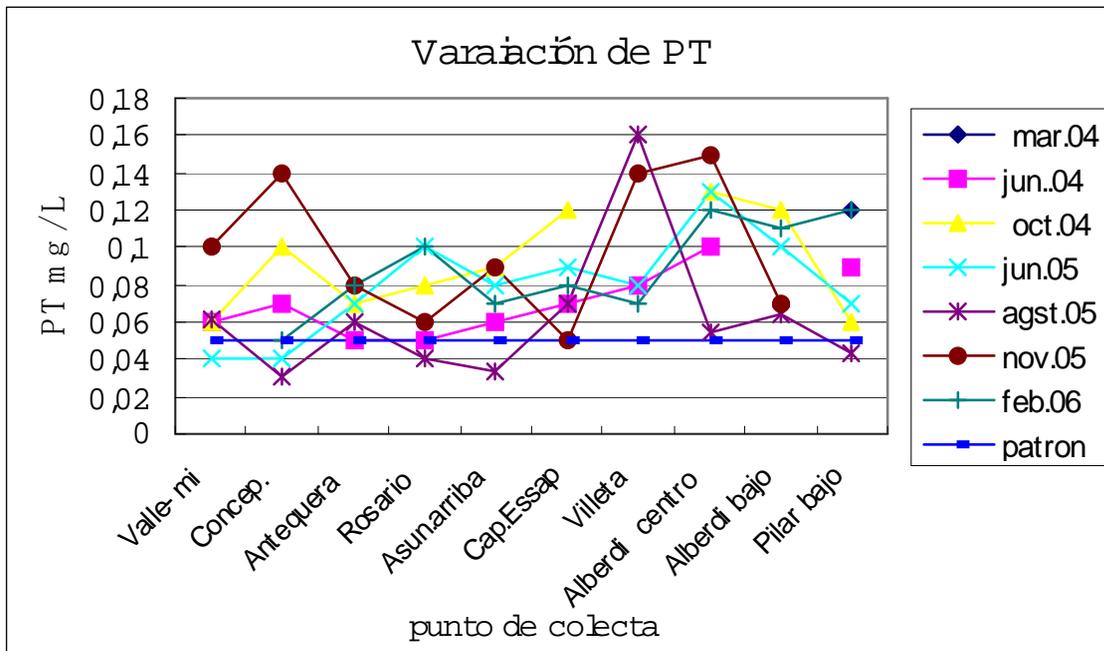
**Tabla 2.3.10. Alcalinidad total (mg / L)**

|               | mar.04 | Jun.04 | oct.04 | jun.05 | agst05 | nov.05 | feb.06 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valle-mi      | 28,1   | 33,7   |        | 34,2   | 37,8   | 32,3   |        |
| Concep.       | 28,1   | 32,6   |        | 40,1   | 35,4   | 27     | 36,3   |
| Antequera     | 30,1   | 39,8   |        | 42,5   | 32,2   | 37,7   | 36,3   |
| Rosario       | 27,5   | 27,3   |        | 33     | 31     | 30,2   | 33,1   |
| Asun.arriba   | 26,5   | 30,3   |        | 31,3   | 33     | 22,6   | 31,8   |
| Cap.Essap     | 25,5   | 28,6   |        | 30,1   | 33     | 22,1   | 31,8   |
| Villeta       | 29,6   | 30,6   |        | 31,3   | 33     | 25,9   | 32,5   |
| Alberdi cent  | 30,6   | 32,6   |        | 34,9   | 35,4   |        | 32,5   |
| Alberdi abajo | 29,6   | 32,6   |        | 34,8   | 35,4   |        | 31,4   |
| Pilar abajo   |        | 32,6   |        | 24,8   | 27,8   | 27     | 30,9   |



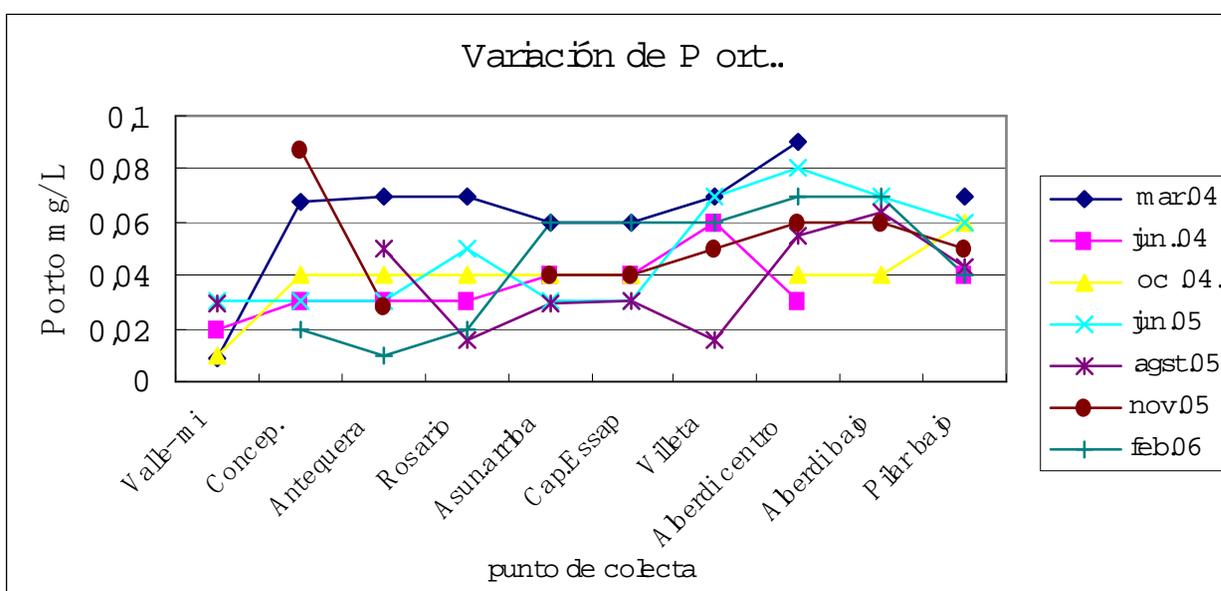
**Tabla 2.3.11 Fósforo total (mg / L) (Patrón = 0,025 mg/L)**

|                | mar.04 | jun..04 | oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 0,06   | 0,06    | 0,06   | 0,04   | 0,061   | 0,1    |        |
| Concep.        |        | 0,07    | 0,1    | 0,04   | 0,031   | 0,14   | 0,05   |
| Antequera      |        | 0,05    | 0,07   | 0,07   | 0,06    | 0,08   | 0,08   |
| Rosario        |        | 0,05    | 0,08   | 0,1    | 0,04    | 0,06   | 0,1    |
| Asun.arriba    |        | 0,06    | 0,09   | 0,08   | 0,034   | 0,09   | 0,07   |
| Cap.Essap      |        | 0,07    | 0,12   | 0,09   | 0,07    | 0,05   | 0,08   |
| Villeta        |        | 0,08    |        | 0,08   | 0,16    | 0,14   | 0,07   |
| Alberdi centro | 0,1    | 0,1     | 0,13   | 0,13   | 0,055   | 0,15   | 0,12   |
| Alberdi abajo  |        |         | 0,12   | 0,1    | 0,064   | 0,07   | 0,11   |
| Pilar abajo    | 0,12   | 0,09    | 0,06   | 0,07   | 0,043   |        | 0,12   |



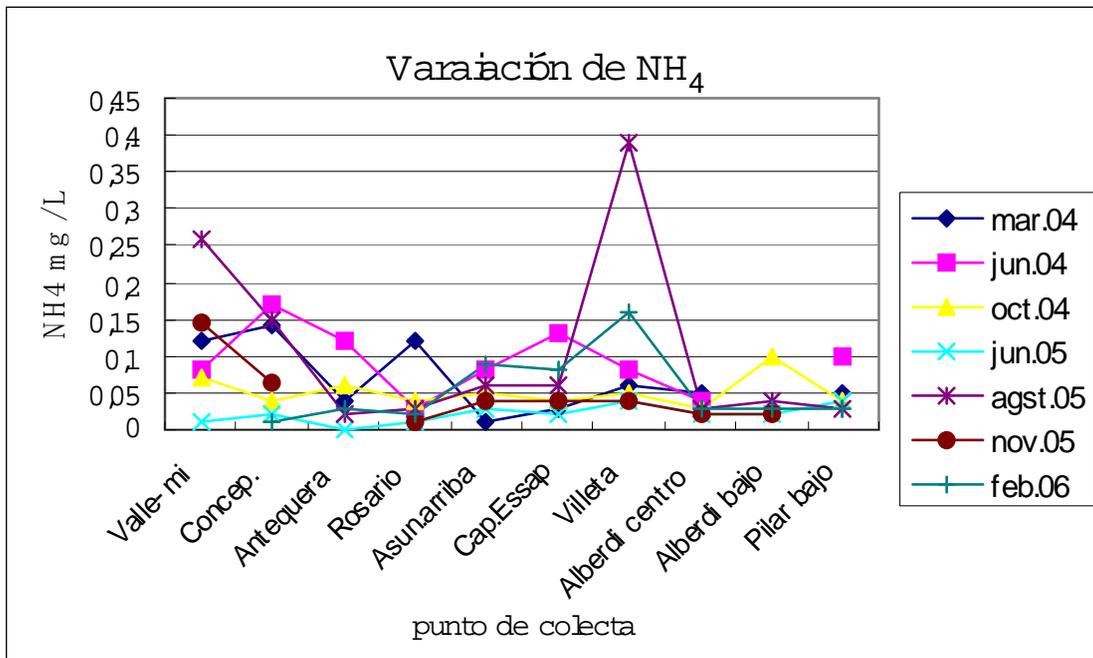
**Tabla 2.3.12. Fósforo ort. (mg / L )**

|                | mar.04 | jun..04 | oc .04. | jun.05 | .agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|---------|---------|--------|----------|--------|--------|
| Valle-mi       | 0,009  | 0,02    | 0,01    | 0,03   | 0,029    |        |        |
| Concep.        | 0,068  | 0,03    | 0,04    | 0,03   |          | 0,087  | 0,02   |
| Antequera      | 0,07   | 0,03    | 0,04    | 0,03   | 0,05     | 0,028  | 0,01   |
| Rosario        | 0,07   | 0,03    | 0,04    | 0,05   | 0,016    |        | 0,02   |
| Asun.arriba    | 0,06   | 0,04    | 0,04    | 0,03   | 0,029    | 0,04   | 0,06   |
| Cap.Essap      | 0,06   | 0,04    | 0,04    | 0,03   | 0,03     | 0,04   | 0,06   |
| Villeta        | 0,07   | 0,06    |         | 0,07   | 0,016    | 0,05   | 0,06   |
| Alberdi centro | 0,09   | 0,03    | 0,04    | 0,08   | 0,055    | 0,06   | 0,07   |
| Alberdi abajo  |        |         | 0,04    | 0,07   | 0,064    | 0,06   | 0,07   |
| Pilar abajo    | 0,07   | 0,04    | 0,06    | 0,06   | 0,043    | 0,05   | 0,04   |



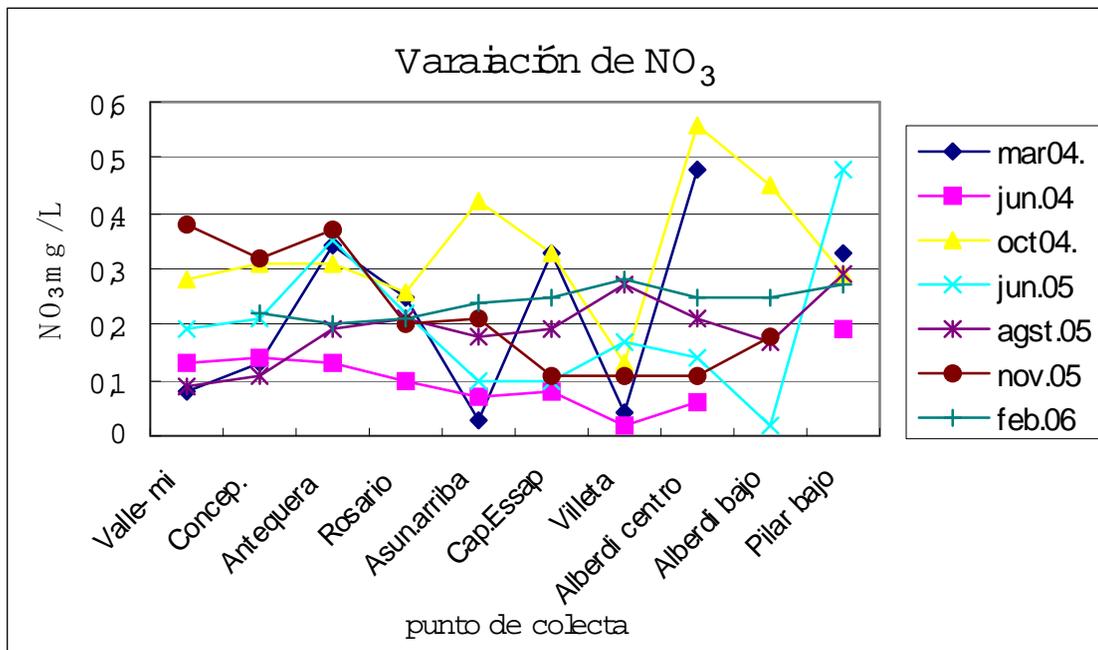
**Tabla 2.3.13. Nitrógeno amoniacal (mg / L)**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valle-mi       | 0,12   | 0,08   | 0,07   | 0,01   | 0,26   | 0,146  |        |
| Concep.        | 0,14   | 0,17   | 0,04   | 0,02   | 0,15   | 0,065  | 0,01   |
| Antequera      | 0,04   | 0,12   | 0,06   | 0      | 0,02   |        | 0,03   |
| Rosario        | 0,12   | 0,03   | 0,04   | 0,01   | 0,03   | 0,012  | 0,02   |
| Asun.arriba    | 0,01   | 0,08   | 0,05   | 0,03   | 0,06   | 0,04   | 0,09   |
| Cap.Essap      | 0,03   | 0,13   | 0,04   | 0,02   | 0,06   | 0,04   | 0,08   |
| Villeta        | 0,06   | 0,08   | 0,05   | 0,04   | 0,39   | 0,04   | 0,16   |
| Alberdi centro | 0,05   | 0,04   | 0,03   | 0,02   | 0,03   | 0,02   | 0,03   |
| Alberdi abajo  |        |        | 0,1    | 0,02   | 0,04   | 0,02   | 0,03   |
| Pilar abajo    | 0,05   | 0,1    | 0,04   | 0,04   | 0,03   |        | 0,03   |



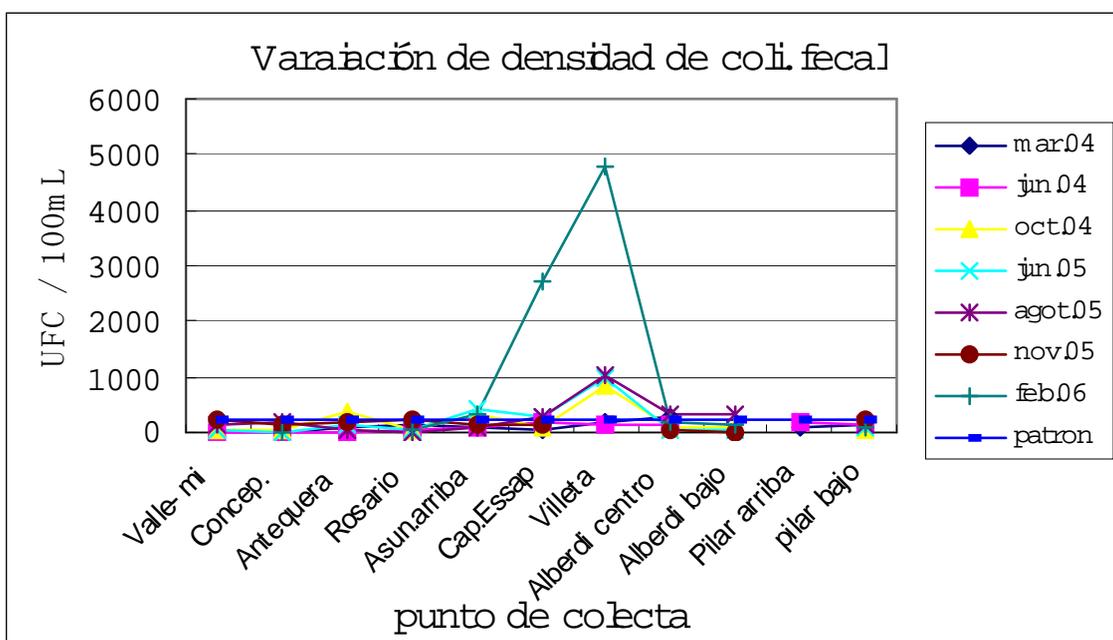
**Tabla 2.3.14. Nitrógeno nitrato (mg / L)**

|                | mar04. | jun.04 | oct04. | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 0,08   | 0,13   | 0,28   | 0,19   | 0,09    | 0,38   |        |
| Concep.        | 0,13   | 0,14   | 0,31   | 0,21   | 0,11    | 0,32   | 0,22   |
| Antequera      | 0,34   | 0,13   | 0,31   | 0,35   | 0,19    | 0,37   | 0,2    |
| Rosario        | 0,25   | 0,1    | 0,26   | 0,22   | 0,21    | 0,2    | 0,21   |
| Asun.arriba    | 0,03   | 0,07   | 0,42   | 0,1    | 0,18    | 0,21   | 0,24   |
| Cap.Essap      | 0,33   | 0,08   | 0,33   | 0,1    | 0,19    | 0,11   | 0,25   |
| Villeta        | 0,04   | 0,02   | 0,13   | 0,17   | 0,27    | 0,11   | 0,28   |
| Alberdi centro | 0,48   | 0,06   | 0,56   | 0,14   | 0,21    | 0,11   | 0,25   |
| Alberdi abajo  |        |        | 0,45   | 0,02   | 0,17    | 0,18   | 0,25   |
| Pilar abajo    | 0,33   | 0,19   | 0,29   | 0,48   | 0,29    |        | 0,27   |



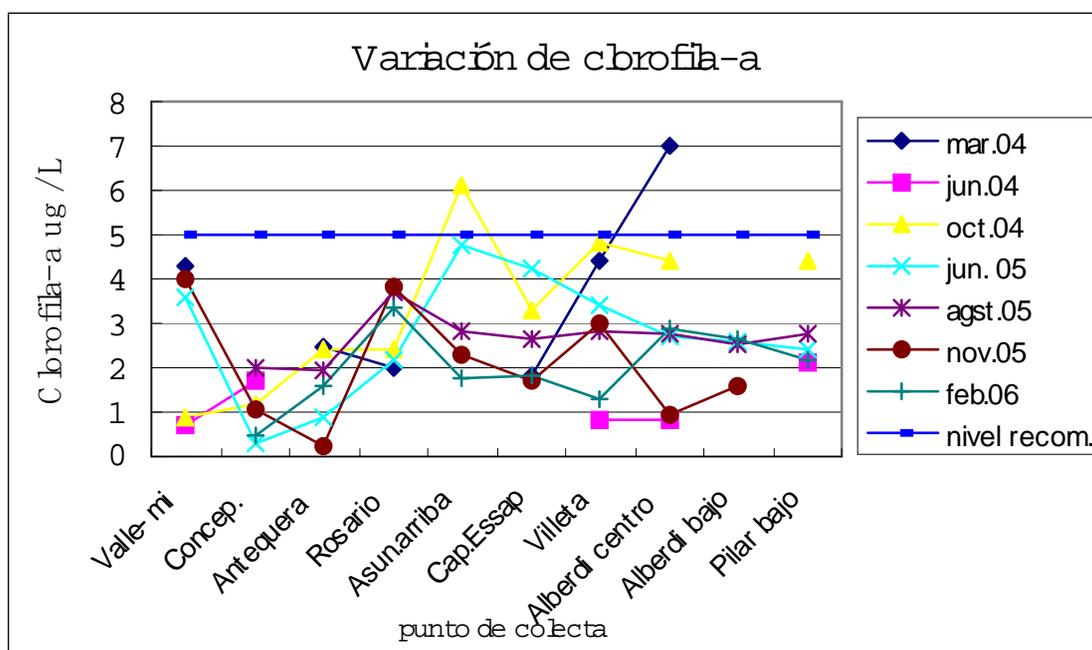
**Tabla 2.3.15. Coliformes fecales UFC / 100 mL**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agot.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       |        | 8      | 59     | 40     | 127     | 233    |        |
| Concep.        | 4      | 1      | 24     | 6      | 180     | 120    | 22     |
| Antequera      | 80     | 15     | 397    | 160    | 40      | 165    |        |
| Rosario        | 160    | 26     | 29     | 68     | 20      | 235    | 39     |
| Asun.arriba    | 90     | 100    | 332    | 400    | 110     | 135    | 350    |
| Cap.Essap      | 30     | 204    | 88     | 290    | 270     | 150    | 2700   |
| Villeta        | 200    | 121    | 850    | 980    | 1040    |        | 4800   |
| Alberdi centro | 280    | 160    | 80     | 70     | 310     | 67     | 190    |
| Alberdi bajo   |        |        | 110    | 50     | 340     | 7      | 140    |
| Pilar arriba   | 80     | 175    |        |        |         |        |        |
| pilar abajo    | 160    | 135    | 60     | 110    | 150     | 245    | 110    |



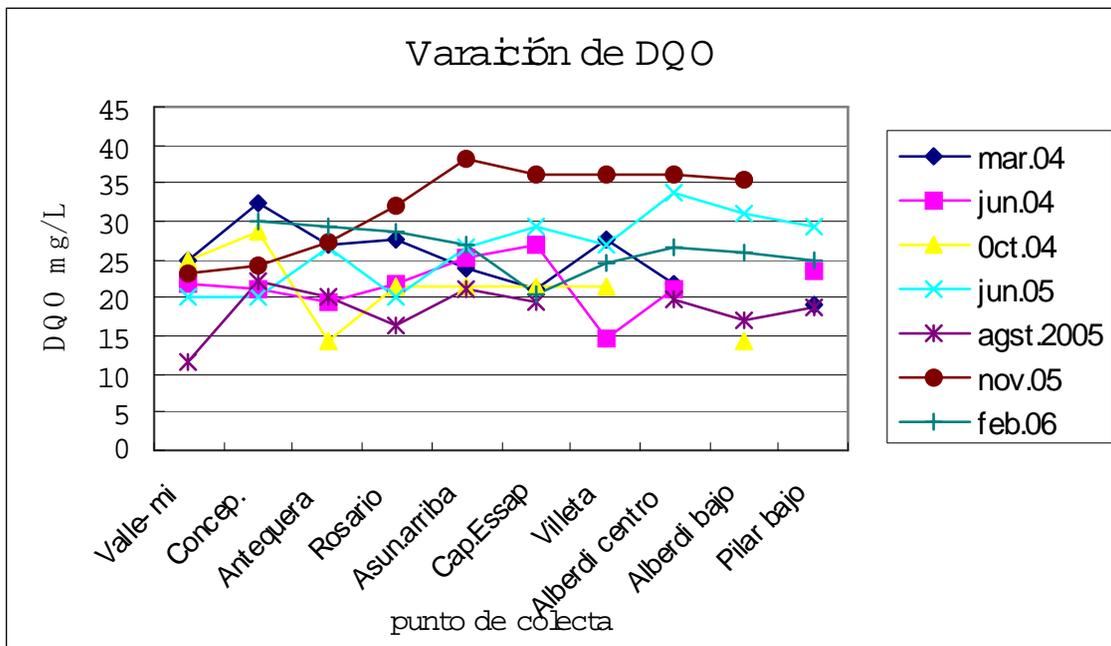
**Tabla 2.3.16. Clorofila – a (ug / L)**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun. 05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 4,3    | 0,7    | 0,89   | 3,61    |         | 4      |        |
| Concep.        |        | 1,68   | 1,2    | 0,31    | 2,01    | 1,07   | 0,49   |
| Antequera      | 2,5    |        | 2,4    | 0,87    | 1,96    | 0,25   | 1,56   |
| Rosario        | 2      |        | 2,4    | 2,16    | 3,68    | 3,81   | 3,34   |
| Asun.arriba    |        |        | 6,1    | 4,77    | 2,8     | 2,27   | 1,79   |
| Cap.Essap      | 1,8    |        | 3,3    | 4,21    | 2,67    | 1,72   | 1,82   |
| Villeta        | 4,4    | 0,8    | 4,8    | 3,42    | 2,85    | 3,02   | 1,32   |
| Alberdi centro |        | 0,8    | 4,4    | 2,68    | 2,76    | 0,94   | 2,88   |
| Alberdi abajo  |        |        |        | 2,6     | 2,51    | 1,56   | 2,62   |
| Pilar abajo    |        | 2,1    | 4,4    | 2,4     | 2,79    |        | 2,19   |



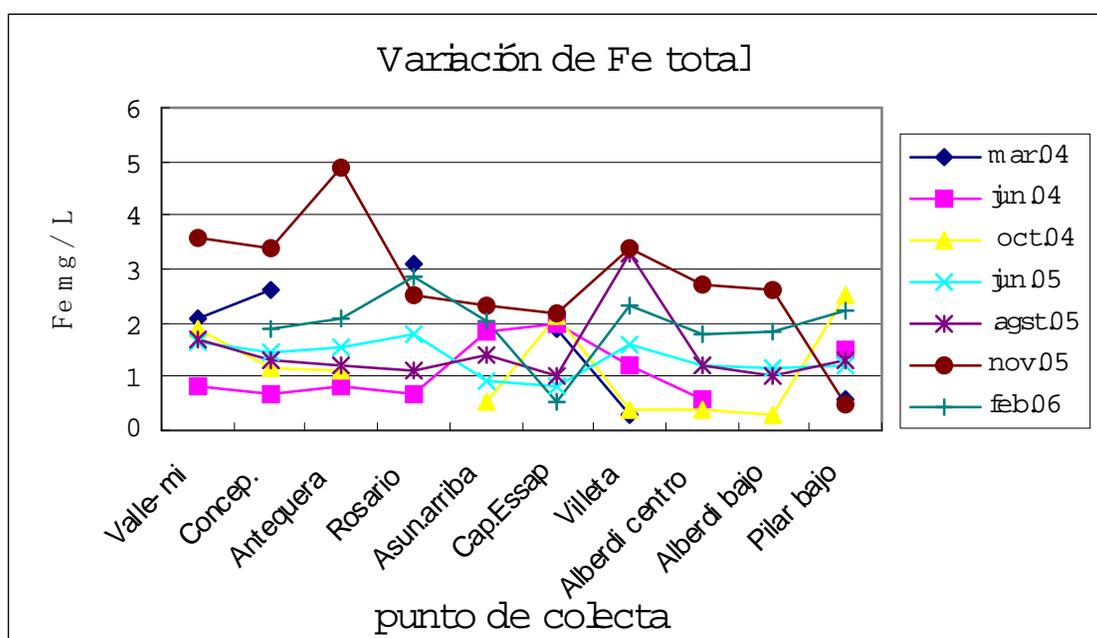
**Fig. 2.3.17. DQO (mg / L)**

|                | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | agst.2005 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| Valle-mi       | 24,8   | 21,8   | 25     | 20     | 11,5      | 23,3   |        |
| Concep.        | 32,4   | 21     | 28,6   | 20     | 22,1      | 24,3   | 30,1   |
| Antequera      | 26,9   | 19,4   | 14,3   | 26,7   | 20,2      | 27,3   | 29,4   |
| Rosario        | 27,6   | 21,9   | 21,4   | 20     | 16,4      | 32,1   | 28,6   |
| Asun.arriba    | 23,8   | 25,2   | 21,4   | 26,7   | 21,3      | 38,2   | 26,8   |
| Cap.Essap      | 21,1   | 26,8   | 21,4   | 29,3   | 19,4      | 36,3   | 20,3   |
| Villeta        | 27,6   | 14,5   | 21,4   | 26,8   |           | 36,3   | 24,4   |
| Alberdi centro | 21,8   | 21     |        | 33,6   | 19,8      | 36,3   | 26,7   |
| Alberdi abajo  |        |        | 14,2   | 31,03  | 17        | 35,3   | 25,8   |
| Pilar abajo    | 19,1   | 23,4   |        | 29,46  | 18,9      |        | 24,9   |



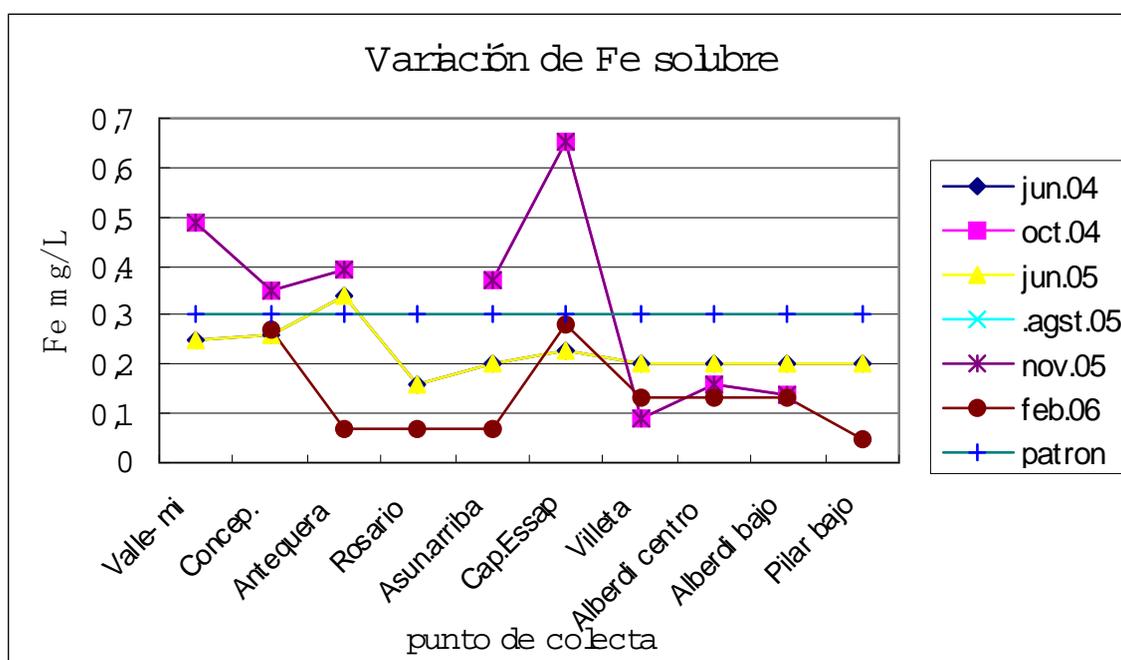
**Tabla 2.3.18. Hierro total - Fe T ( mg / L )**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | .agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|
| Valle-mi       | 2,1    | 0,8    | 1,9    | 1,66   | 1,7      | 3,6    |        |
| Concep.        | 2,6    | 0,7    | 1,17   | 1,43   | 1,3      | 3,4    | 1,88   |
| Antequera      |        | 0,83   | 1,12   | 1,56   | 1,2      | 4,9    | 2,06   |
| Rosario        | 3,1    | 0,66   |        | 1,78   | 1,1      | 2,5    | 2,84   |
| Asun.arriba    |        | 1,84   | 0,53   | 0,9    | 1,4      | 2,3    | 2,04   |
| Cap.Essap      | 1,9    | 2      | 2,11   | 0,8    | 1        | 2,2    | 0,55   |
| Villeta        | 0,3    | 1,22   | 0,4    | 1,6    | 3,3      | 3,4    | 2,33   |
| Alberdi centro |        | 0,6    | 0,39   | 1,2    | 1,2      | 2,7    | 1,8    |
| Alberdi abajo  |        |        | 0,31   | 1,14   | 1        | 2,6    | 1,82   |
| Pilar abajo    | 0,6    | 1,5    | 2,52   | 1,2    | 1,3      | 0,5    | 2,25   |



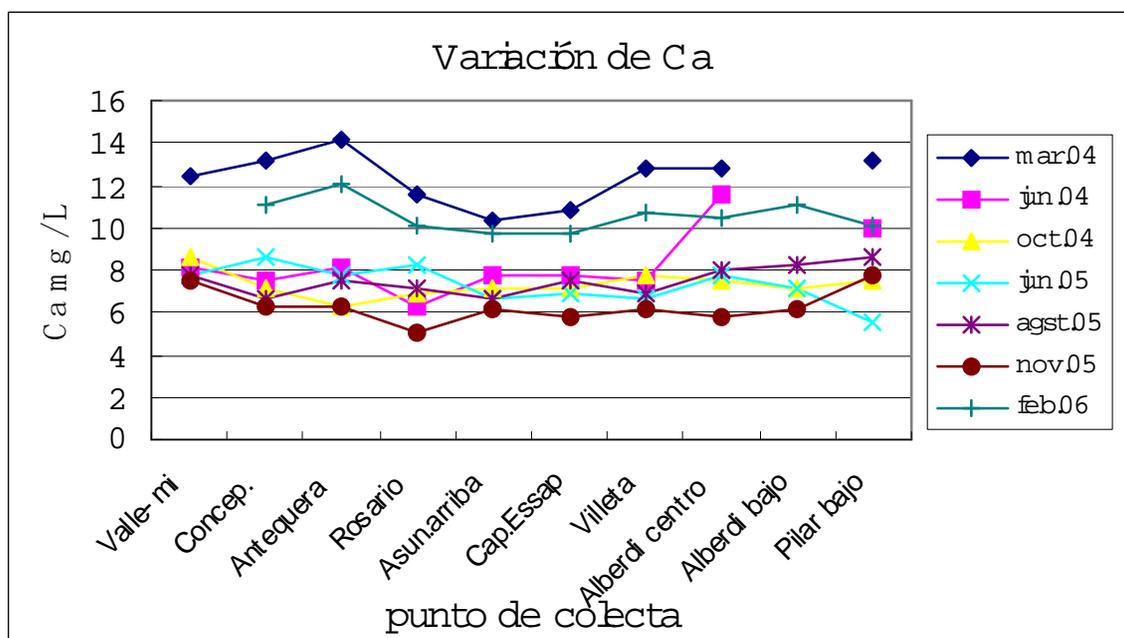
**Tabla 2.3.19. Hierro soluble (mg /L) (Patrón = 0,3 mg/L)**

|                | jun.04 | oct.04 | jun.05 | .agst.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón |
|----------------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| Valle-mi       | 0,25   | 0,49   | 0,25   |          | 0,49   |        | 0,3    |
| Concep.        | 0,26   | 0,35   | 0,26   |          | 0,35   | 0,27   | 0,3    |
| Antequera      | 0,34   | 0,39   | 0,34   |          | 0,39   | 0,07   | 0,3    |
| Rosario        | 0,16   |        | 0,16   |          |        | 0,07   | 0,3    |
| Asun.arriba    | 0,2    | 0,37   | 0,2    |          | 0,37   | 0,07   | 0,3    |
| Cap.Essap      | 0,23   | 0,65   | 0,23   |          | 0,65   | 0,28   | 0,3    |
| Villeta        | 0,2    | 0,09   | 0,2    |          | 0,09   | 0,13   | 0,3    |
| Alberdi centro | 0,2    | 0,16   | 0,2    |          | 0,16   | 0,13   | 0,3    |
| Alberdi abajo  | 0,2    | 0,14   | 0,2    |          | 0,14   | 0,13   | 0,3    |
| Pilar abajo    | 0,2    |        | 0,2    |          |        | 0,05   | 0,3    |



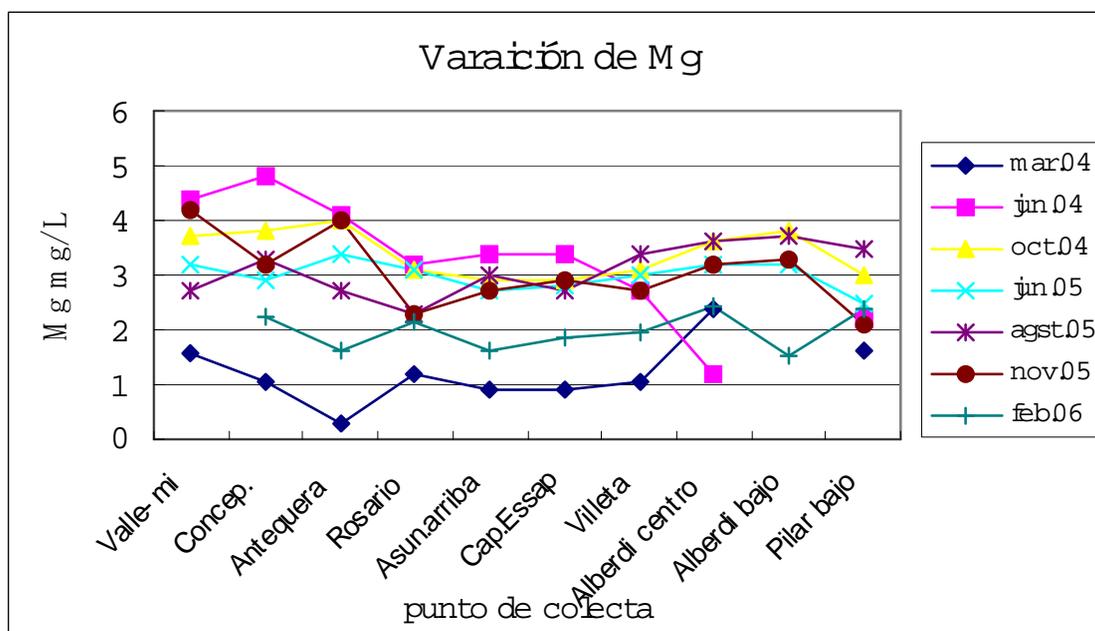
**Tabla 2.3.20. Calcio-Ca (mg / L)**

|                | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 12,4   | 8,1    | 8,6    | 7,8    | 7,8     | 7,5    |        |
| Concep.        | 13,2   | 7,5    | 7,2    | 8,6    | 6,6     | 6,3    | 11,08  |
| Antequera      | 14,1   | 8,1    | 6,3    | 7,8    | 7,5     | 6,3    | 12,09  |
| Rosario        | 11,6   | 6,3    | 6,9    | 8,3    | 7,2     | 5      | 10,08  |
| Asun.arriba    | 10,4   | 7,8    | 7,2    | 6,6    | 6,6     | 6,1    | 9,74   |
| Cap.Essap      | 10,8   | 7,8    | 7,2    | 6,9    | 7,5     | 5,8    | 9,74   |
| Villeta        | 12,8   | 7,5    | 7,8    | 6,6    | 6,9     | 6,1    | 10,75  |
| Alberdi centro | 12,8   | 11,6   | 7,5    | 7,8    | 8       | 5,8    | 10,41  |
| Alberdi abajo  |        |        | 7,2    | 7,2    | 8,3     | 6,1    | 11,08  |
| Pilar abajo    | 13,2   | 10     | 7,5    | 5,5    | 8,6     | 7,7    | 10,08  |



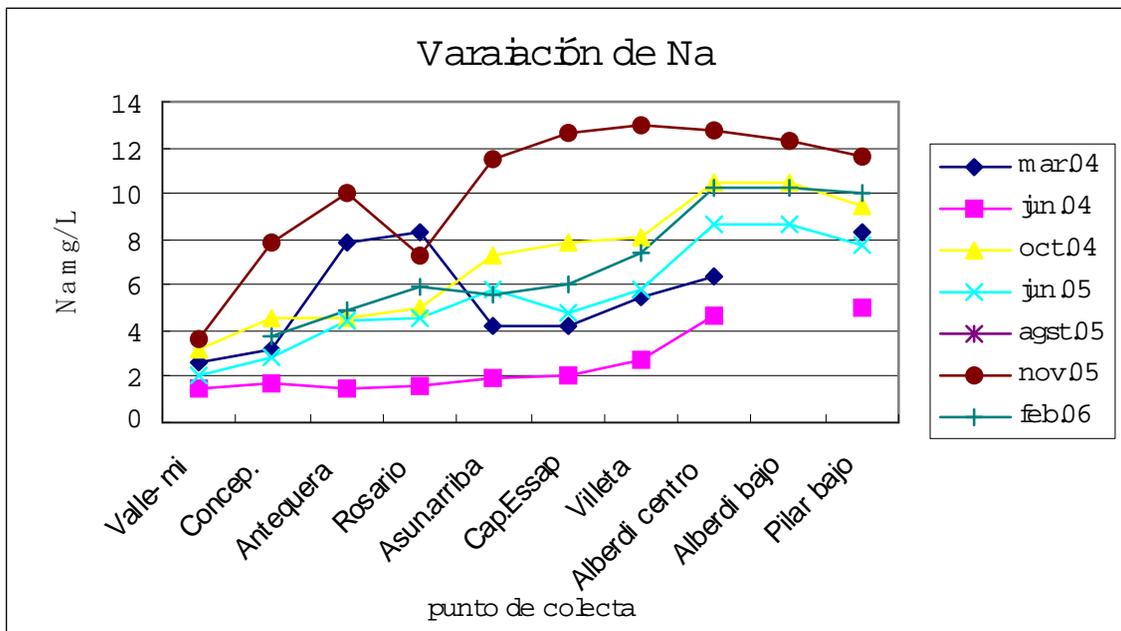
**Tabla 2.3.21. Magnesio - Mg (mg / L)**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 1,56   | 4,4    | 3,7    | 3,2    | 2,7     | 4,2    |        |
| Concep.        | 1,07   | 4,8    | 3,8    | 2,9    | 3,3     | 3,2    | 2,26   |
| Antequera      | 0,27   | 4,1    | 4      | 3,4    | 2,7     | 4      | 1,64   |
| Rosario        | 1,2    | 3,2    | 3,1    | 3,1    | 2,3     | 2,3    | 2,14   |
| Asun.arriba    | 0,9    | 3,4    | 2,9    | 2,7    | 3       | 2,7    | 1,61   |
| Cap.Essap      | 0,92   | 3,4    | 2,9    | 2,8    | 2,7     | 2,9    | 1,85   |
| Villeta        | 1,05   | 2,7    | 3,1    | 3      | 3,4     | 2,7    | 1,97   |
| Alberdi centro | 2,38   | 1,2    | 3,6    | 3,2    | 3,6     | 3,2    | 2,42   |
| Alberdi abajo  |        |        | 3,8    | 3,2    | 3,7     | 3,3    | 1,53   |
| Pilar abajo    | 1,61   | 2,2    | 3      | 2,5    | 3,5     | 2,1    | 2,38   |



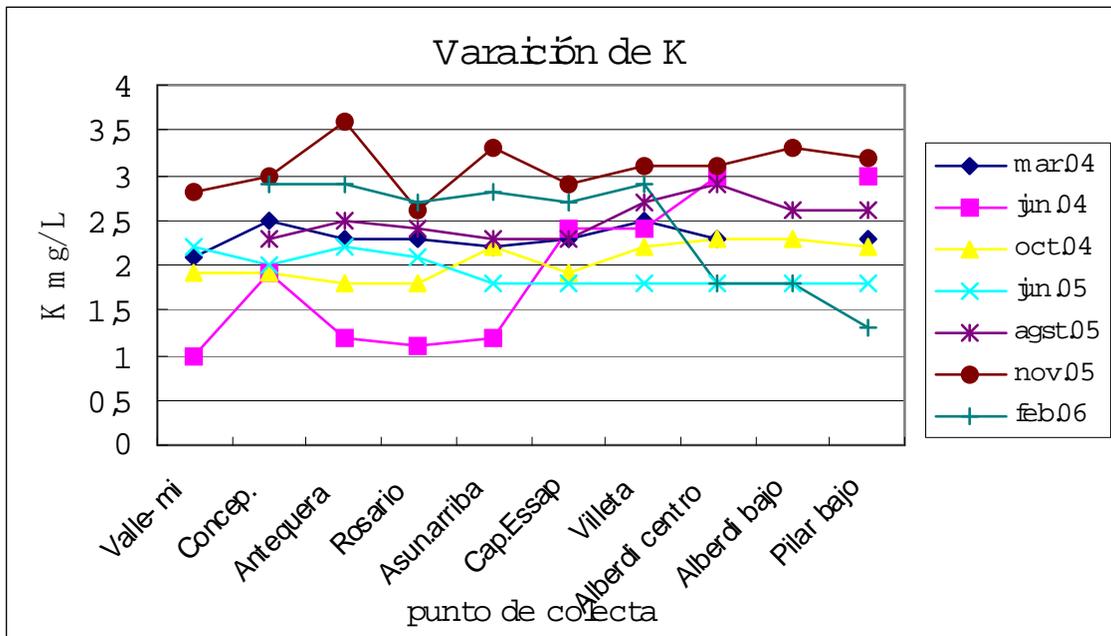
**Tabla 2.3.22. Sodio - Na (mg / L) (Patrón = 200mg/ L)**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 2,6    | 1,5    | 3,2    | 2,1    |         | 3,6    |        |
| Concep.        | 3,2    | 1,7    | 4,5    | 2,8    |         | 7,9    | 3,8    |
| Antequera      | 7,9    | 1,5    | 4,5    | 4,4    |         | 10     | 4,9    |
| Rosario        | 8,3    | 1,6    | 5      | 4,6    |         | 7,3    | 5,9    |
| Asun.arriba    | 4,2    | 1,9    | 7,3    | 5,8    |         | 11,5   | 5,6    |
| Cap.Essap      | 4,2    | 2      | 7,8    | 4,8    |         | 12,6   | 6      |
| Villeta        | 5,5    | 2,7    | 8,1    | 5,8    |         | 13     | 7,4    |
| Alberdi centro | 6,4    | 4,7    | 10,5   | 8,7    |         | 12,8   | 10,2   |
| Alberdi abajo  |        |        | 10,5   | 8,7    |         | 12,3   | 10,2   |
| Pilar abajo    | 8,3    | 5      | 9,5    | 7,7    |         | 11,6   | 10     |



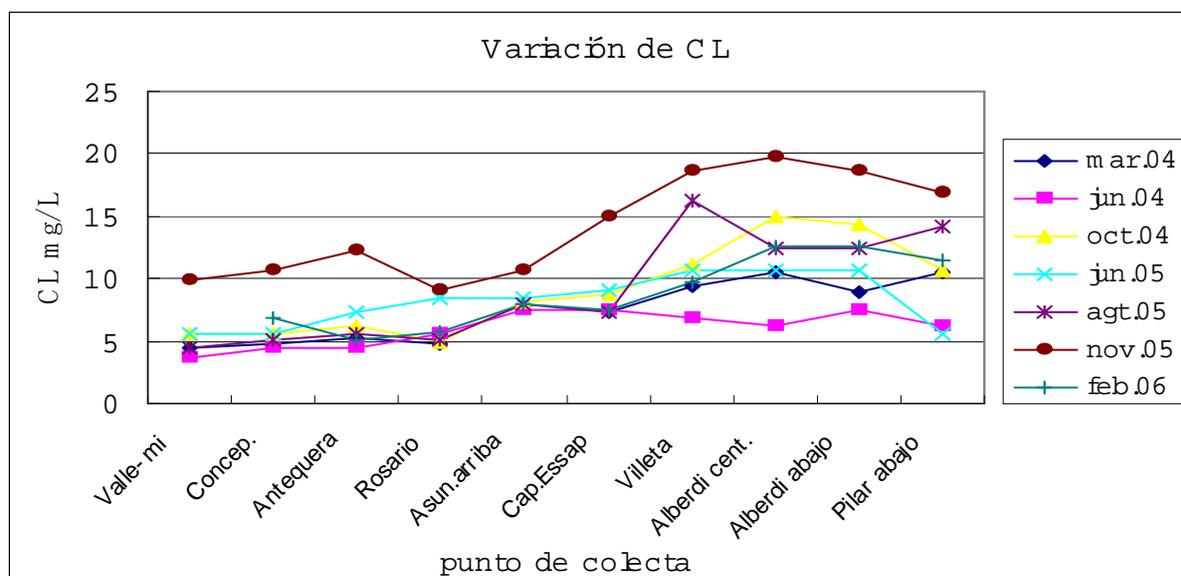
**Tabla 2.3.23 Potasio – K ( mg / L )**

|                | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 |
|----------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Valle-mi       | 2,1    | 1      | 1,9    | 2,2    |         | 2,8    |        |
| Concep.        | 2,5    | 1,9    | 1,9    | 2      | 2,3     | 3      | 2,9    |
| Antequera      | 2,3    | 1,2    | 1,8    | 2,2    | 2,5     | 3,6    | 2,9    |
| Rosario        | 2,3    | 1,1    | 1,8    | 2,1    | 2,4     | 2,6    | 2,7    |
| Asun.arriba    | 2,2    | 1,2    | 2,2    | 1,8    | 2,3     | 3,3    | 2,8    |
| Cap.Essap      | 2,3    | 2,4    | 1,9    | 1,8    | 2,3     | 2,9    | 2,7    |
| Villeta        | 2,5    | 2,4    | 2,2    | 1,8    | 2,7     | 3,1    | 2,9    |
| Alberdi centro | 2,3    | 3      | 2,3    | 1,8    | 2,9     | 3,1    | 1,8    |
| Alberdi abajo  |        |        | 2,3    | 1,8    | 2,6     | 3,3    | 1,8    |
| Pilar abajo    | 2,3    | 3      | 2,2    | 1,8    | 2,6     | 3,2    | 1,3    |



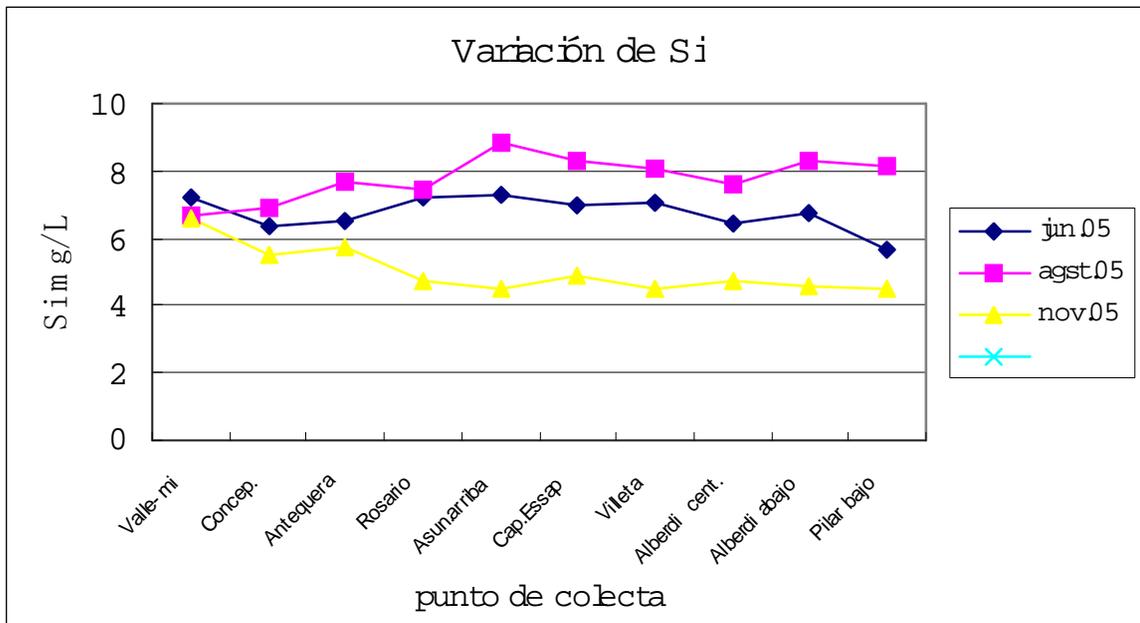
**Tabla 2.3.24. Cloruros CL ( mg / L ) ( Patrón = 250 mg / L)**

|               | mar.04 | jun.04 | oct.04 | jun.05 | agt.05 | nov.05 | feb.06 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Valle-mi      | 4,5    | 3,7    | 5,6    | 5,6    | 4,5    | 9,89   |        |
| Concep.       | 4,7    | 4,4    | 5,6    | 5,6    | 5,1    | 10,7   | 6,89   |
| Antequera     | 5,2    | 4,4    | 6,2    | 7,3    | 5,6    | 12,3   | 5,16   |
| Rosario       | 4,7    | 5,6    | 5      | 8,5    | 5,1    | 9,1    | 5,74   |
| Asun.arriba   |        | 7,5    | 8,1    | 8,5    | 7,9    | 10,7   | 8      |
| Cap.Essap     | 7,3    | 7,5    | 8,7    | 9      | 7,4    | 14,9   | 7,48   |
| Villeta       | 9,4    | 6,9    | 11,2   | 10,7   | 16,3   | 18,7   | 9,76   |
| Alberdi cent. | 10,5   | 6,2    | 15     | 10,7   | 12,4   | 19,7   | 12,63  |
| Alberdi abajo | 8,9    | 7,5    | 14,4   | 10,7   | 12,4   | 18,6   | 12,63  |
| Pilar abajo   | 10,5   | 6,2    | 10,6   | 5,6    | 14,1   | 16,9   | 11,49  |

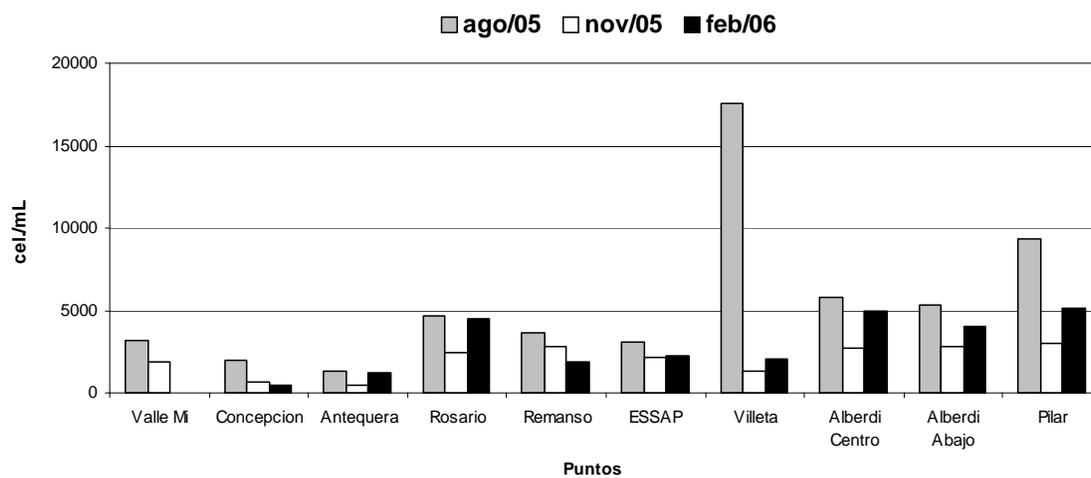


**Tabla 2.3.25 Silice Si ( mg / L )**

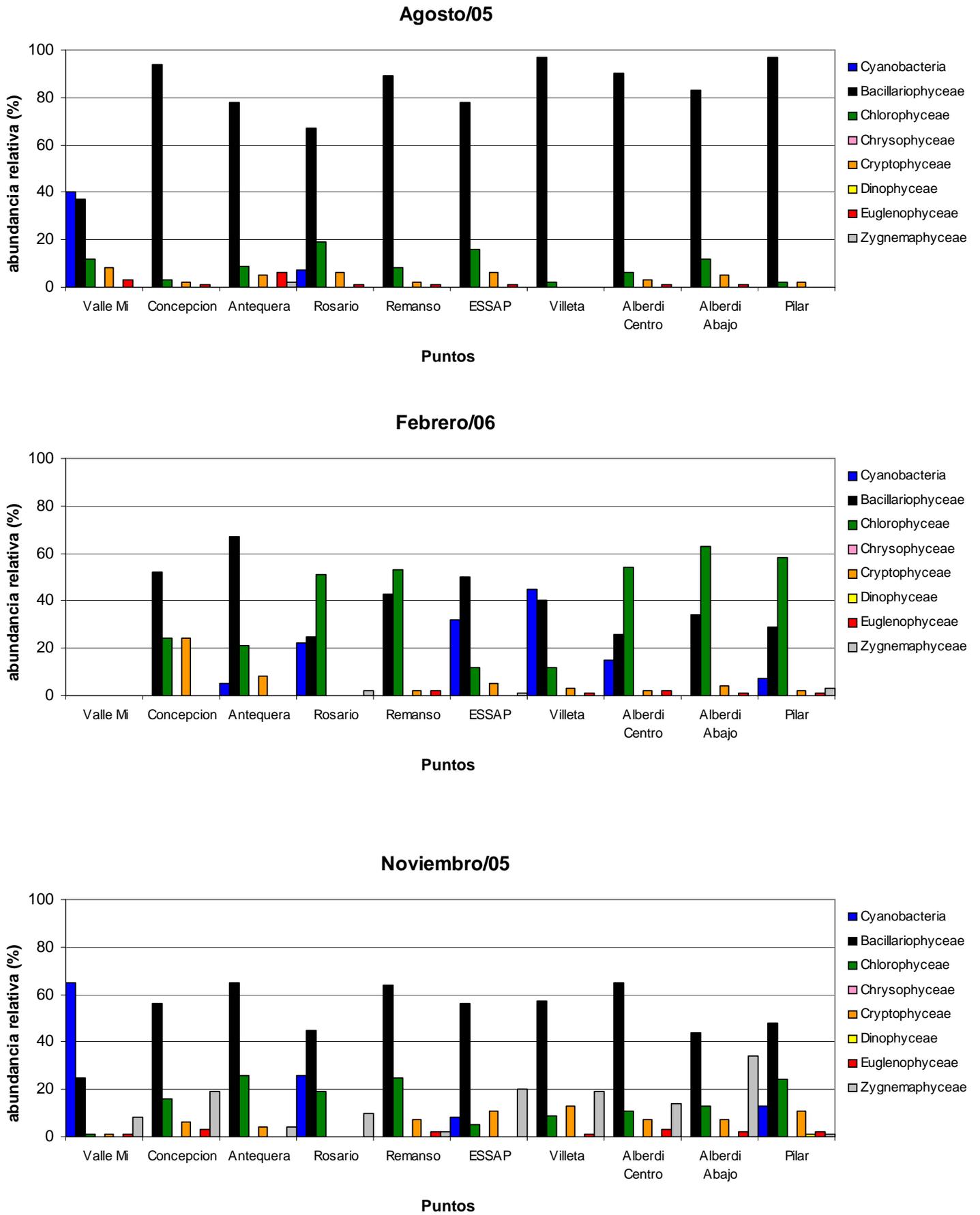
|               | jun.05 | agst.05 | nov.05 |
|---------------|--------|---------|--------|
| Valle-mi      | 7,2    | 6,7     | 6,6    |
| Concep.       | 6,35   | 6,87    | 5,5    |
| Antequera     | 6,5    | 7,64    | 5,7    |
| Rosario       | 7,2    | 7,41    | 4,7    |
| Asun.arriba   | 7,3    | 8,86    | 4,5    |
| Cap.Essap     | 6,94   | 8,29    | 4,9    |
| Villeta       | 7,06   | 8,1     | 4,5    |
| Alberdi cent. | 6,42   | 7,57    | 4,7    |
| Alberdi abajo | 6,74   | 8,27    | 4,6    |
| Pilar abajo   | 5,67   | 8,12    | 4,5    |



**Figura 2.3.1: Densidad total (células/mL) de las cianobacterias y otras algas en el período de agosto y noviembre de 2005 y febrero de 2006.**



**Figura 2.3.2.: Río Paraguay – Abundancia relativa (%) de las cianobacterias y otras algas en el período de agosto y noviembre de 2005 y febrero de 2006**



**2.2.26. Resultados de análisis de metales pesados en agua( ug / L )**

| Punto        | Cd<br>Patrón=0.676 |        |        | Cr.<br>Patrón= 52.3 |        |        | Zn<br>Patrón = 124 |        |        |
|--------------|--------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------------------|--------|--------|
|              | jun.05             | nov.05 | feb.06 | jun.05              | nov.05 | feb.06 | jun.05             | nov.05 | feb.06 |
| Valle-mi     |                    | ND     |        |                     | 2,841  |        |                    | 1,886  |        |
| Concep.      |                    | ND     | 0,014  |                     | 1,347  | 1,3    |                    | 0,645  | 1,302  |
| Antequera    |                    | ND     | 0,032  |                     | 1,57   | 1,313  |                    | 0,516  | 0,523  |
| Rosario      |                    | ND     | 0,009  |                     | 0,421  | 0,745  |                    | 1,305  | 1,36   |
| Asun.arriba  |                    | 0,008  | 0,034  |                     | 2,528  | 0,906  |                    | 0,108  | 0,345  |
| Cap.Essap    |                    | 0,028  | 0,002  |                     | 1,829  | 1,006  |                    | 0,929  | 0,78   |
| Villeta      |                    | ND     | ND     |                     | 4,56   | 1,058  |                    | 2,346  | 1,096  |
| Alberdi cent |                    | 0,023  | 0,03   |                     | 3,083  | 1,08   |                    | 1,763  | 1,354  |
| Alberdi bajo |                    | ND     | ND     |                     | 3,226  | ND     |                    | 1,454  | 1,603  |
| Pilar bajo   |                    | ND     | 0,006  |                     | 1,653  | 0,398  |                    | 0,898  | 1,398  |

| Punto        | Mn     |        |        | Pb<br>patrón =302 |        |        | Cu<br>patrón = 18.7 |        |       |
|--------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|---------------------|--------|-------|
|              | jun.05 | nov.05 | feb.06 | jun.05            | nov.05 | feb.06 | jun.05              | nov.05 | eb.06 |
| Valle-mi     |        | 73,81  |        |                   | 3,813  |        |                     | 0,82   |       |
| Concep.      |        | 9,5    | 28,3   |                   | 3,037  | 0,101  |                     | 0,259  | 0,238 |
| Antequera    |        | 4,03   | 5,8    |                   | 1,464  | 0,53   |                     | 0,347  | 0,75  |
| Rosario      |        | 6,7    | 9,3    |                   | 2,276  | 0,368  |                     | 0,477  | 0,548 |
| Asun.arriba  |        | 1,62   | 2,8    |                   | ND     | ND     |                     | ND     | 0,129 |
| Cap.Essap    |        | 7,14   | 9,1    |                   | 1,897  | 0,064  |                     | 0,262  | 0,026 |
| Villeta      |        | 18,54  | 15,3   |                   | 3,532  | 0,95   |                     | 0,469  | 0,292 |
| Alberdi cent |        | 23,42  | 21,4   |                   | 5,12   | 1,06   |                     | 0,413  | 0,329 |
| Alberdi bajo |        | 14,75  | 19,6   |                   | 6,967  | 0,653  |                     | 0,589  | 0,247 |
| Pilar bajo   |        | 5,3    | 11,8   |                   | 3,285  | 0,278  |                     | 0,539  | 0,289 |

## 2.2.27. Resultados de análisis de metales pesados en sedimentos ( mg / kg )

**Tabla 2.2.28. Resultados de análisis de agro toxicos en noviembre / 2006 (mg/L)**

| Punto de colecta | Pilar | Alberdi bajo | Alberdi cent. | Villeta | Essap | Remanso | Rosario | Antequera | Concep | valle-mi |
|------------------|-------|--------------|---------------|---------|-------|---------|---------|-----------|--------|----------|
| Heptaclorohexano | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Heptacloro       | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Alfalindano      | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Cisclordane      | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Transclordane    | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Aldrin           | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Endrin           | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| o-p DDE          | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Diclorvos        | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Monocrofos       | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Metamindofos     | ND    | ND           | ND            | ND      | ND    | ND      | ND      | ND        | ND     | ND       |
| Glifozato        | ND    | ND           | ND            | 0,4     | ND    | ND      | 0,4     | ND        | ND     | ND       |

ND = no detectado

### 2.3.2. Calidad de agua de Ríos afluentes

Como ya fue destacado en ítem anterior, la calidad del agua depende íntimamente de la ocupación del suelo de su cuenca formadora.

En esta capitulo, serán presentadas la calidad del agua en 7 sub-cuencas hidrográficas de la región oriental relacionadas con la ocupación y cargas generadoras en su respectiva cuenca hidrográfica.

#### 2.3.2.1. Cuenca hidrográfica del río APA

##### Área de ocupación

El río APA que recorre la frontera entre el Brasil y Paraguay posee una extensión de 350km y abarca un área total , aproximadamente , de 15 617km<sup>2</sup> , de las cuales 11,533 km<sup>2</sup>( 78% )pertenece al territorio brasilero y el restante, 4,084 km<sup>2</sup> ( 22%) , a Paraguay ( ANA, GEF, PNU2003 ).

En el territorio brasileño insertado en el Estado de Mato Grosso do Sul, se viene desarrollando tradicionalmente una explotación agropecuaria intensiva.

Según los datos estadístico del 2003 elaborados por IBGE ( Instituto Brasileiro de Geográfica e Estadística ), el área total de cultivo en 7 municipios ubicados en la cuenca del APA ocupa , aproximadamente 250 000 ha , de las cuales la plantación de soja ocupa la mayor área ( 66% ) , en segundo lugar el maíz ( 19%) , trigo ( 10%), arroz ( 1,7% ) y otros, como se verifica en tabla a continuación .

La fincas de las plantaciones de arroz ocupa un área de 1 500ha ubicada en la región del asentamiento Caracol que inició sus actividades a partir de 2004, no fue incluido en las informaciones estadísticas de arriba. Con relación a la producción de ganado, fue evaluado la cría de 2.396.475 cabezas bovino en los 7 municipios referidos, la que correspondería una ocupación aproximada de 240 000 ha.

| Datos estadísticos ( IBGE 2003 ) en el territorio brasileño insertado en la cuenca del Apa |            |       |                           |      |        |       |        |        |       |       |      |         |
|--|------------|-------|---------------------------|------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|------|---------|
|  | población  |       | área de plantación en ha. |      |        |       |        |        |       |       |      |         |
| municipio  | habitantes | arroz | soja                      | caña | poroto | mand. | maíz   | trigo  | avena | algod | mani | total   |
| Antonio João   | 7.892      | 65    | 10.200                    |      | 140    | 40    | 3.400  | 4.800  |       |       |      | 18645   |
| Bela Vista   | 23.411     | 2.139 | 9.500                     | 70   | 519    | 180   | 6.770  |        |       |       |      | 19.178  |
| Bonito   | 17.841     | 100   | 7.800                     | 40   | 200    | 200   | 4.000  |        | 400   |       |      | 12740   |
| Caracol  | 5.007      | 1.550 |                           |      | 18     | 70    | 760    |        |       |       |      | 2.398   |
| Jardim   | 24.557     | 100   | 1.430                     |      |        | 150   | 400    |        |       |       |      | 2080    |
| Ponta Porão  | 67.190     | 1.800 | 132.500                   | 70   | 2.700  | 300   | 32.540 | 20.000 | 800   | 66    | 150  | 190.926 |
| P. Murinho   | 13.632     |       |                           |      |        | 180   | 100    |        |       |       |      | 280     |
| total  | 159.530    | 5.754 | 161.430                   | 180  | 3.577  | 1120  | 47.970 | 24.800 | 1.200 | 66    | 150  | 246.247 |

| municipio    | ganado bovino |
|--------------|---------------|
|              | cabezas       |
| Antonio João | 112.830       |
| Bela Vista   | 451.933       |
| Bonito       | 393.023       |
| Caracol      | 255.614       |
| Jardim       | 204.072       |
| Ponta Porão  | 302.688       |
| P. Murinho   | 678.315       |
| total        | 2.398.475     |

La población total residente de esta cuenca es de 159.530 registrada en 2003.

En la cuenca hidrográfica del río APA del lado Paraguayo, 53% del área está cubierta de bosque, 45 %, ocupada por ganadería , según análisis de la imagen satelital del año 2006, como se demuestra en la tabla a continuación. El área de cultivo mecanizado y de pequeñas propiedades son, respectivamente, apenas de 0,3 % y 0,66 % del área total. .

#### Ocupación de suelo en sub-cuenca Apa

| Cuenca   | Cultivos mecaniz. | Ganaderia | Bosque  | Aguas | Pequeñas Propiedades | Inundable | Ciudad | Total   |
|----------|-------------------|-----------|---------|-------|----------------------|-----------|--------|---------|
| Apa( ha) | 1.494             | 185.359   | 217,061 | 676   | 2.696                | 0         | 899    | 408.185 |

#### Distribución de la población

Con relación a la población residente en esta cuenca en el territorio paraguayo se encuentran cerca de 13.740 habitantes, distribuida en tres distritos, siendo que 77% de ellas viven en el área urbana.

|            | Urbana | Rural  | Total  | No Distrito |
|------------|--------|--------|--------|-------------|
| Cuenca Apa | 3.180  | 10.560 | 13.740 | 3           |

El municipio de Bella Vista que es bordeada por el río APA cuenta con una población de 10 400 habitantes en territorio paraguayo y 23 411 habitantes del lado brasileño pudiendo influenciar directamente en la calidad del agua de este sistema hídrico. En territorio brasileiro, se encuentran una población total de 159.350 habitantes, según datos estadística

de IBGE. Fue admitido que la 30 % de población total del lado brasileiro residen en la àrea urbana para el cálculo de cargas sanitarias.

#### Distribución de la población

| Sub-cuenca | Pob. urbana | Pob. rural | Pob.total |
|------------|-------------|------------|-----------|
| Apa hab.   | 50.985      | 122.105    | 173.090   |

#### Cargas poluidoras

Las principales fuentes de cargas contaminantes en esta cuenca se dividen en las cloacas sanitarias y cargas difusas originarias del área agrícola.

#### **Cargas sanitarias**

Las cargas sanitarias potenciales de 9 municipios (3 distritos en territorio paraguayo y 6 distritos en territorio brasileño) estimadas con base de criterios de contribución ya presentadas en el ítem 2 del capítulo 1 están relacionadas en la tabla a continuación.

#### **Contribución de cargas sanitarias ( Kg. o UFC / d )**

|                        | BDO   | NT  | PT   | ST     | UCF X10 <sup>3</sup> |
|------------------------|-------|-----|------|--------|----------------------|
| <b>Carga potencial</b> | 2.039 | 305 | 40,8 | 30.591 | 5x13                 |

#### **Cargas difusas**

Además de las cargas sanitarias, las cargas difusas constituyen un tema de gran preocupación, debido a la intensa acción de erosión de áreas cultivada. Además del arrastre de gran cantidad de sólidos, provoca una significativa cantidad de pérdida de fertilizantes químicos, materia orgánica y eventualmente agro tóxicos aplicados que van a parar a los recursos hídricos.

Fueron estimadas las cargas difusas provenientes del área de plantación que abarca cerca de 250 150 ha en toda el área de la cuenca en estudio como se presentan en la tabla a continuación.

Vale resaltar que la plantación de arroz en la región del asentamiento Caracol que se inició recientemente esta causando preocupación para los pobladores de la región.

Según las informaciones obtenidas en el Caracol, se confirma el uso de una apreciable cantidad de agro tóxicos por vía aérea, provocando gran preocupación en la región sobre la contaminación del agua de río APA, lo cual se constituye en la única fuente para el consumo humano para el lugar. Fue informada, también, que ya no hay peces en este río, como antes, debido probablemente a los efectos de agro tóxicos que espantan e impiden la circulación de los peces provenientes del río Paraguay.

Con base a los criterios adoptados para la evaluación de la contribución de cargas difusas citada en ítem 222 de Capítulo 1, se estimó las cargas difusas en cuenca hidrográfica en estudio como se presenta en la tabla siguiente.

#### **Cargas difusas provenientes de áreas agrícolas**

| Cuenca       | DBO    | NT    | PT    | ST      |
|--------------|--------|-------|-------|---------|
| <b>kg/ d</b> | 12.350 | 6.244 | 1.850 | 205.838 |

Se observa una apreciable cantidad de contribución de cargas difusas, especialmente de sólidos totales, comparativamente con las de cloacas.

## **Cargas industriales**

No se encuentran fuentes de cargas industriales en esta cuenca hidrográfica perteneciente al territorio paraguayo.

## **Calidad de agua**

Se presentan las tablas a continuación los resultados de análisis de agua obtenidos a través de 7 campañas de colecta de muestras realizados, durante el período de enero de 2004 a marzo de 2006, siendo , no obstante , que en la última colecta en feb./06 fue efectuado en Bella Vista y no en el punto de monitoreo rutinario, Valle mi, ubicada próxima a la desembocadura del río Apa al río Paraguay , debido a roptura de puente en la ruta concepción Valle mi a consecuencia de intensas precipitaciones. Además el punto de esta colecta de rutina, fueron realizados colectas, en junio /2006, en un punto de Bella Vista y otro, 70 Km. aguas abajo de esta ciudad, donde se encuentra plantación de arroz, el asentamiento Caracol, teniendo en cuenta la obtención de informaciones complementarias de calidad de agua, relacionado con la plantación de arroz en gran escala al borde de río APA.

Como se verifica en la tabla mas abajo, la temperatura del agua varió de 21 a 31°C durante todo el período de investigación.

Los valores de conductividad presentaron un rango de 70 a 185 us/cm. en el punto de colecta rutinaria. Fueron obtenidos valores menores de este parámetro, en rango de 40 a 90 us/cm. en Bella Vista, presentando, no obstante, valor mayor de 135 us/cm. en punto debajo de arrozal del asentamiento Caracol.

Mientras que la turbiedad presentan un nivel de 30 a 70 NTU en la 1ª a 5ª campaña de colecta, acusando el valor mas alto en noviembre / 2005, lo que pudo ser provocado por la intensa precipitación registrada en esa época. En Bella Vista, se obtuvo baja turbiedad en colectas realizados en febrero y junio de 2006.

Los valores de pH determinados durante la investigación indican que es levemente alcalina a largo de este río, aunque estuvieron todos dentro de patrón establecido de clase 2 de Resolución 222/02 de SEAM. Los valores de alcalinidad se presentaron más elevados comparativamente con el río Paraguay, afectado por la presencia de mayor cantidad de calcio que es componente del mantenimiento de agua alcalina.

El oxigeno disuelto se mostró siempre bien arriba del limite establecido por el patrón.

### Resultados de análisis de agua del río Apa

| punto de colecta         | Vallemi |        |        |        |        |        |        | B.Vista Caracol |        |        |         |
|--------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|---------|
| Periodo de Colecta       | mar.04  | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | jun.06          | jun.06 | Patron | Referen |
| Tem.agua oC              | 31      | 21     | 29     | 23     | 26,7   | 26     | 25,3   | 20              | 21,8   | n      | n       |
| Turbidez NTU             | 30      | 70     | 30     | 20     | 33     | 340    | 80     | 10,5            | 14     | 100    | 10      |
| ph                       | 8       | 7,7    | 8,2    | 7,8    | 8,6    | 7,2    | 6,5    | 7,4             | 7,7    | 6 a 9  | 5,9     |
| OD mgO <sub>2</sub> /L   | 7,8     | 8,7    | 8      | 9,1    | 9,6    | 6,2    | n      | 8,1             | 8,6    | > 5    | 8,9     |
| ST mg/L                  | 136     | 164    | 130    | 194    | 90     | 372    | 222    | 104             | 135    | n      | 33      |
| SD mg/L                  | 120     | 130    | 106    | 126    | 96     | 130    | 106    | 95              | 125    | n      | 30      |
| SV mg/L                  | 6,5     | 10     | 7      | 5,4    | 4,2    | 11     | 25,8   | 3,2             | 3,6    | n      | 0       |
| SS mg/L                  | 16      | 37     | 24     | 15,6   | n      | 42     | 116    | 8,5             | 10,3   | n      | 2,2     |
| Alcalin. T mg/L          | 79,6    | 87,9   | 87,9   | 89,7   | 96,8   | 40,9   | n      | 52              | 76     | n      | 7,3     |
| Coli.fecal UFC/100cc     | 24      | 79     | 154    | 100    | 67     | 680    | 1270   | 630             | 2000   | 250    | 310     |
| PT mgP/L                 | 0,08    | 0,09   | 0,07   | 0,03   | 0,03   | 0,33   | 1,14   | 0,05            | 0,06   | 0,025  | 0,03    |
| Orto p mgP/L             | 0,013   | 0,02   | 0,03   | 0,02   | 0,02   | 0,17   | 0,03   | 0,02            | 0,02   | n      | 0,02    |
| NH <sub>4</sub> mgN/L    | 0,04    | 0,1    | n      | 0,01   | 0,13   | 0,19   | 0,02   | 0,03            | 0,01   | n      | 0,01    |
| NO <sub>3</sub> mgN/L    | 0,14    | 0,24   | 0,07   | 0,28   | 0,03   | 0,52   | 0,11   | 0,12            | 0,15   | 10     | 0,33    |
| Fe <sub>3</sub> mg/L     | 0,96    | 1,55   | 0,76   | 0,8    | 0,4    | 8,3    | 6,8    | 1,1             | 1,3    | n      | 0,67    |
| Fe <sub>2</sub> mg/L     | 0,3     | 0,3    | 0,3    | 0,3    | 1,53   | 1,5    | 0,093  | n               |        | 0,3    | 0,12    |
| DQO mgO <sub>2</sub> /L  | 16      | 16,9   | 23,2   | 10     | 7,8    | 42,8   | 36,8   | 12,7            | 17,6   | n      | 8,4     |
| Na mgNa/L                | 3,9     | 2,8    | 2,1    | 4      | 1,4    | 3,1    | 2,5    | 3,8             | 3,6    | 200    | 0,82    |
| Ca mgCa/L                | 30,4    | 25,3   | 17,3   | 21,9   | 21,3   | 10,9   | 36,8   | 12,4            | 23,5   | n      | 2,35    |
| Mg mgMg/L                | 2,9     | 9,1    | 6,7    | 8,6    | 7,2    | 4,1    | 6,1    | 2,7             | 3      | n      | 0,27    |
| K mgK/L                  | 1,9     | 0,7    | 2,1    | 2      | 2,2    | 3,2    | 2,8    | 3,8             | 3,6    | n      | 0,65    |
| Si mgSiO <sub>2</sub> /L | n       | n      | n      | 7,8    | 7,8    | 6,9    | n      | n               | n      | n      | n       |
| SO <sub>4</sub> mg/L     | n       | n      | n      | 0,28   | n      | n      | 0,1    | n               | n      | 250    | n       |
| CL mgCl/L                | 4,2     | 3,7    | 5      | 6,2    | 5,6    | 4,3    | n      | 2,8             | 2,3    | 250    | 3       |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

Los parámetros relativos a sólidos presentaron valores relativamente altos en toda la extensión del río, presentando un tenor de 372 mg/L en colecta de noviembre/2005, lo que corresponde a casi 12 veces más que el valor de referencia, provocado por una intensa lluvia y consecuente efectos de erosión. Juntamente con el aumento de descarga de sólidos, fueron observados aumento de valores de fósforo, nitrógeno, DQO, inclusive de coliformes en el mismo día de colecta, indicando un franco proceso de erosión.

El fósforo presentó tenores bien arriba del patrón establecido (0,025 mg/L), demostrando en el curso el fenómeno de enriquecimiento del agua.

La DQO que representa el parámetro de cantidad de sustancias oxidables químicamente, inclusive de materia orgánica, muestra una concentración limitada, excepto en noviembre/05 e febrero/06, cuando ocurrieron la elevación de sus concentraciones.

La densidad de coliformes fecales excedió el patrón en Bella Vista y Asentamiento Caracol, mientras que fueron siempre inferiores a 250 UFC/100cc que satisface para el uso de irrigación y contacto primario en el punto de colecta de Vallemi.

Los demás parámetros físico - químicos efectuados dentro de esta investigación están de acuerdo con el patrón de clase 2 de la Resolución 222/02.

Con relación a la calidad del agua específicamente en el punto luego de la finca de arroz, del asentamiento Caracol, se puede destacar un ligero aumento de algunos indicadores de polución, como ejemplo de sólidos, coliformes, conductividad, DQO, etc. Sin embargo, se

debe ser destacados que la época en que fue realizada la colecta de la muestra coincide con la cosecha de arroz, la época en que no generan prácticamente contaminación. Por este motivo, sería recomendable realizar la investigación en el período en que coincide con la actividad de plantación o sea, mes de octubre y noviembre para levantamiento de informaciones más reales de contaminación.

Uno de los aspectos que merece ser resaltado sobre los resultados de metales pesados fue la presencia de mercurio de 0,18 y 0,42 ug/L, respectivamente, en Bella Vista y Asentamiento Caracol. Aunque estas concentraciones sean inferiores al patrón establecido, o sea 2ug/L, su presencia en agua puede representar una alerta para uso de agua especialmente para abastecimiento público.

Los demás parámetros de metales pesados en agua presentaron las concentraciones inferiores a los establecidos en patrón de SEAM. No fueron detectados ningún parámetro en muestras de sedimentos con las concentraciones incompatibles con el patrón.

**Análisis de metales pesados  
Agua (ug / L)**

|                          | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Mn</b>                | 26,17   | 41,91   | 23,7    |
| <b>Hg</b>                | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>                | 0,23    | 2,3     | 0,95    |
| <b>Cd</b>                | 0,05    | 0,04    | 0,1     |
| <b>Zn</b>                | 2,19    | 1,44    | 1,43    |
| <b>Cr</b>                | 0,11    | 1,03    | 0,01    |
| <b>Cu</b>                | 1,84    | 5,64    | 3,45    |
| <b>Sedimento (mg/Kg)</b> |         |         |         |
| <b>Mn</b>                | 4,69    | .....   | 23,84   |
| <b>Hg (µg/Kg)</b>        | ND      | .....   | ND      |
| <b>Pb</b>                | 0,55    | .....   | 0,58    |
| <b>Cd</b>                | ND      | .....   | 0,003   |
| <b>Zn</b>                | 0,13    | .....   | 1,16    |
| <b>Cr</b>                | 0,07    | .....   | ND      |
| <b>Cu</b>                | 0,06    | .....   | 0,98    |

Fueron realizados análisis de 12 tipos de agroquímicos en período de noviembre /05 y febrero / 06. Sin embargo, ningún agro tóxico fueron detectados.

La clase de fitoplancton más predominante observado en este río fue de Bacillariophyceae y seguida de Chlorophyceae verifica en tabla y figura a continuación. Independientemente de esta variación, el número de células encontrado es muy limitado, pudiendo concluir que el río en estudio es pobre teniendo en cuenta la productividad fitoplanctónica.

**Identificación de fitoplancton ( cél./mL)**

| Fitoplancton | Agost/05 | nov./05 |
|--------------|----------|---------|
| Bacilla.     | 2900     | 1360    |
| Crypt.       | 160      | 240     |
| Chloro.      | 1520     | 400     |
| Desmi.       | 60       | 0       |
| Eugl.        | 20       | 0       |
| Cyano.       | 0        | 0       |
| Diano        | 0        | 0       |

Se puede concluir que el río Apa presenta un visible alteración de calidad de agua en resultantes de una intensa ocupación de suelo de la cuenca formadora, especialmente de lado brasileiro.

### 2.3.2.2. Cuenca del Arroyo Tagatija

#### Área de ocupación

Esta cuenca posee un área de 410,297 ha, siendo que 51% y 48% de ella están siendo ocupada, respectivamente, por ganadería y bosque, no habiendo actividad para plantación agrícola significativa, según análisis de imagen de satelital.

| Cuenca   | Cultivos mecaniz. | Ganaderia | Bosque  | Aguas | Pequeñas Propiedades | Inundable | Ciudad | Total          |
|----------|-------------------|-----------|---------|-------|----------------------|-----------|--------|----------------|
| Apa( ha) | 0                 | 208.924   | 197.168 | 3.336 | 0                    | 0         | 744    | <b>410.172</b> |

#### Cargas poluidoras

La población total en esta cuenca esta estimada en 5,860 hab., que residen totalmente en el área urbana, de acuerdo con censo 2002, como se indica en la tabla abajo.

#### **Distribución de población**

| Sub-cuenca    | Urbana | Rural | Total | No Distrito |
|---------------|--------|-------|-------|-------------|
| Tagatiya hab. | 5,860  | 0     | 5,860 | 1           |

Las cargas cloacales provenientes de esta población (tabla abajo) es limitadas, aunque puede ocasionar contaminación puntual, dependiendo del punto de lanzamiento de esta fuente poluidora.

#### **Cargas difusas provenientes de áreas agrícolas**

| Sub-cuenca    | BDO | NT   | PT  | ST  | CF X10 |
|---------------|-----|------|-----|-----|--------|
| Tagatiya kg/d | 234 | 35.2 | 4.7 | 352 | 6x12   |

Mientras que la carga difusa originada de las actividades agrícolas fue admitida nula, pues, no fue encontrada la ocupación significativa de esta actividad.

#### **Cargas industriales**

No se encuentran ninguna fuente industrial en esta cuenca.

#### Calidad de agua

La característica relevante de Arroyo Tagatiya puede ser representada por alto tenor de sustancias carbonaceas, tales como calcio y magnesio, especialmente el primero, resultando elevado valor de alcalinidad y pH. Los valores de conductividad fueron, también alto a consecuencia de la presencia de elementos arriba referidos, mientras que la turbiedad determinada esta siempre muy bajo.

Debido al reflejo de la presencia de elementos carbonatados en abundancia, la concentración de sólidos totales se encuentra elevada. Sin embargo, la gran parte de este sólido es constituido por los sólidos disueltos y la presencia de poco sólido en suspensión. Fueron obtenidos valores de DQO inferiores a 10 mg/L en la mayoría de las colectas que pueden ser considerados nivel de contaminación muy bajo.

El indicador de contaminación bacteriana o sea coliformes fecales, presentaron la densidad siempre inferior a la del patrón, indicando la ausencia de fuentes contaminantes sanitarias en esta cuenca hidrográfica.

El fósforo que se constituye en un buen indicador de contaminantes de fuente puntual y también de difusa mostró bajo valor, debido a la presencia muy limitada de sus fuentes poluidoras.

Los elementos de Cl y Na que impiden el uso de agua para abastecimiento público y riego para agricultura, dependiendo de sus tenores, fueron bien inferiores al patrón.

Todos los metales pesados analizados tanto en agua como en sedimentos estuvieron dentro del patrón establecido.

Ningunos de los 12 tipos de agros tóxicos analizados en 2005 y 2006 fueron detectados. La composición de población del fitoplancton presenta la predominancia de chlorophyceae, siendo, sin embargo, la densidad total de fitoplancton encontrada pequeña, pudiendo clasificarse en nivel de oligotrófico.

De acuerdo con los resultados obtenidos, puede ser considerado la calidad de agua del Tagatiya compatible con la establecida en clase 2, lo que puede servir para uso múltiple.

### Resultados de análisis de agua del A<sup>o</sup> TAGATIYA

| Periodo de Colecta       | mar.04 | jun.04 | 0ct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón | Referen |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Tem.agua oC              | 25,2   | 19,6   | n      | 23     | 21,8   | 26     | n      | n      | n       |
| Cond. Us/cm              | 460    | 506    | n      | 330    | 458    | 40     | n      | n      | 13      |
| Turbidez NTU             | 0      | 10     | n      | 0      | 12     | 0      | n      | 100    | 10      |
| ph                       | 7,3    | 7,6    | 7,5    | 7,4    | 7,3    | 7,6    | n      | 6 a 9  | 5,9     |
| OD mgO <sub>2</sub> /L   | 8      | 9,2    | 7,5    | 8,7    | 7      | 7,3    | n      | > 5    | 8,9     |
| ST mg/L                  | 260    | 272    | 244    | 256    | 216    | 272    | n      | n      | 33      |
| SD mg/L                  | 259,5  | 264    | 214    | 220    | 238    | 266    | n      | n      | 30      |
| SV mg/L                  | 0      | 7,4    | 0      | 5,4    | 4,5    | 2,4    | n      | n      | 0       |
| SS mg/L                  | 0,5    | 7,4    | n      | 14     | n      | 0,6    | n      | n      | 2,2     |
| Alcalin. T mg/L          | 210    | 246,4  | 214,8  | 212,4  | 212,4  | 237,2  | n      | n      | 7,3     |
| Coli.fecal UFC/100cc     | 108    | 75     | 76     | 60     | 60     | 2,7    | n      | 250    | 310     |
| PT mgP/L                 | 0,03   | 0,04   | 0,01   | 0,01   | 0,021  | 0,02   | n      | 0,025  | 0,03    |
| Orto p mgP/L             | 0,008  | 0,003  | n      | n      | 0,021  | n      | n      | n      | 0,02    |
| NH <sub>4</sub> mgN/L    | 0,04   | 0,07   | 0,07   | 0,01   | 0,056  | 0,028  | n      | n      | 0,01    |
| NO <sub>3</sub> mgN/L    | 0,08   | 0,35   | 0,11   | 0,11   | 0,04   | 0,47   | n      | 10     | 0,33    |
| Fe <sub>3</sub> mg/L     | 0,4    | 0,2    | 0,38   | 0,13   | 0,12   | 0,22   | n      | n      | 0,67    |
| Fe <sub>2</sub> mg/L     | 0,03   | 0,03   | 0,13   | n      | n      | 0,14   | n      | 0,3    | 0,12    |
| DQO mgO <sub>2</sub> /L  | 10,3   | 5,6    | 21,4   | 6,7    | 8,8    | 11,7   | n      | n      | 8,4     |
| Na mgNa/L                | 2      | 1,6    | 2,3    | 2      | n      | n      | n      | 200    | 0,82    |
| Ca mgCa/L                | 112    | 84     | 74,9   | 63,4   | 72     | 87,8   | n      | n      | 2,35    |
| Mg mgMg/L                | 9,5    | 22,2   | 18,7   | 18,4   | 72     | 20     | n      | n      | 0,27    |
| K mgK/L                  | 0,7    | 0,6    | 0,9    | 2      | n      | n      | n      | n      | 0,65    |
| Si mgSiO <sub>2</sub> /L | n      | n      | n      | 6,05   | 6,2    | 4,6    | n      | n      | n       |
| SO <sub>4</sub> mg/L     | n      | n      | n      | 2,6    | n      | n      | n      | 250    | n       |
| CL mgCl/L                | 3,1    | 3,1    | n      | 4,5    | 4,5    | 3,7    | n      | 250    | 3       |
|                          |        |        |        |        |        |        |        |        |         |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

**Análisis de metales pesados  
en agua ( ug / L )**

|                      | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
|----------------------|---------|---------|---------|
| <b>Mn</b>            |         | 4,98    | .....   |
| <b>Hg</b>            |         | ND      | .....   |
| <b>Pb</b>            |         | 1,17    | .....   |
| <b>Cd</b>            |         | 0,03    | .....   |
| <b>Zn</b>            |         | 3,49    | .....   |
| <b>Cr</b>            |         | ND      | .....   |
| <b>Cu</b>            |         | 1,18    | .....   |
| en Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| <b>Mn</b>            |         | 4,17    | .....   |
| <b>Hg (µg/Kg)</b>    |         | ND      | .....   |
| <b>Pb</b>            |         | 6,38    | .....   |
| <b>Cd</b>            |         | 0,01    | .....   |
| <b>Zn</b>            |         | 0,16    | .....   |
| <b>Cr</b>            |         | 1,74    | .....   |
| <b>Cu</b>            |         | 0,11    | .....   |

**Identificación de fitoplancton  
( cél / L )**

| Fitoplancton | Agost./05 | Nov./05 |
|--------------|-----------|---------|
| Bacilla.     | 2300      | 340     |
| Crypt.       | 0         | 280     |
| Chloro.      | 540       | 740     |
| Desmi.       | 220       | 40      |
| Eugl.        | 0         | 60      |
| Cyano.       | 320       | 240     |

**2.3.2.3. Cuenca hidrográfica del río Aquidaban**

**Área de ocupación**

El área de la cuenca del río Aquidabán mide 1,254.812 ha, siendo que 59 % de esta se encuentra ocupada por ganadería y 29 % por bosque.

El área ocupada con las actividades agrícolas mecanizadas y pequeñas propiedades corresponden a cerca de 10 % del área total o sea 128.021 ha. , siendo destinada, en gran parte, para la plantación de algodón, soja, mandioca, caña, batata, etc.

| Cuenca           | Cultivo mecaniz. | Ganaderia | Bosque  | Agua  | minifundias | Inundable | Ciudad | Total            |
|------------------|------------------|-----------|---------|-------|-------------|-----------|--------|------------------|
| <b>Aquidaban</b> | 32.408           | 744.261   | 359.133 | 1.810 | 95.613      | 20.042    | 1.810  | <b>1.254.812</b> |

**Cargas poluidoras**

**Cargas sanitarias**

Existen tres distritos con una población total de 36.150 habitantes, de la cual 19 % residen en área urbana, lo que constituye el potencial contribuyente práctica de cargas sanitarias como se ve en la tabla a continuación.

**Distribución de población**

| Sub-uenca      | Urbana | Rural  | Total  | distrito |
|----------------|--------|--------|--------|----------|
| Aquidaban hab. | 6.760  | 29.390 | 36.150 | 3        |

La carga sanitaria generada por esta población esta estimada en la tabla abajo. La carga total en término de DBO presenta casi próximo de 2t y de colimetría de  $10^{13}$  por día, pudiendo ocasionar la contaminación hídrica, dependiendo del punto de lanzamiento de desechos en el río.

### **Cargas sanitarias**

|                       | DBO | NT   | PT | ST  | CF X10 |
|-----------------------|-----|------|----|-----|--------|
| <b>Aquidaban kg/d</b> | 270 | 40,6 | 5  | 406 | 7 x 12 |

### **Cargas difusas**

Con relación a carga difusa proveniente de áreas agrícola, las mismas son de 2 a 10 veces mayores en relación con los de cargas sanitarias, presentando especialmente mayor valor de ST en cargas difusas.

### **Cargas difusas provenientes de área agrícola**

| Sub-cuenca            | DBO   | NT    | PT  | ST      |
|-----------------------|-------|-------|-----|---------|
| <b>Aquidaban kg/d</b> | 6.313 | 3.192 | 947 | 105.223 |

### **Cargas industriales**

No se encuentran significativas fuentes de cargas industriales en esta cuenca.

### **Calidad de agua**

La característica relevante del agua de este río se resume en la relativa alta concentración de sólidos totales y disuelto, dependiendo de la época de colecta, además la presencia de significativos tenores de nutrientes. La causa de valor alto de sólidos puede ser atribuida, principalmente, por las cargas difusas recurrentes de actividades agrícolas, acarreado, también, nitrógeno y fósforo que son componentes de fertilizantes químicos. La variación de concentración, especialmente, de sólidos esta íntimamente correlacionado con la precipitación registrada.

El valor de conductividad oscila entre 50 a 94 us/cm durante todo el período de investigación, lo que pueden ser considerado valor bajo, mientras que la turbidez, también, presentó bajo valor, garantizando relativamente buena transparencia del agua.

El índice de contaminación por coliforme fecal obtuvo menor que la densidad del patrón de 250 UCF /100cc en la mayoría de las colectas de muestreo, lo que indica la presencia limitada de fuentes contaminantes sanitarias.

La DQO varió de 12 a 39 mg/L lo que presenta el nivel de sustancias oxidables químicamente limitados.

Todos los parámetros de metales pesados analizados en agua y sedimentos presentaron valores inferiores al patrón.

Los resultados de los agro tóxicos analizados dieron no detectado.

### Resultados de análisis de agua del río Aquidaban

| Periodo de Colecta       | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón | Referen. |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC              | 27     | 19,3   | 27     | 24     | 23     | 26     | 31     | n      | n        |
| Cond. Us/cm              | 82     | 80     | 90     | 70     | 94     | 50     | 80     | n      | 13       |
| Turbidez NTU             | 30     | 70     | 30     | 40     | 14     | 60     | 20     | 100    | 10       |
| ph                       | 7,3    | 6,5    | 7,6    | 6,8    | 7,7    | 6,4    | 7,1    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mgO <sub>2</sub> /L   | 8,1    | 8,7    | 7,8    | 8,9    | 8,7    | n      | 6,2    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L                  | 130    | 142    | 100    | 190    | 58     | 124    | 114    | n      | 33       |
| SD mg/L                  | 102,4  | 110    | 82     | 86     | 76     | 82     | 95     | n      | 30       |
| SV mg/L                  | 8,5    | 8      | 8      | 6,5    | 3,9    | 7,8    | 7,2    | n      | 0        |
| SS mg/L                  | 27,6   | 32     | 18     | 17,4   | 10     | 28     | 19     | n      | 2,2      |
| Alcalin. T mg/L          | 32,1   | 35,4   | 41,3   | 49,6   | 21,6   | 21,6   | 33,6   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC/100cc     | 12     | 45     | 23     | 132    | 107    | 307    | 60     | 250    | 310      |
| PT mgP/L                 | 0,07   | 0,09   | 0,06   | 0,05   | 0,045  | 0,07   | 0,08   | 0,025  | 0,03     |
| Orto P mgP/L             | 0,008  | 0,02   | 0,01   | 0,03   | 0,022  | 0,05   | 0,01   | n      | 0,02     |
| NH <sub>4</sub> mgN/L    | 0,04   | 0,09   | 0,04   | 0,01   | 0,104  | 0,089  | 0,03   | n      | 0,01     |
| NO <sub>3</sub> mgN/L    | 0,05   | 0,22   | 0,15   | 0,48   | 0,03   | 0,26   | 0,29   | 10     | 0,33     |
| Fe <sub>3</sub> mg/L     | 2,1    | 2,3    | n      | 1,9    | 0,85   | 2,36   | 2,25   | n      | 0,67     |
| Fe <sub>2</sub> mg/L     | 0,92   | 0,29   | 0,1    | n      | 0,75   | 0,3    | 0,46   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mgO <sub>2</sub> /L  | 20     | 12,1   | 17,9   | 16,7   | 10,7   | 38,9   | 18,1   | n      | 8,4      |
| Na mgNa/L                | 3,3    | 3      | 5,3    | 3,7    | 1,2    | 3,2    | 4,2    | 200    | 0,82     |
| Ca mgCa/L                | 13,2   | 6,6    | 8,6    | 8,1    | 9,2    | 5,8    | 8,7    | n      | 2,35     |
| Mg mgMg/L                | 1,3    | 5,02   | 4,1    | 3,8    | 2,7    | 2,9    | 1,98   | n      | 0,27     |
| K mgK/L                  | 3,3    | 1,2    | 3,1    | 3,4    | 3,3    | 2,9    | 2,8    | n      | 0,65     |
| Si mgSiO <sub>2</sub> /L | n      | n      | n      | 6,9    | 1,2    | 3,1    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L     | n      | n      | n      | 0,8    | n      | n      | 0,53   | 250    | n        |
| CL mgCl/L                | 3,7    | 5      | 7,5    | 6,8    | 4,5    | 4,8    | n      | 250    | 3        |
| <b>Río Ypane</b>         |        |        |        |        |        |        |        |        |          |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados en río Aquidaban en Agua ( ug / L )

|                      | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
|----------------------|---------|---------|---------|
| <b>Mn</b>            | 31,91   | 22,78   | 26,01   |
| <b>Hg</b>            | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>            | 2,37    | 1,77    | 0,68    |
| <b>Cd</b>            | 0,07    | 0,04    | 0,14    |
| <b>Zn</b>            | 16,58   | 4,37    | 3,63    |
| <b>Cr</b>            | 0,64    | 0,27    | ND      |
| <b>Cu</b>            | 10,82   | 8,85    | 2,0     |
| en Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| <b>Mn</b>            | 1,36    | 12,019  | 4,84    |
| <b>Hg (µg/Kg)</b>    | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>            | 0,04    | 6,45    | ND      |
| <b>Cd</b>            | 0,01    | ND      | 0,05    |
| <b>Zn</b>            | 0,09    | 0,81    | 0,11    |
| <b>Cr</b>            | ND      | 1,37    | ND      |
| <b>Cu</b>            | 0,06    | 0,59    | 0,01    |

La población de fitoplancton de este río fue predominada por clase de Bacillariophyceae, seguida de Chlorophyceae, cuyas densidades de organismos fueron registrados mayores, Comparativamente con los ríos anteriormente citados, indicando la evolución de la fase de enriquecimiento de agua.

#### Identificación de fitoplancton ( cél/mL)

| fitoplancton  | ago.05 | nov.05 | feb.06 |
|---------------|--------|--------|--------|
| Cyanoph.      | 720    | 0      | 1900   |
| Bacillarioph. | 3480   | 1160   | 1680   |
| Criptoph.     | 240    | 360    | 140    |
| Dianoph.      | 0      | 40     | 0      |
| Chloroph.     | 340    | 1200   | 600    |
| Zygnemaph.    | 20     | 0      | 0      |
| Euglenoph.    | 40     | 200    | 20     |
| Total         | 4840   | 2960   | 4340   |

#### 2.3.2.4. Cuenca hidrográfica del río Ypane

##### Área de ocupación

Cerca de 54% del área total de 1.254.812 ha esta ocupada por la cría extensiva de ganado y 27 %, cubierta por bosque. No obstante, en el área que se mantienen las actividades agrícolas corresponde casi 30 % mayor que de la cuenca hidrográfica del Aquidaban, ó sea 162.643 ha. Se verifican áreas significativas de cultivos de soja, trigo, algodón, poroto, mandioca, etc.

##### Área de ocupación de suelo

| Cunca | Cultivo mecaniz. | Ganaderia | Bosque  | Agua | minifundia riads | Inundable | Ciudad | Total            |
|-------|------------------|-----------|---------|------|------------------|-----------|--------|------------------|
| Ypane | 99.716           | 683.244   | 344.656 | 93   | 62.927           | 38.224    | 2.143  | <b>1.254.812</b> |

##### Cargas poluidoras

##### **Cargas sanitarias**

Se encuentran tres municipios con una población total de 314.685 habitantes, siendo que 39 % de ellos residen en el área rural.

| Sub-cuenca | Urbana  | Rural   | Total   | No Distrito |
|------------|---------|---------|---------|-------------|
| Ypane hab. | 122.864 | 191.990 | 314.685 | 5           |

Así, las cargas potenciales oriundas de fuentes domesticas de esta cuenca son bsuperior a de la cuenca del río Aquidaban. Sin embargo, las cargas provenientes de áreas agrícolas son comparables con las ambas cuencas .

##### **Cargas sanitarias**

| Sub-cuenca | BDO   | NT  | PT   | ST    | UFC X10 |
|------------|-------|-----|------|-------|---------|
| Ypane kg/d | 4.951 | 737 | 98,3 | 7.372 | 1 x 14  |

### **Cargas difusas provenientes de área agrícola**

| Cuenca     | DBO   | NT    | PT  | ST     |
|------------|-------|-------|-----|--------|
| Ypane kg/d | 5.454 | 2.757 | 818 | 45.450 |

### **Cargas industriales**

Principales industrias están concentradas en el municipio de Concepción las cuales se exponen en la tabla a continuación.

Las principales industrias son los frigoríficos y curtimbres cuyas cargas están siendo vertidas al río Paraguay con poca eficiencia de tratamiento , en condición actual.

### **Cargas industriales**

| parámetro        | DBO   | N   | P    | ST     |
|------------------|-------|-----|------|--------|
| Carg.potenciales | 5.518 | 362 | 47,7 | 15.600 |
| Carg. renamente  | 3.255 | 316 | 44,0 | 9.723  |

### **Calidad de agua**

La calidad del agua del río Ypane, según la coleta de muestra realizada en el punto establecido próximo a su desembocadura en el río Paraguay, se presenta ligeramente alcalina y abundante oxígeno disuelto. Los valores de sólidos totales se mantiene arriba de 100mg/L de sólidos en cuatro campañas de colecta, cuyo fenómeno puede ser relacionada con la influencia de erosión resultante de uso de suelo provocado por precipitación.

Coincidiendo con la época en que fue detectado los mayores valores de sólidos, se obtuvieron altos valores de turbiedad que sobrepasa el patrón. Tales valores son superiores a los de referencia, indicando innegable deterioro de la calidad de agua.

Las concentraciones de fósforo total fueron determinadas y se encontraron bien arriba a las establecidas por el patrón, mostrando los efectos de cargas poluidoras. Los coliformes fecales presentaron las densidades superiores a 250UFC /100cc conforme la época de año, indicando la influencia de la contaminación de cloaca sanitaria. El valor de DQO varió de 5,5 mg/L a 35,7 mg/L, mostrando una tendencia de presentar mayores valores en fechas en que obtuvieran elevados valores de sólidos.

Además los parámetros químicos están de acuerdo con el patrón de 222 / 02. .

Todas las concentraciones de metales pesados analizados tanto en agua como de sedimentos se presentaron inferiores a los límites establecidos.

No fueron detectadas la presencia de ningunos agro tóxicos analizados.

### Resultados de análisis de agua del río Ypane

| Periodo de Colecta      | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | Feb./06 | Patrón | Referen. |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|----------|
| Tem.agua oC             | 25,2   | 17,5   | 24     | 23     | 21,5   | 25     | 28,3    | n      | n        |
| Cond. Us/cm             | 42     | 51     | 50     | 30     | 45     | 50     | 44      | n      | 13       |
| Turbidez NTU            | 60     | 42     | 110    | 50     | 11     | 100    | 15      | 100    | 10       |
| Ph                      | 6,7    | 7      | 7,4    | 7,8    | 7,5    | 7      | 7,1     | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L                 | 9,7    | 9,6    | 6,5    | 11,4   | 9      | 7,3    | 7,4     | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L                 | 62     | 68     | 124    | 148    | 30     | 130    | 118     | n      | 33       |
| SD mg/L                 | 45,7   | 58     | 66     | 46     | 46     | 70     | 109     | n      | 30       |
| SV mg/L                 | 7      | 6      | 17     | 6,5    | 3,2    | 13,2   | 4,4     | n      | 0        |
| SS mg/L                 | 16,3   | 10     | 58     | 41,3   | 6      | 52,4   | 9       | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L           | 18,4   | 20,2   | 18,9   | 21,6   | 24,8   | 24,8   | 21,7    | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC          | 150    | 170    | 388    | 750    | 70     | 100    | 220     | 250    | 310      |
| PT mg/L                 | 0,04   | 0,06   | 0,15   | 0,09   | 0,016  | 0,12   | 0,07    | 0,025  | 0,03     |
| ort.P mg/L              | 0,02   | 0,01   | 0,03   | n      | 0,003  | 0,064  | 0,01    | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L                | 0,06   | 0,13   | 0,07   | 0,02   | 0,01   | 0,025  | 0,02    | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L                | 0,14   | 0,49   | 0,58   | 0,47   | 0,38   | 0,41   | 0,34    | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L                | 0,9    | 0,89   | 1,18   | 2      | 1,6    | 4,1    | 0,86    | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L                | 0,3    | 0,71   | n      | n      | 0,75   | 0,3    | 0,23    | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L                | 5,5    | 12,1   | 35,7   | 13,3   | 6,8    | 19,4   | 14,6    | n      | 8,4      |
| Na mg/L                 | 1,4    | 1,2    | 3,2    | 1,1    | 0,3    | 1,8    | 1,6     | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L                 | 7,6    | 5      | 4,6    | 4      | 5,8    | 6,3    | 6,1     | n      | 2,35     |
| Mg mg/L                 | 1,3    | 3,4    | 1,9    | 1,9    | 0,9    | 2,8    | 0,94    | n      | 0,27     |
| K mg/L                  | 2,6    | 1,3    | 2,9    | 2,5    | 3,1    | 2,8    | 2,5     | n      | 0,65     |
| Si mg/L                 | n      | n      | n      | 6,4    | 8      | 5,8    | n       | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L    | n      | n      | n      | 1,1    | n      | n      | 1       | 250    | n        |
| CL mg/L                 | 2,6    | 3,7    | 7,5    | 4,5    | 5,6    | 4,8    | n       | 250    | 3        |
| <b>Río Jejuí arriba</b> |        |        |        |        |        |        |         |        |          |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados agua ( ug / L )

|                          | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Mn</b>                | 1,24    | 27,96   | 19,34   |
| <b>Hg</b>                | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>                | ND      | 4,29    | 0,79    |
| <b>Cd</b>                | 0,05    | 0,03    | 0,11    |
| <b>Zn</b>                | ND      | 4,59    | 0,8     |
| <b>Cr</b>                | 0,04    | 0,26    | ND      |
| <b>Cu</b>                | 0,54    | 5,19    | 1,47    |
| <b>Sedimento (mg/Kg)</b> |         |         |         |
| <b>Mn</b>                | 2,89    | 1,31    | 3,33    |
| <b>Hg (ug/Kg)</b>        | ND      | 21,05   | ND      |
| <b>Pb</b>                | 0,1     | 0,32    | 0,53    |
| <b>Cd</b>                | 0,008   | ND      | 0,03    |
| <b>Zn</b>                | 0,36    | 0,2     | 0,16    |
| <b>Cr</b>                | ND      | 0,33    | 1,67    |
| <b>Cu</b>                | 0,13    | 0,035   | ND      |
|                          |         |         |         |

Con relación a fitoplancton, la clase Bacillariophyceae predominó durante el período de la investigación en que abarca de agosto y noviembre /05, cuya fase biológica representa el estado incipiente de eutrofización.

#### Identificación de fitoplancton (cél./mL)

| Fitoplancton  | ago05 | nov05 | feb06 |
|---------------|-------|-------|-------|
| Cyanoph.      | 0     | 0     | 0     |
| Bacillarioph. | 2960  | 1120  | 900   |
| Criptoph.     | 180   | 160   | 80    |
| Dianoph.      | 40    | 0     | 40    |
| Chloroph.     | 460   | 0     | 420   |
| Zygnenaph.    | 100   | 520   | 20    |
| Euglenoph.    | 20    | 0     | 0     |
| Total         | 3760  | 1800  | 1460  |

#### 2.3.2.5. Cuenca hidrográfica del río Jejui Guazú

Conforme a la imagen satelital, se verifica una apreciable área de ocupación por pequeños y grandes agricultores en esta cuenca.

Fueron establecidos 4 puntos de investigación en esta cuenca, siendo que dos puntos en río Jejui Guazú (arriba y bajo) y un punto, respectivamente, en río Aguaray Guazú y e Aguaray-mi que es efluente de este último.

#### Área de ocupación

La cuenca hidrográfica del Jejui Guazú posee un área de 2.033.935 ha, lo que corresponde como segundo lugar en extensión en cuenca después del Tebicuary, dentro de todas las cuencas en la región oriental en estudio.

Como en el caso de las demás cuencas mencionadas anteriormente, la mayor área que corresponde a cerca de 38 % de toda la cuenca esta siendo ocupada por ganadería y 30%, por bosque.

El área de actividades agrícolas en propiedades pequeñas ocupa mayor número, después de la cuenca Tebicuary, alcanzando a más de 350.000 ha. Sumadas con las actividades mecanizadas, total de ocupación agrícola equivale a más de 25 % del total del área de esta cuenca, correspondiendo de mayor área de entre las sub-cuencas.

#### Área de ocupación de suelo

| Cuenca      | Cultivo mecaniz. | Ganadería | Bosque  | Agua | minifundias | Inundable | Ciudad | Total     |
|-------------|------------------|-----------|---------|------|-------------|-----------|--------|-----------|
| Jejui Guazu | 246.974          | 897.636   | 713.649 | 498  | 356.813     | 153.502   | 3.391  | 2.372.463 |

## Cargas poluidoras

### Carga sanitaria

La población total residente en esta cuenca cuenta con 231.320 hab. , siendo distribuida a través de 13 municipios.

La grande parcela de esta población viven en el área rural y apenas 19 % residen en áreas urbanas, se resultando, así, la carga sanitaria proporcionalmente limitada.

### Distribución de población urbana y rural

| poblacion sub-cuenca | Pop. urbana | Pop.Rural | Pop.Total | No Distrito |
|----------------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| Jejuí Guazú          | 37.384      | 194.136   | 231.320   | 13          |

Entre los municipios existentes, Santa Rosa del Araguay y San Pedro son las principales ciudades que podrían ser responsables de la polución del río Jejuí Guazú, debido a la localización próxima al río Araguay. Además, San Pedro de Ycumandyju Gral. Resquín también pueden influenciar en la calidad de agua del río Jejuí en función de la proximidad de su ubicación para este cuerpo receptor.

### Cargas sanitarias

| Sub-cuenca       | DBO   | NT    | PT   | ST     | CF X10 |
|------------------|-------|-------|------|--------|--------|
| Jejuí Guazú kg/d | 1.495 | 224,3 | 29,9 | 2. 224 | 4x13   |

Comparativamente con las fuentes sanitarias, el flujo de cargas difusas se presentan apreciablemente superiores a las cargas sanitarias. Las contribuciones de carga difusa son cerca de 14 a 100 veces mayores a las de cargas sanitarias, dependiendo de los parámetros.

### Cargas difusas

| Parámetro Cuenca   | DBO    | NT     | PT    | ST      |
|--------------------|--------|--------|-------|---------|
| Jejuí –Guazú kg/ d | 20.313 | 10.269 | 3.046 | 169.272 |

### Cargas Industriales

No se encuentran significativas fuentes industriales en esta cuenca hidrográfica.

### Calidad de agua

Los resultados de dos puntos de Jejuí Guazú, obtenidos en punto **arriba** y otro **abajo**, ubicado en proximidad del municipio de San Pedro, están insertos en las tablas siguientes.

### Resultados de análisis de agua del río Jejuí Arriba

| Periodo de Colecta     | mar.04 | jun.04 | 0ct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón | Referen. |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC            | 26,3   | 17     | 24     | 22     | 21     | 26     | 28     | n      | n        |
| Cond. Us/cm            | 28     | 20     | 30     | 20     | 30     | 20     | 30     | n      | 13       |
| Turbidez NTU           | 35     | 40     | 60     | 80     | 10     | 20     | 10     | 100    | 10       |
| Ph                     | 6,3    | 6,3    | 7,2    | 6,4    | 7,2    | 5,9    | 6,6    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L                | 7      | 7,7    | 7,7    | n      | 6,8    | n      | 6,8    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L                | 112    | 92     | 68     | 58     | 76     | 64     | 78     | n      | 33       |
| SD mg/L                | 85,3   | 76     | 41     | 20     | 84     | 60     | 56,3   | n      | 30       |
| SV mg/L                | 8,3    | 6,6    | 10     | 11,3   | 6,8    | 5,4    | 6,7    | n      | 0        |
| SS mg/L                | 27,3   | 11     | 27     | 33,7   | 24     | 6      | 21,7   | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L          | 11,2   | 11,1   | 15,3   | 15,8   | 11,9   | 11,9   | 15,2   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC         | 60     | 24     | 96     | 340    | 440    | 85     | 66     | 250    | 310      |
| PT mg/L                | 0,11   | 0,08   | 0,04   | 0,08   | 0,048  | 0,06   | 0,07   | 0,025  | 0,03     |
| ort.P mg/L             | 0,04   | 0,01   | 0,01   | 0,04   | 0,032  | 0,002  | 0      | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L               | 0,03   | 0,11   | 0,04   | 0,02   | 0,04   | 0,001  | 0,02   | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L               | 0,3    | 0,12   | 0,26   | 0,71   | 0,42   | 0,1    | 0,13   | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L               | 2,3    | 1,2    | 0,76   | 1,4    | 1,3    | 1,95   | 1,85   | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L               | 0,63   | 0,37   | 0,1    | n      | n      | 0      | 0,02   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L               | 24,1   | 27,4   | 21,4   | 13,3   | 14,4   | 37,9   | 18,5   | n      | 8,4      |
| Na mg/L                | 1,6    | 1,1    | 2,6    | 1,6    | 0,5    | 1,5    | 2,6    | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L                | 6      | 3,2    | 2,9    | 2,6    | 4,1    | 3      | 4,7    | n      | 2,35     |
| Mg mg/L                | 0,6    | 2,2    | 0,3    | 0,9    | 0,6    | 1,5    | 0,54   | n      | 0,27     |
| K mg/L                 | 5,6    | 2,6    | 4,3    | 2,9    | 4,3    | 3      | 1,2    | n      | 0,65     |
| Si mg/L                | n      | n      | n      | 6,3    | 7      | 3,9    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L   | n      | n      | n      | 0,6    | n      | n      | 0,81   | 250    | n        |
| CL mg/L                | 3,1    | 3,1    | 5      | 6,2    | 5,1    | 4,8    | n      | 250    | 3        |
| <b>Río Jejuí abajo</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |          |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados rio Jejuí arriba en agua ( ug / L )

|                          | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
|--------------------------|---------|---------|---------|
| <b>Mn</b>                | 42,82   | 9,49    | 17,47   |
| <b>Hg</b>                | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>                | ND      | 1,04    | 1,10    |
| <b>Cd</b>                | 0,5     | 0,03    | 0,10    |
| <b>Zn</b>                | 3,88    | 7,36    | 1,35    |
| <b>Cr</b>                | 0,21    | 0,17    | ND      |
| <b>Cu</b>                | 2,21    | 4,73    | 1,19    |
| <b>Sedimento (mg/Kg)</b> |         |         |         |
| <b>Mn</b>                | 6,12    | .....   | 11,81   |
| <b>Hg (µg/Kg)</b>        | ND      | .....   | ND      |
| <b>Pb</b>                | ND      | .....   | ND      |
| <b>Cd</b>                | ND      | .....   | ND      |
| <b>Zn</b>                | 0,49    | .....   | 0,52    |
| <b>Cr</b>                | ND      | .....   | 0,56    |
| <b>Cu</b>                | 0,32    | .....   | 0,08    |

## Resultados de análisis de agua del río Jejuí Abajo

| Periodo de Colecta       | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patron | Referen. |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC              | 25,8   | 19     | 25     | 23     | 21     | 28     | 30,7   | n      | n        |
| Cond. Us/cm              | 28     | 20     | 30     | 20     | 40     | 20     | 32     | n      | 13       |
| Turbidez NTU             | 40     | 170    | 30     | 200    | 20     | 10     | 10     | 100    | 10       |
| ph                       | 7,1    | 6,1    | 6,4    | 6,5    | 7,3    | 6      | 6,7    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mgO <sub>2</sub> /L   | 6,9    | 7      | 6,5    | n      | 8,8    | n      | 7,1    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L                  | 80     | 82     | 80     | 84     | 48     | 70     | 94     | n      | 33       |
| SD mg/L                  | 52,7   | 71     | 53     | 40     | 68     | 50     | 73     | n      | 30       |
| SV mg/L                  | 8      | 7      | 13     | 9      | 4,3    | 5,6    | 10,2   | n      | 0        |
| SS mg/L                  | 26,8   | 16     | 27     | 19     | 22     | 7,6    | 21,4   | n      | 2,2      |
| Alcalin. T mg/L          | 11,2   | 8,1    | 11,8   | 15,8   | 12,9   | 12,9   | 15,2   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC/100cc     | 15     | 58     | n      | 270    | 10     | 100    | 75     | 250    | 310      |
| PT mgP/L                 | 0,03   | 0,06   | 0,04   | 0,1    | 0,03   | 0,06   | 0,04   | 0,025  | 0,03     |
| Orto P mgP/L             | 0,09   | 0,01   | n      | 0,09   | 0,025  | n      | 0      | n      | 0,02     |
| NH <sub>4</sub> mgN/L    | 0,03   | 0,08   | 0,07   | 0,05   | 0,01   | 0,003  | 0,04   | n      | 0,01     |
| NO <sub>3</sub> mgN/L    | 0,15   | 0,14   | 0,25   | 0,032  | 0,24   | 0,1    | 0,21   | 10     | 0,33     |
| Fe <sub>3</sub> mg/L     | 1,4    | 1,23   | 0,79   | 2,7    | 0,7    | 1,8    | 1,26   | n      | 0,67     |
| Fe <sub>2</sub> mg/L     | 0,64   | 0,1    | 0,04   | n      | n      | 0,3    | 0,29   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mgO <sub>2</sub> /L  | 21,9   | 25,8   | 14,3   | 26,7   | 12,5   | 37,9   | 16,3   | n      | 8,4      |
| Na mgNa/L                | 1,7    | 1      | 2,3    | 1,7    | 0,5    | 1,5    | 2,3    | 200    | 0,82     |
| Ca mgCa/L                | 0,6    | 1,3    | 0,9    | 1      | 0,8    | 1,6    | 4,4    | n      | 2,35     |
| Mg mgMg/L                | 0,6    | 1,3    | 0,9    | 1      | 0,8    | 1,6    | 0,75   | n      | 0,27     |
| K mgK/L                  | 1,5    | 1      | 1,9    | 1,9    | 1,5    | 2,2    | 1,5    | n      | 0,65     |
| Si mgSiO <sub>2</sub> /L | n      | n      | n      | 5,7    | 7      | 4,7    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L     | n      | n      | n      | 1,1    | n      | n      | 0,21   | 250    | n        |
| CL mgCl/L                | 3,1    | 3,1    | 5      | 6,8    | 5,1    | 4,3    | n      | 250    | 3        |
| <b>Río Aguaray Guazú</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |          |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados río Jejuí abajo

Agua ( ug / L )

|                   | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
|-------------------|---------|---------|---------|
| <b>Mn</b>         | 43,23   | 7,77    | 20,51   |
| <b>Hg</b>         | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>         | 0,37    | 1,75    | 0,78    |
| <b>Cd</b>         | 0,05    | 0,01    | 0,11    |
| <b>Zn</b>         | 2,25    | 11,21   | 0,73    |
| <b>Cr</b>         | 0,34    | 0,21    | ND      |
| <b>Cu</b>         | 1,77    | 5,36    | 0,81    |
| Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| <b>Mn</b>         | .....   | 2,95    | 0,52    |
| <b>Hg (µg/Kg)</b> | .....   | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>         | .....   | 0,2     | ND      |
| <b>Cd</b>         | .....   | ND      | 0,03    |
| <b>Zn</b>         | .....   | 2,93    | 0,19    |
| <b>Cr</b>         | .....   | 2,26    | 1,03    |
| <b>Cu</b>         | .....   | 3,16    | 0,06    |

**Identificación de fitoplancton**  
( cél / mL )

|             | rio Jejui arriba |        |        | rio Jejui abajo |        |        |
|-------------|------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| Fitoplanc   | ago.05           | nov.05 | feb.06 | ago.05          | nov.05 | feb.06 |
| Cyanoph.    |                  | 280    | 160    | 400             | 600    | 1360   |
| Chrisoph.   | 260              | 180    | 280    |                 |        | 400    |
| Bacillariop | 1640             | 440    | 1760   | 2260            | 1020   | 1200   |
| Criptoph.   | 140              | 260    | 300    | 180             | 500    | 360    |
| Dianoph.    |                  |        |        |                 | 20     | 20     |
| Chloroph.   | 5080             | 180    | 3280   | 1700            | 840    | 3200   |
| Zygnemap    | 60               | 340    |        | 20              | 700    | 40     |
| Euglenoph   | 40               |        | 200    | 20              | 40     | 60     |
| Total       | 7220             | 1680   | 5980   | 4580            | 3720   | 6640   |

Conforme a la imagen satelital, grandes parcelas de área de cultivo mecanizada y de pequeño porte se extienden en el región superior de esta cuenca.

Por tal motivo, la calidad de agua del río Jujui ya presenta, a partir del punto de colecta establecida en la región arriba de la cuenca del río, algunas señales de alteración de la calidad del agua.

Mientras que los valores de pH se mantienen en rango de el ligera acidez para al neutro y con abundancia de oxígeno disuelto, se verifica relativamente elevado tenor de sólidos y nutrientes que pueden ser interpretados como las interferencias de ocupación de suelo por agricultura. Debe ser resaltado que los parámetros de turbiedad y sólidos mostraron una tendencia a aumentar a lo largo del río. Los valores de ST registraron de dos a tres veces mayores a la referencia.

La DQO varió de 14,4 mg/ L a 37,9 mg/L que son del mismo orden encontrado en el río Ypane.

Debe mencionarse que hubo el registro de coliformes fecales con la densidad superior al patrón o sea 250 UCF / 100 m L, alertando una precaución para el uso de agua de este río para irrigación para productos de consumo humano y contacto primario.

Todos los demás parámetros son compatibles con los patrones.

Todos los resultados de análisis de metales pesados en el agua y sedimentos fueron encontrados por debajo del límite recomendado

Ningún agro tóxicos analizados fue detectado, de acuerdo con los análisis realizados.

Con relación a la comunidad fitoplanctonica, una de las características importantes que debe ser resaltado es la presencia de grupo Cianophyceae en ambos puntos de colecta de muestras, inclusive con la especie *Microcystis wesenbergii*, que es productora de toxina , con densidad de 1040 cél/mL. Además, se encontraron poblaciones de grupos chrolophyceae con mayores células junto con Bacillariophyceae, pudiendo interpretarse que ocurre cierto nivel de .riqueza trófico en este sistema hídrico.

## B) Río Aguaray Guazú y Aguaray-mi

Los ríos Aguaray Guazú y Aguaray-mi, que son afluentes del Jejuí Guazú, presentan calidad de agua menos alterada, se mantiene la calidad de agua más conservada, comparativamente con las del río Jejuí Guazú.

Tanto los valores de turbiedad, conductividad y sólidos, también como de nutrientes y de DQO son más bajos comparativamente con los obtenidos en el río Jejuí Guazú.

Todos los parámetros de metales pesados en agua como también en sedimentos son inferiores a patrones establecidos.

De la misma forma, análisis de los agro tóxicos no fueron detectados.

La población fitopláctónica en este río demuestra pobre en densidad. Como se verifica en la tabla abajo, se encuentra predominancia de Bacillariophyceae en densidad baja, lo que refuerza que estos ríos presentan bajo nivel trófico de estos afluentes.

### Resultados de análisis de agua del río Aguaray Guazu

| Periodo de Colecta     | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón | Referen. |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC            | 26,9   | 18     | 24     | 23     | 21     | 27,6   | 30,1   | n      | n        |
| Cond. Us/cm            | 26     | 30     | 30     | 20     | 30     | 30     | 30     | n      | 13       |
| Turbidez NTU           | 30     | 40     | 30     | 30     | 10     | 10     | 10     | 100    | 10       |
| Ph                     | 7,1    | 6,5    | 6,6    | 6,5    | 7      | 6,3    | 6,5    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L                | 7,5    | 8,5    | 5,9    | 13,2   | 8,2    | 5,7    | 7      | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L                | 80     | 56     | 66     | 54     | 50     | 56     | 80     | n      | 33       |
| SD mg/L                | 52,7   | 50     | 64     | 22     | 86     | 46     | 56,3   | n      | 30       |
| SV mg/L                | 8      | 3      | 8      | 7      | 4,5    | n      | 9,6    | n      | 0        |
| SS mg/L                | 27,3   | 6      | 14,4   | 21,5   | 8      | 3,8    | 23,7   | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L          | 11,2   | 13,1   | 10,6   | 14     | 9,7    | 9,7    | 13,6   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC         | 30     | 18     | 55     | 265    | 10     | 195    | 85     | 250    | 310      |
| PT mg/L                | 0,05   | 0,03   | 0,03   | 0,08   | 0,022  | 0,02   | 0,05   | 0,025  | 0,03     |
| ort.P mg/L             | 0,03   | 0,01   | 0,01   | 0,04   | 0,015  | 0,003  | 0,01   | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L               | 0,04   | 0,06   | 0,05   | 0,02   | 0,03   | 0,003  | 0,02   | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L               | 0,01   | 0,13   | 0,13   | 0,19   | 0,23   | 0,08   | 0,16   | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L               | 1,8    | 0,6    | 0,21   | 0,8    | 0,7    | 2,4    | 0,97   | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L               | 0,39   | 0,13   | 0,016  | n      | n      | 0,3    | 0,23   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L               | 16,3   | 17,7   | 21,4   | 20     | 13,5   | 42,8   | 15,5   | n      | 8,4      |
| Na mg/L                | 1,3    | 1      | 2      | 1      | 1,4    | 1,5    | 1,4    | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L                | 4,8    | 4,3    | 2      | 2,3    | 3,7    | 5      | 4,03   | n      | 2,35     |
| Mg mg/L                | 1,9    | 2,1    | 6,2    | 1,2    | 0,9    | 1,4    | 0,71   | n      | 0,27     |
| K mg/L                 | 0,6    | 0,6    | 1,1    | 1,3    | 1,4    | 1,7    | 0,9    | n      | 0,65     |
| Si mg/L                | n      | n      | n      | 4,8    | 6,9    | 3,9    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L   | n      | n      | n      | 0,63   | n      |        | 0,9    | 250    | n        |
| CL mg/L                | 2,6    | 3,7    | 5      | 5,6    | 5,1    | 3,8    | n      | 250    | 3        |
| <b>zrío Aguaray mi</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |          |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

**Análisis de metales pesados  
Río Araguay Guazu**

| Agua ( ug / L )     |         |         |         |
|---------------------|---------|---------|---------|
|                     | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| <b>Mn</b>           | 12      | 9,35    | 20,83   |
| <b>Hg</b>           | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>           | ND      | 0,95    | 0,76    |
| <b>Cd</b>           | 0,05    | 0,02    | 0,12    |
| <b>Zn</b>           | 1,83    | 5,49    | 1,82    |
| <b>Cr</b>           | ND      | 0,18    | 0,13    |
| <b>Cu</b>           | 0,22    | 2,67    | 1,26    |
| Sedimento (mg/Kg)   |         |         |         |
| <b>Mn</b>           | .....   | 0,72    | 5,88    |
| <b>Hg ( µg/Kg )</b> | .....   | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>           | .....   | 2,07    | ND      |
| <b>Cd</b>           | .....   | ND      | 0,08    |
| <b>Zn</b>           | .....   | 0,07    | 0,41    |
| <b>Cr</b>           | .....   | 0,33    | 0,53    |
| <b>Cu</b>           | .....   | 0,03    | ND      |

**Resultados de análisis de agua del río Araguay mi**

| Periodo de Colecta       | mar.04 | jun.04 | 0ct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patón | Referen. |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------|
| Tem.agua oC              | n      | n      | n      | n      | 21     | 26     | 26     | n     | n        |
| Cond. Us/cm              | n      | n      | n      | n      | 30     | 20     | 20     | n     | 13       |
| Turbiez NTU              | n      | n      | n      | n      | 30     | 30     | 20     | 100   | 10       |
| ph                       | n      | n      | n      | n      | 7,2    | 6,2    | 6,2    | 6 a 9 | 5,9      |
| OD mgO <sub>2</sub> /L   | n      | n      | n      | n      | 8,6    | 6,8    | 7,6    | > 5   | 8,9      |
| ST mg/L                  | n      | n      | n      | n      | 50     | 84     | 80     | n     | 33       |
| SD mg/L                  | n      | n      | n      | n      | 64     | 52     | 53     | n     | 30       |
| SV mg/L                  | n      | n      | n      | n      | 4,2    | 7      | 7,8    | n     | 0        |
| SS mg/L                  | n      | n      | n      | n      | 10,5   | 20,8   | 27     | n     | 2,2      |
| Alcalin. T mg/L          | n      | n      | n      | n      | 10,5   | 11,9   | 9,21   | n     | 7,3      |
| Coli.fecal UFC/100cc     | n      | n      | n      | n      | 120    | 225    | 805    | 250   | 310      |
| PT mgP/L                 | n      | n      | n      | n      | 0,022  | 0,04   | 0,06   | 0,025 | 0,03     |
| Orto P mgP/L             | n      | n      | n      | n      | 0,016  | 0,004  | 0      | n     | 0,02     |
| NH <sub>4</sub> mgN/L    | n      | n      | n      | n      | 0,01   | 0,001  | 0,05   | n     | 0,01     |
| NO <sub>3</sub> mgN/L    | n      | n      | n      | n      | 0,16   | 0,08   | 0,1    | 10    | 0,33     |
| Fe <sub>3</sub> mg/L     | n      | n      | n      | n      | 0,3    | 1,39   | 1,13   | n     | 0,67     |
| Fe <sub>2</sub> mg/L     | n      | n      | n      | n      | n      | 0,013  | 0,04   | 0,3   | 0,12     |
| DQO mgO <sub>2</sub> /L  | n      | n      | n      | n      | 16,4   | 28,2   | 20,2   | n     | 8,4      |
| Na mgNa/L                | n      | n      | n      | n      | 1,4    | 1,8    | 1,8    | 200   | 0,82     |
| Ca mgCa/L                | n      | n      | n      | n      | 3,2    | 3,2    | 2,7    | n     | 2,35     |
| Mg mgMg/L                | n      | n      | n      | n      | 0,4    | 1      | 0,5    | n     | 0,27     |
| K mgK/L                  | n      | n      | n      | n      | 1,8    |        | 1      | n     | 0,65     |
| Si mgSiO <sub>2</sub> /L | n      | n      | n      | n      | 9,4    | 5,3    | n      | n     | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L     | n      | n      | n      | n      | 5,6    | 0,4    | 0,69   | 250   | n        |
| CL mgCl/L                | n      | n      | n      | n      | n      | 4,8    | n      | 250   | 3        |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

**Análisis de metales pesados.  
Río Araguay mi**

|                   | Agua ( ug / L ) |         |         |
|-------------------|-----------------|---------|---------|
|                   | ago. 05         | nov. 05 | feb. 06 |
| <b>Mn</b>         | 7,12            | 9,46    | 12,01   |
| <b>Hg</b>         | ND              | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>         | ND              | 1,34    | 1,11    |
| <b>Cd</b>         | 0,05            | 0,03    | 0,12    |
| <b>Zn</b>         | 1,71            | 12,48   | 2,11    |
| <b>Cr</b>         | ND              | 0,33    | 0,09    |
| <b>Cu</b>         | 0,18            | 1,9     | 0,77    |
| Sedimento (mg/Kg) |                 |         |         |
| <b>Mn</b>         | 0,25            | 0,22    | 0,05    |
| <b>Hg (µg/Kg)</b> | ND              | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>         | ND              | 0,22    | ND      |
| <b>Cd</b>         | ND              | ND      | 0,016   |
| <b>Zn</b>         | 0,16            | 0,13    | 0,08    |
| <b>Cr</b>         | 0,08            | 0,78    | ND      |
| <b>Cu</b>         | 0,05            | ND      | 0,05    |

**Identificación de fitoplancton  
( cél / mL )**

|              | rio Jejuí arriba |         |         | rio Jejuí abajo |         |         |
|--------------|------------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|
| Fitoplancton | ago. 05          | nov. 05 | feb. 06 | ago. 05         | Nov. 05 | feb. 06 |
| Cyanoph.     | 0                | 280     | 160     | 400             | 600     | 1360    |
| Chrisoph.    | 260              | 180     | 280     | 0               | 0       | 400     |
| Bacillarioph | 1640             | 440     | 1760    | 2260            | 1020    | 1200    |
| Criptoph.    | 140              | 260     | 300     | 180             | 500     | 360     |
| Dianoph.     | 0                | 0       | 0       | 0               | 20      | 20      |
| Chloroph.    | 5080             | 180     | 3280    | 1700            | 840     | 3200    |
| Zygnemaph.   | 60               | 340     | 0       | 20              | 700     | 40      |
| Euglenoph.   | 40               | 0       | 200     | 20              | 40      | 60      |
| Total        | 7220             | 1680    | 5980    | 4580            | 3720    | 6640    |

**2.3.2.6. Cuenca hidrográfica del Río Manduvirá**

Esta cuenca posee un área de cerca de 1.119.000 ha, siendo que 33% esta siendo ocupada por actividad de ganadería y una área significativa , que corresponde a más 20 % de la área total de la cuenca o sea , cerca de 330 000 ha, para actividades agrícolas.

**Area de distribución de ocupación**

| Cuenca           | Cultivo mecanizado | Ganadería | Bosque  | Agua | minifundias | Inundable | Ciudad | Total            |
|------------------|--------------------|-----------|---------|------|-------------|-----------|--------|------------------|
| <b>Manduvira</b> | 4.959              | 369.711   | 117.992 | 0    | 323.219     | 304.987   | 7,195  | <b>1,118,809</b> |

Cuentan con una población de 314.279 habitantes, distribuidas por 24 municipios, de las cuales 30 % residen en área urbana.

**Distribución de población**

| Sub-cuenca | Urbana | Rural   | total   | No Distrito |
|------------|--------|---------|---------|-------------|
| Manduvira  | 94.260 | 220.450 | 314.279 | 24          |

## **Cargas poluidoras**

### **Cargas sanitarias**

Las cargas potenciales estimadas con base de esta población urbana se indican en la siguiente tabla.

| <b>Sub-cuenca</b>     | <b>DBO</b> | <b>NT</b> | <b>PT</b> | <b>ST</b> | <b>CF X10</b> |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
| <b>Manduvira kg/d</b> | 3.770      | 565,6     | 75,4      | 5.656     | 9x13          |

### **Cargas industriales**

Se encuentran 9 industrias de la categoría de destilería para la producción de caña en el región de Piribebuy.

|                       | <b>DBO</b>   | <b>N</b>     | <b>P</b>    | <b>ST</b>    |
|-----------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| <b>Carg.potencial</b> | <b>7.358</b> | <b>262,8</b> | <b>51,4</b> | <b>4.066</b> |
| <b>Carg.renamente</b> | <b>747</b>   | <b>25,8</b>  | <b>4,9</b>  | <b>412</b>   |

### **Cargas difusas**

Las cargas difusas estimadas, a su vez, presentan absoluta dominancia de contribución de cargas en esta sub-cuenca, como se indica en la tabla a continuación.

| <b>Sub-uenca</b>      | <b>DBO</b> | <b>NT</b> | <b>PT</b> | <b>ST</b> |
|-----------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Manduvira kg/d</b> | 16.142     | 8.161     | 2.421     | 267.735   |

## **Calidad de agua**

La calidad del agua del río Manduvira obtenida en el punto ubicado casi en su desembocadura al río Paraguay se presenta ligeramente ácida y elevada concentración de sólidos que varía de 86 a 206 mg/L, lo que sugiere la influencia de erosión originaria de la ocupación del suelo. Tales valores son casi de 2 a 7 veces mayores comparativamente con la referencia

La conductividad presentó un valor superior a 250 us/cm en el mes de marzo /04 y 120 us/cm. en agosto/05, aunque el valor de turbiedad siempre fue inferior al patrón ( 100NTU)

El nivel de la contaminación por coliformes fue siempre inferior al patrón. Por otro lado, las concentraciones de fósforo son superiores al patrón, indicando los efectos de actividades agrícolas y cargas sanitarias.

Los valores de DQO variaron en un rango de 39 a 59 mg/L, lo que pueden ser considerados ya significativos en término de la presencia de sustancias oxidables químicamente en el agua, correspondiendo de 4 a 6 veces superiores del valor de referencia.

Todos los metales pesados tanto en agua como en sedimentos se presentaron compatibles con lo establecido.

Ningún tipo de agro tóxico analizado fueron detectado.

## Resultados de análisis de agua del río Manduvira

| Periodo de Colecta       | Río Manduvirá |        |        |        |        |        |        | Patrón | Referen. |
|--------------------------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
|                          | mar.04        | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 |        |          |
| Tem.agua oC              | 28,8          | 20,9   | 23,9   | 23,5   | 16     | 23     | 30     | n      | 209      |
| Cond. Us/cm              | 256           | 43     | 7,3    | 63     | 120    | 30     | 80     | n      | 13       |
| Turbidez NTU             | 50            | 30     | 20     | 20     | 20     | 30     | 15     | 100    | 10       |
| ph                       | 6,9           | 6,6    | 6,8    | 6,1    | 7,3    | 5,8    | 6,7    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mgO <sub>2</sub> /L   | 7             | 6,6    | 6,9    | 5,2    | 7,8    | 4,1    | 5,3    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L                  | 206           | 86     | 130    | 124    | 128    | 92     | 146    | n      | 33       |
| SD mg/L                  | 190           | 66     | 80     | 88     | 94     | 77,5   | 119    | n      | 30       |
| SV mg/L                  | 8,5           | 7,4    | 11     | 5,6    | 6      | 6      | 9      | n      | 0        |
| SS mg/L                  | 16            | 20     | 50     | 16,8   | 11,5   | 14,5   | 27,3   | n      | 2,2      |
| Alcalin. T mg/L          | 21,4          | 16,7   | 20,7   | 27,7   | 27,7   | 20     | 21,7   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC/100ml     | 15            | 84     | 64     | 56     | 24     | n      | 16     | 250    | 310      |
| PT mgP/L                 | 0,11          | 0,05   | 0,11   | 0,03   | 0,012  | 0,05   | 0,05   | 0,025  | 0,03     |
| Orto P mgP/L             | 0             | 0,01   | 0,01   | 0,02   | 0,004  | 0      | 0,02   | n      | 0,02     |
| NH <sub>4</sub> mgN/L    | 0,08          | 0,06   | 0,04   | 0,02   | 0,04   | 0,04   | 0,1    | n      | 0,01     |
| NO <sub>3</sub> mgN/L    | 0,11          | 0,13   | 0,19   | 0,01   | 0,2    | 0,18   | n      | 10     | 0,33     |
| Fe <sub>3</sub> mg/L     | 2,3           | 0,54   | 3,4    | 3      | 1,5    | n      | 2,7    | n      | 0,67     |
| Fe <sub>2</sub> mg/L     | 0,07          | 0,1    | 0,1    | 0,1    | 0,1    | n      | 0,22   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mgO <sub>2</sub> /L  | 42,5          | 38,9   | 39,3   | 39,7   | 53,4   | 47     | 58,5   | n      | 8,4      |
| Na mgNa/L                | 330           | 1,9    | 8,9    | n      | 1,1    | 1,7    | 7      | 200    | 0,82     |
| Ca mgCa/L                | 14,8          | 4,03   | 4,3    | 4,5    | 7,2    | n      | 7,7    | n      | 2,35     |
| Mg mgMg/L                | 1,97          | 1,92   | 2,3    | 3,1    | 3,5    | n      | 1,86   | n      | 0,27     |
| K mgK/L                  | 1,4           | 0,5    | 2,5    | n      | 1,9    | 2      | 2,9    | n      | 0,65     |
| Si mgSiO <sub>2</sub> /L | n             | n      | n      | 4,4    | 4,7    | 2,6    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L     | n             | n      | n      | 2,2    | n      | n      | 4,3    | 250    | n        |
| CL mgCl/L                | 56,7          | 5,6    | 8,1    | 9,1    | 19,2   | 9      | n      | 250    | 3        |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados río Manduvira

| Agua ( µg/L )     |         |         |         |
|-------------------|---------|---------|---------|
|                   | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| <b>Mn</b>         | 31,66   | 15,25   | 40,11   |
| <b>Hg</b>         | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>         | 0,21    | 0,91    | 1,37    |
| <b>Cd</b>         | 0,05    | 0,06    | 0,07    |
| <b>Zn</b>         | 2,18    | 13,68   | 1,39    |
| <b>Cr</b>         | 0,01    | 0,1     | 0,05    |
| <b>Cu</b>         | 2,54    | 1,38    | 1,33    |
| Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| <b>Mn</b>         | 2,14    | 3,18    | 2,98    |
| <b>Hg (µg/Kg)</b> | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>         | ND      | 2,35    | ND      |
| <b>Cd</b>         | ND      | ND      | 0,03    |
| <b>Zn</b>         | 0,17    | 0,05    | 0,98    |
| <b>Cr</b>         | ND      | 1,96    | 0,36    |
| <b>Cu</b>         | 0,06    | 0,23    | 0,02    |

### Identificación de fitoplancton ( cél. / mL )

| Fitoplancton  | ago.05 | nov.05 | fe b.06 |
|---------------|--------|--------|---------|
| Cyanoph.      | 0      | 120    | 940     |
| Chrisoph.     | 0      | 0      | 0       |
| Bacillarioph. | 1480   | 480    | 1280    |
| Criptoph.     | 180    | 500    | 160     |
| Dianoph.      | 20     | 0      | 0       |
| Chloroph.     | 880    | 1440   | 4120    |
| Zygnemaph.    | 0      | 20     | 60      |
| Euglenoph.    | 80     | 80     | 1160    |
| Total         | 2640   | 2640   | 7720    |

En función de las características del agua con señales de contaminación, se nota la presencia de algas cianobacterias que son la fuente indicadora de eutrofización. Al mismo tiempo, fue registrado el desarrollo significativo de Chrolophyceae, compuesta de organismos del orden Chlorococales, sugiriendo la riqueza de nutrientes en ambiente acuático.

#### 2.2.2.7. Sub-cuenca hidrográfica de Región Metropolitana de Asunción (R.M.Asunción)

Esta sub- cuenca hidrográfica abarca prácticamente todo el Departamento Central , inclusive de la cuneca Ypacarai , donde representa la región más populoso del Paraguay .

El área total de esta cuenca se mide cerca de 720,000 ha , de las cuales 42% pertenecen al área inundable, 29%, ganadería , 18 % de área de cultivo ocupado, en grande parte, por minifundarios.

#### Área de ocupación de suelo

| Cuenca       | Cultivos mecaniz. | Ganaderia | Bosque | Aguas | minifundias | Inundable | Ciudad | Total   |
|--------------|-------------------|-----------|--------|-------|-------------|-----------|--------|---------|
| R.M.Asunción | 47                | 206.292   | 18.153 | 5,761 | 127,557     | 304.987   | 56,933 | 719,730 |

Existen 32 municipios con una población total de 2,109,531 habitantes, según censo del 2002 , de la cual el 84 % residen en áreas urbanas. Es importante mencionar que el área urbana corresponde cerca de 0, 8% de todas las áreas de esta cuenca.

#### Distribución de población

| Sub-cuenca | Pop. Urbana | Pop.rural | Pop.total | No Distrito |
|------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| Paraguari  | 1.781.471   | 328.060   | 2.109.531 | 34          |

#### Cargas poluidoras

##### Cargas sanitarias

Las cargas urbanas potenciales se estiman, como se relaciona en tabla abajo, más de 71 ton. de DBO , cerca de 11 ton. de nitrógeno y 1,4 ton de fósforo y 107 ton. de ST por día , además la contribución de bacterias fecales que alcanza su contribución en orden de  $10^{15}$  · UFC., cuyas cantidades son suficientes para causar una serie de contaminaciones deletéreas en recursos hídricos, de punto de vista de salud ambiental.

Tanto de los arroyos ubicados en el lago de Ypacarai bien como los varios arroyos que atraviesan en área urbana de la Región Metropolitana de Asunción presentan el apreciable grado de polución.

| Sub-cuenca        | BDO    | NT     | PT    | ST      | CF X10 <sup>9</sup> |
|-------------------|--------|--------|-------|---------|---------------------|
| R.M.Asunción kg/d | 71.259 | 10.689 | 1.425 | 106.894 | 2x15                |

### Cargas industriales

Con relación a las fuentes industriales, se resumen en tabla a continuo las cargas potenciales y remanentes levantadas en esta cuenca. Los detalles de esto levantamiento ya fueran presentados en ítem anterior.

Cargas potenciales y remanentes en cuenca de R.M.Asunción

#### Cargas industriales

|             | DBO    | DQO     | N     | P     | ST     |
|-------------|--------|---------|-------|-------|--------|
| C.Potencial | 60.195 | 107.938 | 2.709 | 2.521 | 76.459 |
| C.Remanente | 18.773 | 37.265  | 2.159 | 1.999 | 30.170 |

En término de cargas potenciales, las cargas generadas por esta fuente son comparables con las cargas cloacales, siendo, sin embargo, que las cargas remanentes industriales corresponden cerca apenas de 25 % de sus cargas potenciales. Al menos de 10% de este carga total son provenientes de la cuenca del Ypacarai.

### Cargas difusas

Las cargas difusas estimadas en este cuenca presentan bien menor, comparativamente con la de las cargas sanitarias, a no ser la carga de sólidos totales.

### Cargas provenientes

| Cuenca         | DBO   | NT    | PT  | ST      |
|----------------|-------|-------|-----|---------|
| Paraguari kg/d | 6.293 | 3.182 | 944 | 104.880 |

### Calidad de agua

Con el objeto de conocer más detalladamente la influencia de cargas poluidoras generadas en la Región Metropolitana de Asunción para la calidad de agua del río Paraguay, fue realizado, en el período del 1 al 10 de junio de 2006, una campaña intensiva de colecta de muestra en el trecho marginado por el perímetro urbano de Asunción, se tomando en consideración los emisarios de cloacas y los 4 arroyos que atraviesan este Región Metropolitana.

Fueran establecidos 8 secciones de investigación a largo de aproximadamente 30 Km de extensión del río Paraguay, incluyendo la Bahía de Asunción y Cateura , distribuyendo 3 puntos en la mayoría de las secciones, como se indican en el mapa digital a continuación.

De la misma forma, fueron colectadas muestras en 7 puntos establecidos en 4 arroyos que recorren el área urbana de Asunción. Además, fue realizado la verificación de calidad de agua de río Salado, en vista de la importancia de posible influencia en la calidad de agua del lago Ypacarai para el río Paraguay.

Los resultados de análisis están indicados en la tabla abajo.

### Resultados de análisis de agua del río Paraguay en R.M.Asunción

**Resultado de análisis de calidad de agua de río Paraguay  
En el trecho frente al ciudad de Asunción  
( período 05 – 06 / 06 / 2006)**

| Sección              | 1         |        |         | 2         |        |         | 3         |        |         |
|----------------------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|
|                      | Isquierdo | Centro | Direcho | Isquierdo | Centro | Direcho | Isquierdo | Centro | Direcho |
| Tem.agua oC          | 22        | 22     | 22      | 22.2      | 22     | 22      | 22        | 22     | 22      |
| Cond. Us/cm          | 70        | 63     | 70      | 75        | 70     | 70      | 70        | 70     | 70      |
| Turbidez NTU         | 0         | 5      | 5       | 5         | 5      | 5       | 5         | 5      | 5       |
| Ph                   | 6.8       | 6.8    | 6.8     | 6.9       | 6.9    | 7       | 6.9       | 6.9    | 6.9     |
| OD mg/L              | 6.2       | 6.8    | 6.8     | 6.1       | 6.9    | 6.8     | 6.6       | 6.9    | 6.9     |
| ST mg/L              | 86        | 104    | 90      | 94        | 98     | 92      | 94        | 94     | 98      |
| SD mg/L              | 74.2      | 86.6   | 76      | 84        |        | 79.4    | 82.3      | 76.6   | 81.4    |
| SV mg/L              | 4.6       | 5.2    | 5       | 5         | 4.8    | 4.6     | 5         | 5.2    | 5.2     |
| SS mg/L              | 11.8      | 17.4   | 14      | 9.4       | 13.2   | 12.6    | 11.2      | 17.4   | 16.6    |
| DQO mg/L             | 33.7      | 31.7   | 31.7    | 39.7      | 30.7   | 31.7    | 31.7      | 31.7   | 32.7    |
| PT mg/L              | 0.06      | 0.08   | 0.06    | 0.1       | 0.07   | 0.04    | 0.07      | 0.08   | 0.08    |
| ort.P mg/L           | 0.04      | 0.05   | 0.04    | 0.07      | 0.04   | 0.05    | 0.03      | 0.05   | 0.04    |
| NT mg/L              | 0.77      | 0.97   | 0.86    | 1.34      | 0.75   | 0.97    | 1.12      | 0.88   | 1.39    |
| NH4 mg/L             | 0.02      | 0.02   | 0.01    | 0.03      | 0.01   | 0.01    | 0.05      | 0      | 0       |
| NO3 mg/L             | 0.14      | 0.14   | 0.14    | 0.11      | 0.13   | 0.15    | 0.16      | 0.17   | 0.18    |
| Coli.fecal UFC/100ml | 200       | 100    | 100     | 18 000    | 50     | 100     | 7 200     | 100    | 200     |

| Sección              | Bahia Asunción |        |      | 4        | 5         |        |         | 6         |        |         |
|----------------------|----------------|--------|------|----------|-----------|--------|---------|-----------|--------|---------|
|                      | Playa sol      | Puerto | boca | Ita Pyta | Isquierdo | Centro | Direcho | Isquierdo | Centro | Direcho |
| Tem.agua oC          | 20             | 21     | 21   | 22.7     | 22.5      | 22.5   | 22.5    | 22.5      | 22.5   | 22.5    |
| Cond. Us/cm          | 55             | 55     | 55   | 70       | 20        | 70     | 70      | 71        | 70     | 70      |
| Turbidez NTU         | 5              | 5      | 5    |          | 5         | 5      | 5       | 5         | 5      | 5       |
| Ph                   | 6.9            | 7      | 6.9  | 6.8      | 6.7       | 6.8    | 6.9     | 6.9       | 6.8    | 6.9     |
| OD mg/L              | 5.8            | 6.4    | 6.5  | 6.6      | 6.4       | 6.7    | 6.7     | 6.3       | 6.7    | 6.8     |
| ST mg/L              | 122            | 120    | 98   | 97       | 109       | 110    | 104     | 108       | 105    | 107     |
| SD mg/L              | 117.8          | 116    | 87.4 | 83.8     | 91.6      | 96.8   | 88      | 94.8      | 88.2   | 88.6    |
| SV mg/L              | 4.2            | 4      | 5.2  | 5        | 5.6       | 4.6    | 5.2     | 5.4       | 5.2    | 5.2     |
| SS mg/L              | 4.2            | 4      | 10.6 | 13.2     | 17.4      | 13.2   | 16      | 13.2      | 16.8   | 18.4    |
| DQO mg/L             | 32.7           | 32.7   | 32.7 | 32.7     | 31.7      | 31.7   | 31.7    | 30.7      | 30.7   | 31.7    |
| DBO mg/L             |                |        |      | 2.1      | 1.3       | 1.2    | 0.8     | 1.5       | 1.3    | 1.4     |
| PT mg/L              | 0.16           | 0.15   | 0.1  | 0.08     | 0.08      | 0.09   | 0.1     | 0.08      | 0.08   | 0.08    |
| ort.P mg/L           | 0.14           | 0.12   | 0.08 | 0.06     | 0.05      | 0.07   | 0.06    | 0.07      | 0.05   | 0.06    |
| NT mg/L              | 2.31           | 2.06   | 1.55 | 1.17     | 1.35      | 1.09   | 1.31    | 1.05      | 1.03   | 0.94    |
| NH4 mg/L             | 0.02           | 0.02   | 0.01 | 0.04     | 0.07      | 0.02   | 0.01    | 0.07      | 0.02   | 0.01    |
| NO3 mg/L             | 0.65           | 0.57   | 0.27 | 0.22     | 0.17      | 0.3    | 0.11    | 0.17      | 0.3    | 0.11    |
| Coli.fecal UFC/100ml | 5800           | 3900   | 5500 | 980      | 2750      | 400    | 300     | 2750      | 400    | 300     |

| Sección            | Cateura | 7        | 8        |
|--------------------|---------|----------|----------|
| Punto              |         | Enramada | PtePabla |
| Tem.agua oC        | 21.3    | 22.7     | 22.3     |
| Cond. Us/cm        | 180     | 70       | 70       |
| Turbidez NTU       |         |          |          |
| Ph                 | 6.7     | 6.8      | 6.9      |
| OD mg/L            | 2.3     | 6.8      | 7        |
| ST mg/L            | 129     | 98       | 93       |
| SD mg/L            | 122     | 83.2     | 79.5     |
| SV mg/L            | 5.2     | 5        | 3.8      |
| SS mg/L            | 6.4     | 14.8     | 13.5     |
| DQO mg/L           | 29.8    | 29.8     | 31.4     |
| DBO mg/L           | 4.8     | 1.6      | 1.3      |
| PT mg/L            | 0.14    | 0.07     | 0.09     |
| ort.P mg/L         | 0.1     | 0.05     | 0.05     |
| NT mg/L            | 1.89    | 1.12     | 0.72     |
| NH4 mg/L           | 0.24    | 0.01     | 0.04     |
| NO3 mg/L           | 0.32    | 0.2      | 0.07     |
| Coli.fecaUFC/100ml | 430     | 200      | 1940     |

| Punto            | Arroyo Ytay |        | Arroyo Buricaó |           | Arroyo  | Arroyo  | Río  | Salado |
|------------------|-------------|--------|----------------|-----------|---------|---------|------|--------|
|                  | aerop.      | Ruta 3 | T.Nueva        | B.Buricaó | Lambaré | Mbocay. | boca | abajo  |
| Tem.agua oC      | 21.4        | 22     | n              | 23.6      | 23.6    | 24.3    | 23   | 22     |
| Cond. Us/cm      | 460         | 470    | 799            | 336       | 490     | 285     | 160  | 380    |
| Turbidez NTU     |             |        |                |           |         |         |      |        |
| Ph               | 7.3         | 7.2    | 7              | 7         | 7.5     | 7.3     | 6.7  | 6.5    |
| OD mg/L          | 3.9         | 2.8    |                |           | 7.6     | 4.9     | 7.5  | 2.2    |
| ST mg/L          | 287         | 287    | 942            | 286       | 363     | 258     | 323  | 283    |
| SD mg/L          | 278         | 272    | 518            | 276       | 340     | 223     | 227  | 268    |
| SV mg/L          | 8           | 7.4    | 258            |           | 6.2     | 25      | 26.6 | 6.8    |
| SS mg/L          | 8.2         | 7.4    | 265            | 10        | 8.8     | 36      | 96   | 16     |
| DQO mg/L         | 51.9        | 51.9   | 165            | 17.6      | 36.3    | 39.2    | 41.2 | 37.2   |
| DBO mg/L         | 6           | 22     | 100            | 1.4       | 12      | 18      | 1.4  | 22     |
| PT mg/L          | 1.66        | 1.85   | 8.9            | 0.12      | 0.67    | 0.28    | 0.27 | 0.15   |
| ort.P mg/L       | 1.57        | 1.71   | 5.4            | 0.1       | 0.51    | 0.13    | 0.15 | 0.07   |
| NT mg/L          | 11.8        | 10.17  | 24.9           | 0.78      | 8.46    | 3.1     | 1.39 | 0.81   |
| NH4 mg/L         | 8           | 10.1   | 13.6           | 0.1       | 2.74    | 0.22    | 0.01 | 0.15   |
| NO3 mg/L         | 0.08        | 0.06   | 0.25           | 0.06      | 3.66    | 1.28    | 0.36 | 0.09   |
| Coli.f.UFC/100ml | 137000      | 580000 | 4600000        | 44000     | 1170000 | 73000   | 410  | 1555   |

Se pueden observar algunas alteraciones de la calidad de agua en margen izquierda del río Paraguay, en la sección 2 bien como la sección 3, donde ocurren un ligero aumento de sustancias contaminantes, tales como, conductividad, fósforo, nitrógeno total, sólidos y especialmente de coliformes fecales, acompañado de pequeña depresión de oxígeno disuelto. Tales alteraciones no se verifican en los puntos establecidos medio del río y derecha del río en misma sección de investigación.

Esta alteración puede ser atribuida para la entrada de agua del arroyo Mburicaó y de los emisarios de cloaca sanitaria de la ESSAP, ubicados en la región cercana del arroyo mencionada, lo que transporta aproximadamente 50 % de la población de la ciudad. Conforme a los resultados obtenidos en 3 puntos establecidos en Bahía de Asunción, se muestra elevada concentración de PT, NT y especialmente de coliformes fecales, confirmando la contaminación en toda extensión de esta bahía ( vide la figura seguida de tabla ).

En sección 4 y 5 que están ubicadas en frente de lo barrio de San Antonio y su trecho abajo en río Paraguay, se presentan ligero aumento de NT, especialmente de nitrógeno amoniacal y coliformes en la margen izquierda, provocado por lanzamientos de cloacas provenientes de emisarios existentes en esta región.

La Bahía de Cateura, se encuentra, actualmente, su grande parte cubierta con Agua Pé (Eichornia Crassipe), presenta una señal de contaminación con ligero crecimiento de En puntos establecidos en el río Paraguay abajo de Cateura, o sea frente al barrio de Ita Enramada y Puerto Pabla, respectivamente del municipio de Lambaré, no se observan ninguna señal especial de efectos de contaminación, manteniendo la calidad del agua propia de este río, a no ser que fueran detectados ligero aumento de densidad de colimetría en el ultimo punto de colecta referido, debido probablemente a las actividades de puerto.

Todos los arroyos investigados, como, A.Ytay, A, Mburicaó, A. Lambaré y A. Mbocayaty, muestran alto nivel de polución, presentando elevado valor de conductividad, N, P, Sólidos y contaminación bacteriana, excepto en un punto ubicado en el trecho arriba de A. Mburicaó, reflejado la descarga de las cloacas sanitarias y del efluente industrial. Vale resaltar que fueron determinadas las concentraciones de  $\text{NH}_4$  de 10.17 y 24.9 mg/l, en los puntos de Ao.Ytay y Ao Mburicaó, respectivamente, las que corresponden al nivel de cloaca sanitaria bruta.

Debe registrar, también, que el lanzamiento de efluentes de frigoríficos a lo largo de Ao. Mburicaó constituye sin duda, las mas importantes fuentes de contaminación para el agua de este arroyo. La densidad de coliformes encontrados en el punto de Tablada Nueva en este arroyo llega un nivel equivalente a la cloaca pura, o sea,  $5 \times 10^6$  UFC / 100ML.

Con relación al río Salado, donde fueron colectados las muestras en dos puntos (uno en la proximidad de la boca de salida del lago y otro en la región más abajo), donde se obtiene, prácticamente, la misma calidad que la del lago Ypacarai, presentando alta concentración de nutrientes y sólidos y bajas densidad en coliformes. Estas características alteran, sin embargo, en el trecho debajo de este río donde se verifica aumento del nivel de contaminación de coliformes, DBO y valor de conductividad y reducción brusca de oxígeno disuelto. Esto fenómeno sugiere las influencias de descarga de poluyentes originarios de la región alrededor de este punto.

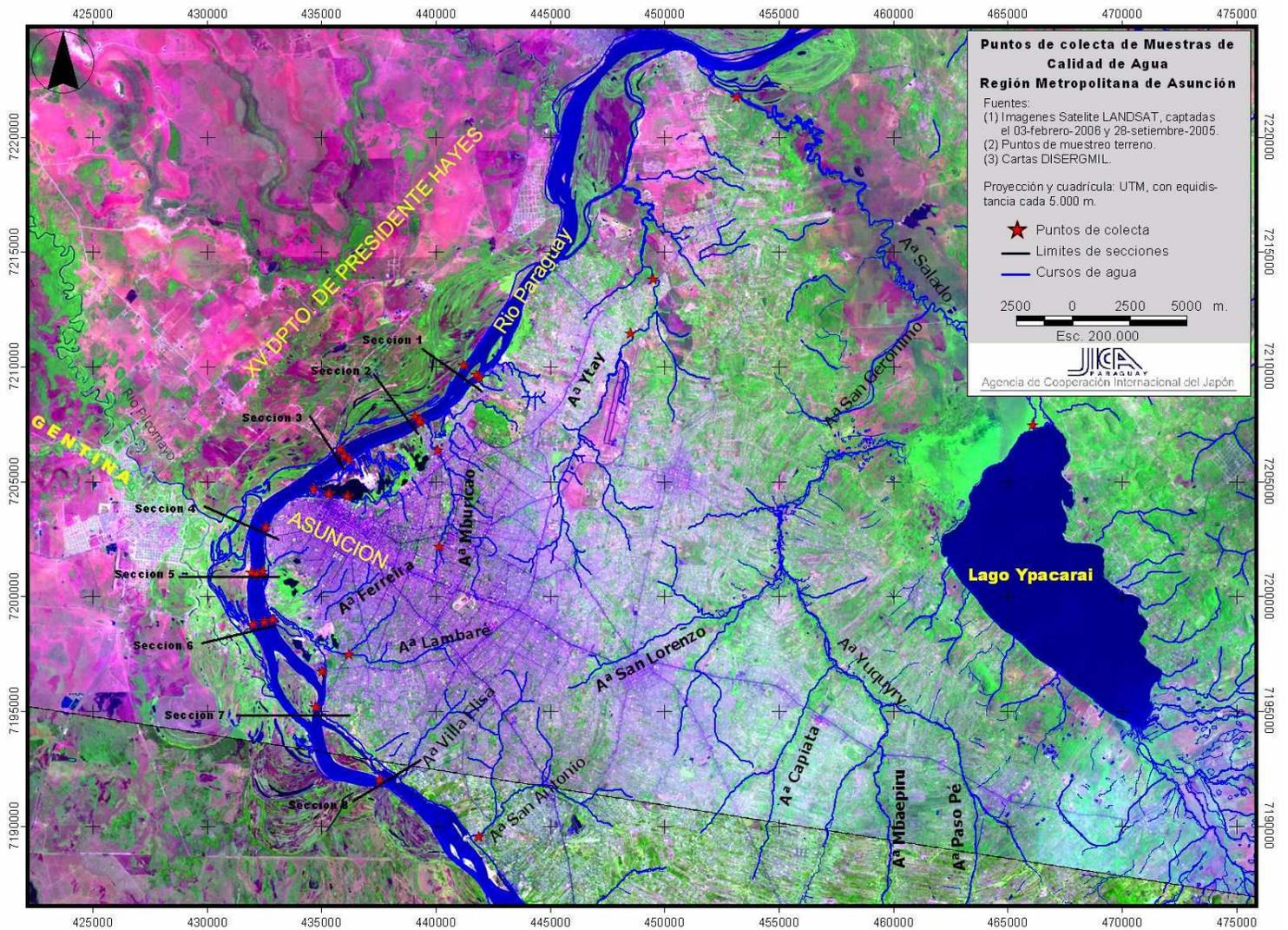
Con relación a investigación de fitoplancton, puede ser resumir que el grupo de las bacillariophyceae fue el que presentó mayor riqueza de especies en las secciones 1, 2, 4,5 y 6, seguida del grupo de las chlorophyceae. De estas secciones, apenas en la sección 6 ocurrió cianobacterias de la especie Anabaena sp. con densidad de 450cél/mL.

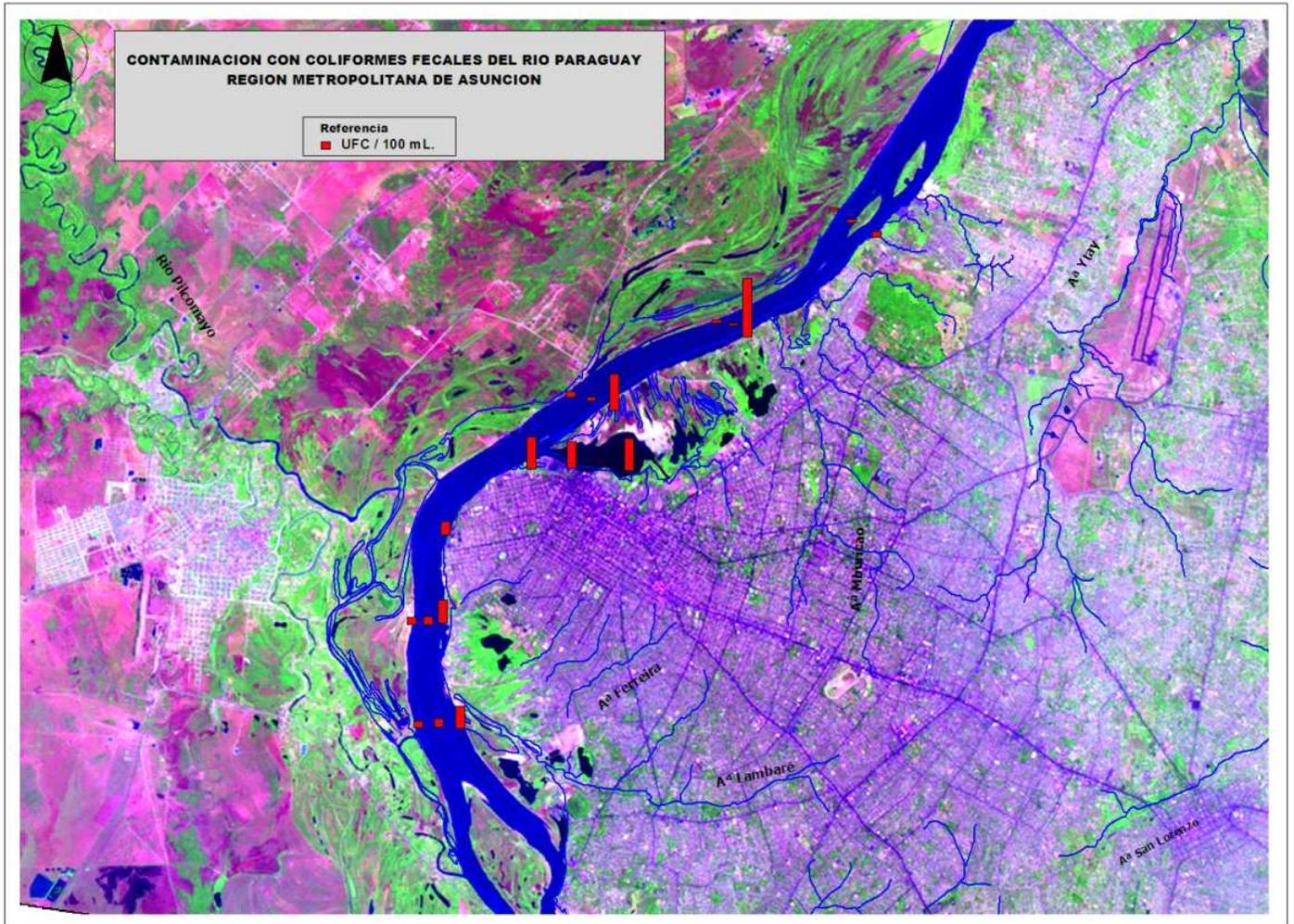
En Cateura, se observó la mayor densidad total de fitoplancton ( 5310 cél/ mL) , siendo la clase cianobacteria la más abundante con densidad de 1 740 cél /mL o sea , 44% de la densidad total del fitoplancton.

En la playa del Sol, Puerto y Boca de Bahia, las cianobacterias están presentes pero con densidad baja, o sea, inferior a 270 cél / mL.

Aunque la R.M. Asunción contribuí una suma bastante significativo , especialmente de cargas provenientes de fuentes puntuales , o sea , de cloaca sanitaria y industrial , parece no estar causando los efectos inmediatos para la producción de comunidades fitoplanctonica

del río Paraguay en el trecho correspondiente a esta región , debido a falta de ambiente lentic en esta región.





### 2.3.2.8. Cuenca hidrográfica de Tebicuary

Esta cuenca retiene el mayor área dentro de la cuenca oriental en estudio.

Como en caso de otra cuenca, a pesar de que la ocupación del suelo por la ganadería es mayor en relación a otros usos, el área utilizada por pequeños agricultores ocupa una dimensión muy extensa con más de 500.000 ha correspondiendo cerca del 17 % de área total. El área de cultivos mecanizados se restringe apenas de un poco más de 46.000 ha.

#### Área de ocupación de suelo

| Cuenca    | Cultivo mecaniz. | Ganadería | Bosque  | Aguas | minifundias | Inundable | Ciudad | Total            |
|-----------|------------------|-----------|---------|-------|-------------|-----------|--------|------------------|
| Tebicuary | 46.149           | 1.072.573 | 314.435 | 1.230 | 496.794     | 1.023.118 | 9.213  | <b>2.963.518</b> |

Con relación a la población, se encuentran 42 municipios con una población total de 495.490 habitantes, de las cuales la gran mayoría el 68 % viven en área rural.

#### Distribución de población

| Cuenca hidrográfica | Urbana  | Rural   | Total   | No Distrito |
|---------------------|---------|---------|---------|-------------|
| Tebicuary           | 159.570 | 335.920 | 495.490 | 42          |

### Cargas poluidoras

#### Cargas sanitarias

Las cargas sanitarias decurrentes de la población urbana llegan en un nivel de 6,4 t DBO /d, cuyas cantidades pueden ser consideradas suficientes para causar alteración de la calidad de agua, dependiendo de flujo de cargas y la capacidad asimiladora del río.

| Sub-cuenca     | DBO   | NT  | PT  | ST   | CF X10 <sup>9</sup> |
|----------------|-------|-----|-----|------|---------------------|
| Tebicuary kg/d | 6.383 | 957 | 128 | 9574 | 2x14                |

#### Cargas industriales

Las principales fuentes industriales se localizan en las cuencas de Tebicuary-mi y en la región de Pilar. Se encuentran tres grandes industrias de destilería en primera cuenca citada que se estima la generación de carga bruta cerca de 62 t por día, lo que equivale a la carga populacional de 1.550.000 habitantes. Sin embargo, el proceso de tratamiento constituido por la laguna y la aplicación de viñaza en la agricultura debe contribuir a una sensible reducción de las cargas poluidoras.

En la región de Pilar, existen tres industrias, pero, sus cargas son relativamente limitadas.

#### Cargas industriales en Tebicuary

|                  | DBO    | N     | P   | ST     |
|------------------|--------|-------|-----|--------|
| C.Potencial kg/d | 61.883 | 2.215 | 420 | 34.199 |
| C.Remanente kg/d | 6.188  | 221   | 43  | 3.420  |

#### Cargas industriales en región de Pilar

|                  | DBO   | N  | P   |
|------------------|-------|----|-----|
| C.Potencial kg/d | 1.702 | 46 | 5,3 |
| C.Remanente kg/d | 1.702 | 46 | 5,3 |

## **Cargas difusas**

Las cargas difusas provenientes de áreas agrícolas fueran estimadas bien superior a las cargas sanitarias como se presenta en la tabla abajo.

Tanto de DBO como de PT y NT presenta casi tres veces mayores de que la de cargas sanitarias, obteniendo el flujo muy significativo de sólidos que puede afectar en la calidad de agua de los ríos.

Independientemente a este calculo estimativa, se debe resaltar la presencia de 43 plantadores de arroz húmeda con un área total de cerca de 11 000ha, utilizando agua de 11 a 15m<sup>3</sup>/ s del río Tebicuary.

La permanencia de agua del río introducida en área de cultivo durante algunos meses de cultivo provoca una alteración de ecosistema de lotico pasando para lentico, pudiendo propiciar la proliferación de algas toxicas, tales como cianobacterias.

### **Cargas difusas**

| <b>Cuenca</b>    | <b>DBO</b> | <b>NT</b> | <b>PT</b> | <b>ST</b> |
|------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Tebicuary</b> | 26.775     | 13.536    | 4.016     | 446.254   |

Conforme los datos expuestos, puede se juzgar que las cargas difusas constituyen en mayores fuentes para alteración de la calidad de agua en este cuenca hidrográfica.

## **Calidad de agua**

En esta cuenca, fueron establecidos 5 puntos de investigación, teniendo en vista que abarca una grande dimensión y de variedad de uso del suelo, de los cuales tres puntos fueron iniciados la colecta a partir de junio del 2005.

La calidad de agua de esta cuenca, segundo de los resultados obtenidos, puede ser resumido que el trecho arriba de la confluencia con el río Tebicuary-mi, especialmente en primero punto correspondiente a reservatorio Rafael , presenta bajos valores de turbiedad, DQO, coli. Fecal, etc. no indicando las influencias de las fuentes significativas, aunque se verifica las concentraciones relativamente elevados de sólidos y nutrientes durantelos últimos 3 veces de monitoreo (agosto y noviembre / 05 y febrero /06).

Mientras la calidad de agua obtenida en el punto de Leandro Oviedo , ubicado en recorrido abajo de Res. Rafael, pero arriba de la confluencia con el río Tebicuary-mi , indican bajos valores de turbiedad, sólidos , DQO y coliformes , aunque las concentraciones de P y N son superiores a el patrón en las mayorías de determinaciones.

La calidad de agua del río Tebicuary-mi que es unos de los principales afluentes investigada ,donde se verifica la presencia de las algunas industrias de Azucarera y destilarías bien como las ciudades, se encuentra una tendencia de acrecimos de sólidos y nutrientes como coniformes fecales , que pueden ser relacionados con los efectos de estas fuentes poluidoras puntuales , juntamente con las cargas oriundas de cultivos agrícolas .

En el punto de controle de Villa Florida donde pasa las aguas reunidas , provenientes de río Tebicuary-mi y el río Tebiquary principal , se presenta la calidad de agua con innegable nivel de enriquecimiento, resultando un aumento de población de fitoplancton con la predominancia de Chlorophyceae y Bacillariophyceae , acompañando, inclusive del grupo de cianobacteria . Este facto deba ser interpretada relacionada con la presencia de más de 11 000 ha. de plantación de arroz con el riego que acumulan grande cantidad de agua fertilizada.

Fue obtenido en ese punto la densidad de Coli. fecales bien superior a la del patrón, conforme a la época de coleta , lo que puede indicar la presencia de fuentes contaminantes sanitarias en proximidades de esta región.

El agua analizada en el punto de San Blas, ubicada en próximo a la desembocadura para el río Paraguay, presentó la calidad ligeramente mejor que encuentrazo en Villa Florida , beneficiado por estagnación de agua por el remanso formado en su trayectoria. Vale resaltar que fueron verificados altos valores de turbiedad en varios puntos de colecta realizados en junio / 05, acompañado de elevación de concentración de sólidos, a consecuencia de la precipitación registrada en esa época.

Con relación a los otros parámetros analizados, tales como, Na, Ca, K, Cl, Mg, SO<sub>4</sub> y Fe obtuvieran los valores compatibles con los del patrón y de referencia para uso múltiple, inclusive para el riego.

Ningunos metales pesados tanto en muestras de agua como de sedimentos excederán el limite de patrones preestablecidos en la cuenca del Tebiquary.

Con relación a agrototoxicos, no fueran, también detectados ningunos de tipos analizados, inclusive de glifosato que se usa frecuentemente en el período de plantación de soja y otros para el controle de malezas.

**Resultados de análisis del río Tebicuary en Res. Rafael**

| Periodo de Coleta    | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón | Referen. |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC          | n      | n      | n      | 16,4   | 17,4   | 26,6   | 24     | n      | 209      |
| Cond. Us/cm          | n      | n      | n      | 60     | 80     | 47     | 48     | n      | 13       |
| Turbidez NTU         | n      | n      | n      | 170    | 30     | 93     | 10     | 100    | 10       |
| Ph                   | n      | n      | n      | 6,9    | 6,7    | 7,1    | 6,7    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L              | n      | n      | n      | 8,5    | n      | 6,9    | 6,8    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L              | n      | n      | n      | 100    | 90     | 100    | 124    | n      | 33       |
| SD mg/L              | n      | n      | n      | 72     | 78     | 62     | 108    | n      | 30       |
| SV mg/L              | n      | n      | n      | 7,5    | 3,1    | 6,2    | 5,4    | n      | 0        |
| SS mg/L              | n      | n      | n      | 17,5   | 4      | 21     | 15,2   | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L        | n      | n      | n      | n      | 33     | 30,2   | 18,4   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC       | n      | n      | n      | 275    | 50     | 30     | 68     | 250    | 310      |
| PT mg/L              | n      | n      | n      | 0,08   | 0,032  | 0,1    | 0,08   | 0,025  | 0,03     |
| ort.P. mg/L          | n      | n      | n      | 0,02   | 0,005  | 0,04   | 0,05   | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L             | n      | n      | n      | 0,04   | 0,01   | 0,04   | 0,03   | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L             | n      | n      | n      | 1,66   | 0,73   | 0,69   | 0,04   | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L             | n      | n      | n      | 0,9    | 1      | 2,3    | 1,65   | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L             | n      | n      | n      | n      | n      | 0,3    | 0,071  | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L             | n      | n      | n      | 26,2   | 13,6   | 18,2   | 21,84  | n      | 8,4      |
| Na mg/L              | n      | n      | n      | 2      | 0,7    | 2,3    | 2,7    | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L              | n      | n      | n      | 6,3    | 7,2    | 8,9    | 6      | n      | 2,35     |
| Mg mg/L              | n      | n      | n      | 2,6    | 2,3    | 2,4    | 1,22   | n      | 0,27     |
| K mg/L               | n      | n      | n      | 1,1    | 1,5    | 1,7    | 2      | n      | 0,65     |
| Si mg/L              | n      | n      | n      | 8,3    | 9,7    | 5,94   | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L | n      | n      | n      | 1,4    | n      | 0,6    | 0,77   | 250    | n        |
| CL mg/L              | n      | n      | n      | 3,4    | 4,5    | 2,7    | n      | 250    | 3        |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

**Análisis de metales pesados en río Tebicuari en Res. Rafael**

| <b>Metales en Agua (µg/L)</b>       |         |         |         |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                     | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| <b>Mn</b>                           | .....   | 14,43   | 8,21    |
| <b>Hg</b>                           | .....   | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>                           | .....   | 1,71    | 0,69    |
| <b>Cd</b>                           | .....   | 0,02    | 0,07    |
| <b>Zn</b>                           | .....   | 9,12    | 1,39    |
| <b>Cr</b>                           | .....   | 0,08    | 0,12    |
| <b>Cu</b>                           | .....   | 6,11    | 2,29    |
| <b>Metales en Sedimento (mg/Kg)</b> |         |         |         |
| <b>Mn</b>                           | 10,79   | 12,31   | 17,78   |
| <b>Hg (µg/Kg)</b>                   | ND      | 21,56   | 23,59   |
| <b>Pb</b>                           | 0,21    | 4,56    | 0,81    |
| <b>Cd</b>                           | 0,01    | 0,008   | ND      |
| <b>Zn</b>                           | 0,78    | 1,78    | 10,9    |
| <b>Cr</b>                           | ND      | 1,17    | ND      |
| <b>Cu</b>                           | 0,51    | 1,47    | 0,7     |

### Resultados de análisis de Tebicuary en Lenadro oviedo

| Periodo de Coleta    | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patron | Referen. |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC          | n      | n      | 25     | 17     | 19     | 29     | 29     | n      | 209      |
| Cond. Us/cm          | n      | n      | 40     | 29     | 80     | 49     | 61     | n      | 13       |
| Turbidez NTU         | n      | n      | 10     | 30     | 50     | 14     | 5      | 100    | 10       |
| Ph                   | n      | n      | 5,4    | 6,5    | 6,7    | 7      | 7,4    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L              | n      | n      | 7,9    | 7,3    | n      | 6,7    | 8,1    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L              | n      | n      | 44     | 76     | 86     | 86     | 98     | n      | 33       |
| SD mg/L              | n      | n      | 36,5   | 50     | 78     | 58     | 88,4   | n      | 30       |
| SV mg/L              | n      | n      | 2,5    | 3,3    | 2,9    | 5,8    | 4,4    | n      | 0        |
| SS mg/L              | n      | n      | 7,5    | 8,3    | 5,3    | 19,2   | 9,6    | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L        | n      | n      | n      | n      | 3,3    | 2,9    | 27,6   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC       | n      | n      | 5      | 40     | 130    | 60     | 387    | 250    | 310      |
| PT mg/L              | n      | n      | 0,03   | 0,03   | 0,044  | 0,08   | 0,07   | 0,025  | 0,03     |
| ort.P mg/L           | n      | n      | 0,02   | 0,02   | 0,018  | 0,04   | 0,04   | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L             | n      | n      | 0      | 0,06   | 0,01   | 0,02   | 0,05   | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L             | n      | n      | 0,13   | 0,06   | 0,01   | 0,02   | 0,7    | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L             | n      | n      | 0,89   | 2,5    | 1,4    | 1,9    | 0,55   | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L             | n      | n      | 0,08   | n      | n      | 0,4    | 0,05   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L             | n      | n      | n      | 20,4   | 7,7    | 15,4   | 17,64  | n      | 8,4      |
| Na mg/L              | n      | n      | 2,2    | 1,3    | 0,4    | 2,6    | 3,1    | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L              | n      | n      | 4,3    | 2,6    | 5,2    | 6,6    | 7,6    | n      | 2,35     |
| Mg mg/L              | n      | n      | 1,5    | 1,6    | 2,7    | 2,7    | 1,46   | n      | 0,27     |
| K mg/L               | n      | n      | 0,9    | 1,3    | 1,4    | 1,6    | 3,1    | n      | 0,65     |
| Si mg/L              | n      | n      | n      | 5,8    | 7,7    | 6,6    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L | n      | n      | n      | 1      | n      | 1,2    | 1,7    | 250    | n        |
| CL mg/L              | n      | n      | n      | n      | n      | nov.05 | n      | n      | 3        |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados en río Tebicuari en. L. Oviedo

| Metales en Agua (µg/L)       |         |         |         |
|------------------------------|---------|---------|---------|
|                              | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| Mn                           | 14,65   | 9,75    | 10,41   |
| Hg                           | ND      | ND      | ND      |
| Pb                           | ND      | 0,64    | 0,66    |
| Cd                           | 0,05    | 0,02    | 0,07    |
| Zn                           | 4,8     | 11,36   | 1,77    |
| Cr                           | 0,12    | 0,03    | 0,0005  |
| Cu                           | 10,5    | 0,75    | 1,41    |
| Metales en Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| Mn                           | 4,93    | 3,92    | 7,22    |
| Hg (µg/Kg)                   | ND      | ND      | ND      |
| Pb                           | ND      | 0,1     | 0,8     |
| Cd                           | 0,004   | 0,007   | 0,019   |
| Zn                           | 0,25    | 0,12    | 0,16    |
| Cr                           | 0,02    | 2,48    | ND      |
| Cu                           | 0,09    | ND      | ND      |

**Resultados de análisis del río Tebicuary en Tebicuary -mi**

| Periodo de Coleta    | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patron | Referen. |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC          | n      | n      | n      | 17,1   | 21     | 28,9   | 30     | n      | 209      |
| Cond. Us/cm          | n      | n      | n      | 67     | 55     | 52     | 30     | n      | 13       |
| Turbidez NTU         | n      | n      | n      | 153    | 30     | 27     | 20     | 100    | 10       |
| Ph                   | n      | n      | n      | 7,2    | 6,8    | 6,8    | 6,3    | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L              | n      | n      | n      | 9,3    | n      | 4,4    | 5,6    | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L              | n      | n      | n      | 122    | 90     | 69     | 102    | n      | 33       |
| SD mg/L              | n      | n      | n      | 122    | 90     | 69     | 76,8   | n      | 30       |
| SV mg/L              | n      | n      | n      | 7      | 6,3    | 6,2    | 7,8    | n      | 0        |
| SS mg/L              | n      | n      | n      | 24,8   | 10     | 19,2   | 25,3   | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L        | n      | n      | n      | 32,5   | 33,6   | 24,8   | 12,5   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC       | n      | n      | n      | 225    | 29700  | 3100   | 100    | 250    | 310      |
| PT mg/L              | n      | n      | n      | 0,13   | 0,055  | 0,09   | 0,1    | 0,025  | 0,03     |
| ort.P mg/L           | n      | n      | n      | 0,04   | 0,019  | 0,03   | 0,02   | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L             | n      | n      | n      | 0,03   | 0      | 0,11   | 0,04   | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L             | n      | n      | n      | 0,72   | 0,05   | 0,25   | 0,18   | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L             | n      | n      | n      | 3,1    | 1,3    | 2      | n      | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L             | n      | n      | n      | n      | n      | 0,4    | n      | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L             | n      | n      | n      | 20,4   | 17,5   | 21,1   | 21,8   | n      | 8,4      |
| Na mg/L              | n      | n      | n      | 2,1    | 0,9    | 2,6    | 2,4    | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L              | n      | n      | n      | 6,3    | 6,9    | 6,9    | 3,2    | n      | 2,35     |
| Mg mg/L              | n      | n      | n      | 2,6    | 2,5    | 2,5    | 0,97   | n      | 0,27     |
| K mg/L               | n      | n      | n      | 2,6    | 3,4    | 2,6    | 1,6    | n      | 0,65     |
| Si mg/L              | n      | n      | n      | 7,65   | 8      | 5,3    | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L | n      | n      | n      | 1,46   | n      | 1,3    | 1,25   | 250    | n        |
| CL mg/L              | n      | n      | n      | 4,5    | 4,5    | 3,2    | n      | 250    | 3        |
|                      |        |        |        |        |        |        |        |        |          |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

**Análisis de metales pesados  
Tebiquari mi**

| Metales en Agua (ug/L)       |         |         |         |
|------------------------------|---------|---------|---------|
|                              | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| Mn                           | .....   | 14,22   | 11,84   |
| Hg                           | .....   | ND      | ND      |
| Pb                           | .....   | 5,41    | 2,5     |
| Cd                           | .....   | 0,03    | 0,06    |
| Zn                           | .....   | 11,25   | 1,49    |
| Cr                           | .....   | 0,004   | 0,15    |
| Cu                           | .....   | 1,59    | 3,08    |
| Metales en Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| Mn                           | .....   | 1,69    | 0,85    |
| Hg (ug/Kg)                   | .....   | ND      | ND      |
| Pb                           | .....   | 0,1     | ND      |
| Cd                           | .....   | 0,006   | 0,015   |
| Zn                           | .....   | 0,04    | 0,16    |
| Cr                           | .....   | 0,09    | ND      |
| Cu                           | .....   | 0,08    | 0,03    |

### Resultados de análisis de agua del río Tebicuary en Villa Florida

| Periodo de Coleta    | mar.04 | jun.04 | 0ct.04 | jun.05 | ago.05 | nov.05 | feb.06 | Patrón | Referen. |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Tem.agua oC          | 30,1   | 16,5   | 26     | 23     | 21     | 30     | 32,6   | n      | 209      |
| Cond. Us/cm          | 490    | 20     | 28     | 30     | 60     | 40     | 50     | n      | 13       |
| Turbidez NTU         | 36     | 50     | 40     | 150    | 20     | 50     | 7      | 100    | 10       |
| Ph                   | 7,9    | 6      | 5,8    | 6,1    | 7,7    | 6,5    | 7      | 6 a 9  | 5,9      |
| OD mg/L              | 7,8    | n      | 5,4    | 5,8    | 9,4    | 8,7    | n      | > 5    | 8,9      |
| ST mg/L              | 104    | 112    | 58     | 66     | 88     | 68     | 124    | n      | 33       |
| SD mg/L              | 66     | 97,2   | 45     | 38     | 84     | 28     | 97,5   | n      | 30       |
| SV mg/L              | 8,4    | 5,8    | 3      | 5,1    | 4,2    | 6,6    | 8,3    | n      | 0        |
| SS mg/L              | 38     | 19     | 13     | 8      | 9,2    | 21,2   | 26,5   | n      | 2,2      |
| Alcalin. mg/L        | 20,4   | 8,1    | n      | 28,3   | 18,3   | 18,2   | 20,6   | n      | 7,3      |
| Coli.fecal UFC       | 15     | 365    | 10     | 140    | 5      | 1420   | 10     | 250    | 310      |
| PT mg/L              | 0,09   | 0,09   | 0,03   | 0,02   | 0,045  | 0,09   | 0,06   | 0,025  | 0,03     |
| ort.P mg/L           | 0      | 0,02   | 0,01   | 0,01   | 0,012  | 0      | 0,04   | n      | 0,02     |
| NH4 mg/L             | 0,22   | 0,05   | 0,04   | 0,03   | 0      | 0,03   | 0,03   | n      | 0,01     |
| NO3 mg/L             | 0,15   | 0,21   | 0,03   | 0,22   | 0,28   | 0,31   | 0,17   | 10     | 0,33     |
| Fe3 mg/L             | 1,3    | 1,35   | 1,23   | 0,97   | 1,2    | 0,4    | 1,51   | n      | 0,67     |
| Fe2 mg/L             | n      | 0,2    | n      | 0,07   | n      | 0,2    | 0,02   | 0,3    | 0,12     |
| DQO mg/L             | 24,1   | 16,9   | 29,2   | 28,6   | 20,2   | 26,3   | 24,1   | n      | 8,4      |
| Na mg/L              | 2,2    | 1,2    | 2,3    | 1,9    | 0,5    | 2,2    | 2,9    | 200    | 0,82     |
| Ca mg/L              | 2,2    | 1,2    | 2,3    | 1,9    | 0,5    | 4,7    | 6,7    | n      | 2,35     |
| Mg mg/L              | 1,33   | 1,8    | 1,3    | 1,3    | 1,4    | 1      | 1,26   | n      | 0,27     |
| K mg/L               | 1,4    | 0,7    | 1,2    | 0,8    | 1,7    | 1,9    | 0,8    | n      | 0,65     |
| Si mg/L              | n      | n      | n      | 4,68   | 8,1    | 4,25   | n      | n      | n        |
| SO <sub>4</sub> mg/L | n      | n      | n      | 0,74   | n      | 1,9    | 2,9    | 250    | n        |
| CL mg/L              | 3,1    | 6,8    | 6,2    | 5,1    | 18,1   | 3,2    | n      | 250    | 3        |

n = falta de coleta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados

|                      | en agua( ug/L) |         |        |
|----------------------|----------------|---------|--------|
|                      | Agt./05        | Nov./05 | Feb.06 |
| Manganeso            | 14,65          | 23,6    | 43,1   |
| Mercurio             | ND             | ND      | ND     |
| Plomo                | ND             | 0,83    | 1,06   |
| Cadmio               | 0,05           | 0,04    | 0,12   |
| Zinc                 | 4,8            | 1,58    | 1,07   |
| Cromo                | 0,12           | 0,16    | 0,14   |
| Cobre                | 1,65           | 1,38    | 1,22   |
| en sedimentos(mg/Kg) |                |         |        |
| Manganeso            | 0,86           | 0,79,   | 3,34   |
| Hg (mg/kg)           | ND             | ND      | ND     |
| Cadmio               | ND             | ND      | 0,02   |
| Zinc                 | 0,14           | 0,11    | 0,15   |
| Cromo                | ND             | 1,82    | 0,15   |
| Cobre                | ND             |         | 0,033  |
| Plomo                | ND             | 0,13    | 0,06   |

### Resultados de análisis de agua en San Blas

| periodo coleta       | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | feb.06 | Patron | referencia |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|------------|
| Tem.agua oC          | n      | 17     | 26     | 23     | 20      |        | 29     |        |            |
| Cond. Us/cm          | 75     | 31     | 29     | 30     | 80      |        | 70     |        | 13         |
| Turbidez NTU         | 50     | 149    | 67     | 20     | 40      |        | 20     | 100    | 10         |
| Ph                   | 6,8    | 6,2    | 6      | 6      | 7,4     |        | 7      | 6 a 9  |            |
| OD mg/L              | 6,5    | 8,2    | 6,3    | 5,8    | 8,5     |        | 6      | >5     |            |
| ST mg/L              | 132    | 72     | 78     | 78     | 102     |        | 126    |        | 33         |
| SD mg/L              | 66     | 97,2   | 45     | 38     | 84      |        | 94     |        | 30         |
| SV mg/L              | 7,9    | 0,7    | 4,3    | 7,7    | 5,6     |        | 11,3   |        | 0          |
| SS mg/L              | 26     | 14,8   | 25     | 19     | 22      |        | 32     |        | 2,2        |
| Alcalin. mg/L        | 15,9   | 10,1   | n      | 18,9   | 18,9    |        | 16,8   |        | 7,3        |
| Coli.fecal UFC       | 15     | 365    | 10     | 140    | 50      |        | 8      | 250    | 310        |
| PT mg/L              | 0,04   | 0,08   | 0,06   | 0,04   | 0,055   |        | 0,1    | 0,025  | 0,03       |
| ort.P mg/L           | 0,02   | 0,01   | 0,01   | 0,03   | 0,017   |        | 0,05   |        | 0,02       |
| NT mg/L              | 1,39   | 1,44   | 1,24   | 1,47   | 0,84    |        | 1,8    | 0,3    | 0,96       |
| NH4 mg/L             | 0,04   | 0,06   | 0,04   | 0,02   | 0       |        | 0,05   |        | 0,01       |
| NO3 mg/L             | 0,19   | 0,26   | 0,12   | 0,11   | 0,15    |        | 0,06   | 10     | 0,4        |
| Fe3 mg/L             | 2,5    | 0,18   | 1,52   | 0,4    | 1       |        | 1,82   |        | 0,7        |
| Fe2 mg/L             | n      | 0,27   | n      | 0,1    | n       |        | 0,04   | 0,3    | 0,12       |
| DQO mg/L             | 17     | 21,8   | 38,9   | 31,3   | 22,6    |        | 31     |        | 8,3        |
| Na mg/L              | 6,2    | 1,5    | 2,8    | 1,9    | 1,6     |        | 5,2    | 200    | 0,82       |
| Ca mg/L              | 10     | 2,9    | 2,3    | 2,3    | 5,5     |        | 6,4    |        | 2,35       |
| Mg mg/L              | 1,65   | 1,5    | 1,5    | 1,2    | 1,9     |        | 1,47   |        | 0,27       |
| K mg/L               | 1,6    | 1,2    | 1,4    | 0,8    | 1,4     |        | 1,1    |        | 0,65       |
| Si mg/L              | n      | n      | n      | 4      | 6       |        |        |        |            |
| SO <sub>4</sub> mg/L | n      | n      | n      | 0,5    | n       |        | 3,1    | 250    |            |
| CL mg/L              | 11,5   | 9,4    | 6,2    | 5,1    | 12,4    |        |        | 250    | 3          |

n = falta de colecta de muestra o falla de resultados

### Análisis de metales pesados en río Tebicuary en San Blas

| Metales en Agua (µg/L)       |         |         |         |
|------------------------------|---------|---------|---------|
|                              | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| <b>Mn</b>                    | 14,65   | 23,6    | 43,1    |
| <b>Hg</b>                    | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>                    | ND      | 0,83    | 1,06    |
| <b>Cd</b>                    | 0,05    | 0,04    | 0,12    |
| <b>Zn</b>                    | 4,8     | 1,58    | 1,07    |
| <b>Cr</b>                    | 0,12    | 0,16    | 0,14    |
| <b>Cu</b>                    | 1,67    | 1,38    | 1,22    |
| Metales en Sedimento (mg/Kg) |         |         |         |
| <b>Mn</b>                    | 0,86    | 0,79    | 0,97    |
| <b>Hg (µg/Kg)</b>            | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>                    | ND      | 1,9     | ND      |
| <b>Cd</b>                    | ND      | ND      | 0,02    |
| <b>Zn</b>                    | 0,14    | 0,11    | 0,15    |
| <b>Cr</b>                    | ND      | 1,82    | 1,18    |
| <b>Cu</b>                    | ND      | 0,13    | 0,06    |

Con relación al comportamiento de fitoplancton (tabla a continuación), se debe resaltar que se verifica una tendencia de aumento de número de organismos, a medida se prosigue el recorrido del río.

Los organismos encontrados en torno de 1200 a 1300 cél. / mL en primero punto del río Tebicuary aumenta en el orden de 10 000 a 25 000 cél. /mL en el punto de L.Oviedo, ubicado abajo del mismo, creciendo sucesivamente de 10 000cél. a 52 000 cél /mL en el punto de Villa Florida .

Por otro lado, se observó, también, la mudanza de composición de comunidad fitoplanctonica o sea, la predominancia de la clase de Bacillariophyceae averiguada en el punto arriba de este río pasando para la clase Chlorophyceae en la región más bajo , indicando innegable aumento de enriquecimiento de agua a largo del pre-curso de este río.

Se observó, también, mayor abundancia relativa (%) de cianobacterias en los puntos Leandro Oviedo, Villa Florida y Estancia San Blas ( figura a continuación ).

En Leandro Oviedo (arriba del Río Tebicuary mí) el grupo de las Bacillariophyceae fue el que presentó mayor densidad (1040 cél/mL) y también mayor riqueza de especies (8 taxones) en agosto/05. Mientras tanto, en nov/05 el grupo con mayor densidad pasó a ser el de las Chlorophyceae y la especie más abundante fue *Monoraphidium* sp que presentó densidad de 2500 cél/mL En el mes de febrero/06, época de mayor pluviosidad el grupo de las cianobacterias presentó la mayor densidad (4.600cél/mL) y la especie más abundante fue *Microcystis* sp (3000 cél/mL) que es formadora en floraciones de agua lénticos y eutrofizados. Es importante mencionar que el apareamiento de estas cianobacterias puede ser relacionada con las plantaciones de grandes áreas de arroz con riego distribuidos en la región de Villa Florida originados de esos microorganismos. En los campos adnegados del cultivo de arroz el agua queda parada durante cierto tiempo permitiendo, así, provocar la multiplicación de esas cianobacterias.

En Villa Florida, la densidad de cianobacteria aumentó de agosto para febrero/06 alcanzando valores muy altos en febrero/06 (37.840 cél/mL). Dentro de este genero, fue identificado *Planktothrix* con una densidad de 17.040 cél/mL que es productor de la toxina microcistina. La calidad de agua para abastecimiento público en Villa Florida por la presencia de floración de cianobacterias ya está comprometida , recomendando realizarse teste de toxicidad y realizar el monitoreo de las cianobacterias mensualmente en este punto de colecta.

En la Estancia San Blas que queda después de Villa Florida se observo que en el mes crítico de feb/06 la densidad total de cianobacterias fue muy alta alcanzando 24620 cél/mL.

La misma cianobacteria – *Planktothrix* sp observada en Villa Florida presento una densidad de 10860 cél/mL, seguida de *Microcystis* sp con 6120 cél/mL, *Oscillatoria* sp con 3220 cél/mL, *Anabaena* sp (2900 cél/mL), *Merismopedia* sp (920 cél/mL) y *Anabaena spiroides* (600 cél/mL). Los resultados demostraron que está habiendo proceso de eutrofización en el agua del Río Tebicuary.

Las investigaciones de fitoplancton mostró una clara alteración de la calidad de agua principalmente, en el trecho correspondiente bajo de Leandro Oviedo.

### Identificación de fitoplancton en río Tebicuari ( cél / mL )

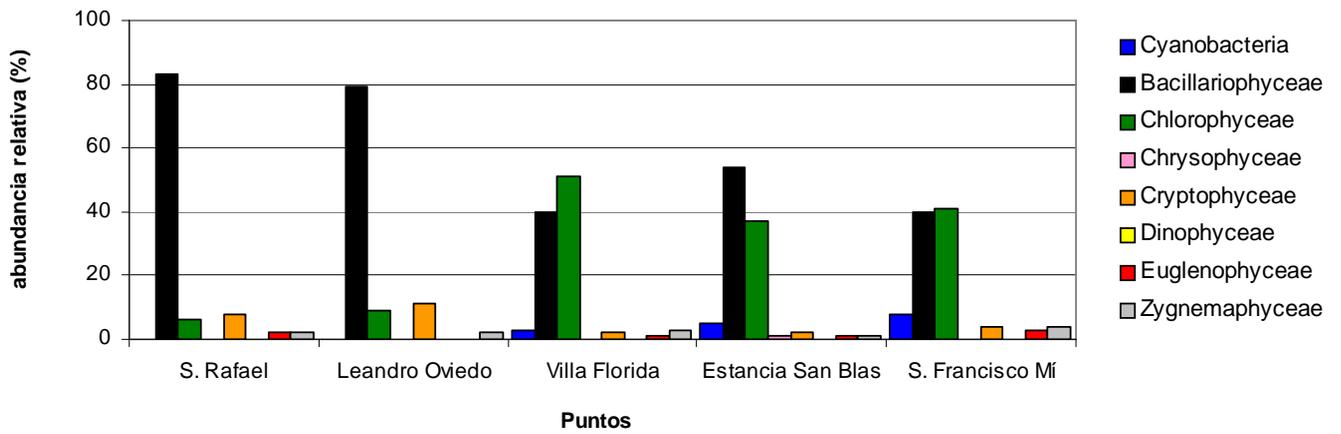
| Fitoplancton  | res. San Rafael |             |             | L. Oviedo    |              |              |
|---------------|-----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|               | ago. 05         | nov. 05     | feb. 06     | ago. 05      | nov. 05      | feb. 06      |
| Cyanoph.      | 0               | 0           | 0           | 0            | 200          | 4600         |
| Chrisoph.     | 0               | 0           | 0           | 0            | 0            | 0            |
| Bacillarioph. | 1080            | 580         | 740         | 4220         | 364          | 2360         |
| Criptoph.     | 100             | 40          | 20          | 200          | 2640         | 240          |
| Dianoph.      | 0               | 0           | 0           | 0            | 0            | 0            |
| Chloroph.     | 80              | 580         | 480         | 5400         | 21420        | 11760        |
| Zygnemaph.    | 20              |             |             | 220          | 60           | 80           |
| Euglenoph.    | 20              | 20          | 40          | 80           | 140          | 120          |
| <b>Total</b>  | <b>1300</b>     | <b>1220</b> | <b>1280</b> | <b>10120</b> | <b>24824</b> | <b>19160</b> |

| Fitoplancton  | Tebicuari mi |             |             | Vil l a Florida |              |              |
|---------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|
|               | ago. 05      | nov. 05     | feb. 06     | ago. 05         | nov. 05      | feb. 06      |
| Cyanoph.      | 220          |             | 160         | 300             | 4640         | 37840        |
| Chrisoph.     | 0            | 0           | 0           | 0               | 0            | 0            |
| Bacillarioph. | 1140         | 1260        | 1040        | 4220            | 3640         | 2360         |
| Criptoph.     | 120          | 600         | 40          | 200             | 2640         | 240          |
| Dianoph.      | 0            | 0           | 0           | 0               | 20           | 0            |
| Chloroph.     | 1200         | 920         | 700         | 5400            | 21420        | 11760        |
| Zygnemaph.    | 60           |             | 60          | 220             | 60           | 80           |
| Euglenoph.    | 80           | 60          | 40          | 80              | 140          | 120          |
| <b>Total</b>  | <b>2820</b>  | <b>2840</b> | <b>2040</b> | <b>10420</b>    | <b>32560</b> | <b>52400</b> |

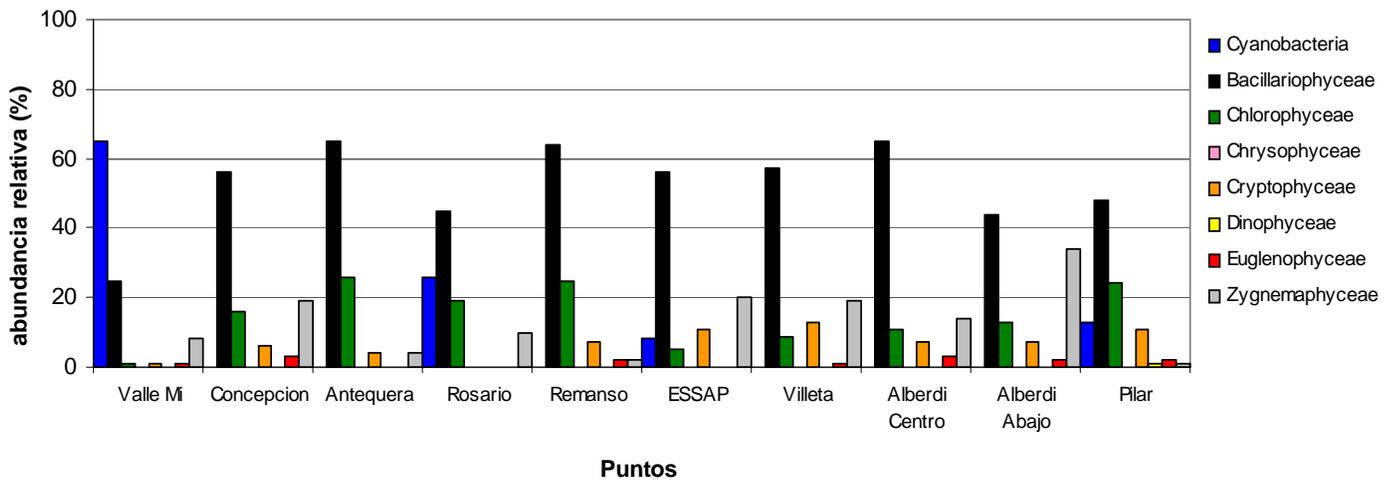
| Fitoplancton  | Tebicuari mi |             |             | Vila Florida |              |              |
|---------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|               | ago. 05      | nov. 05     | feb. 06     | ago. 05      | nov. 05      | feb. 06      |
| Cyanoph.      | 220          |             | 160         | 300          | 4640         | 37840        |
| Chrisoph.     | 0            | 0           | 0           | 0            | 0            | 0            |
| Bacillarioph. | 1140         | 1260        | 1040        | 4220         | 3640         | 2360         |
| Criptoph.     | 120          | 600         | 40          | 200          | 2640         | 240          |
| Dianoph.      | 0            | 0           | 0           | 0            | 20           | 0            |
| Chloroph.     | 1200         | 920         | 700         | 5400         | 21420        | 11760        |
| Zygnemaph.    | 60           |             | 60          | 220          | 60           | 80           |
| Euglenoph.    | 80           | 60          | 40          | 80           | 140          | 120          |
| <b>Total</b>  | <b>2820</b>  | <b>2840</b> | <b>2040</b> | <b>10420</b> | <b>32560</b> | <b>52400</b> |

| Estancia S. Blas |              |              |
|------------------|--------------|--------------|
| Fitoplancton     | ago. 05      | feb. 06      |
| Cyanoph.         | 500          | 24620        |
| Chrisoph.        | 140          |              |
| Bacillarioph.    | 5420         | 6080         |
| Criptoph.        | 180          | 40           |
| Dianoph.         | 0            | 0            |
| Chloroph.        | 3700         | 6760         |
| Zygnemaph.       | 60           | 80           |
| Euglenoph.       | 60           | 180          |
| <b>Total</b>     | <b>10060</b> | <b>37760</b> |

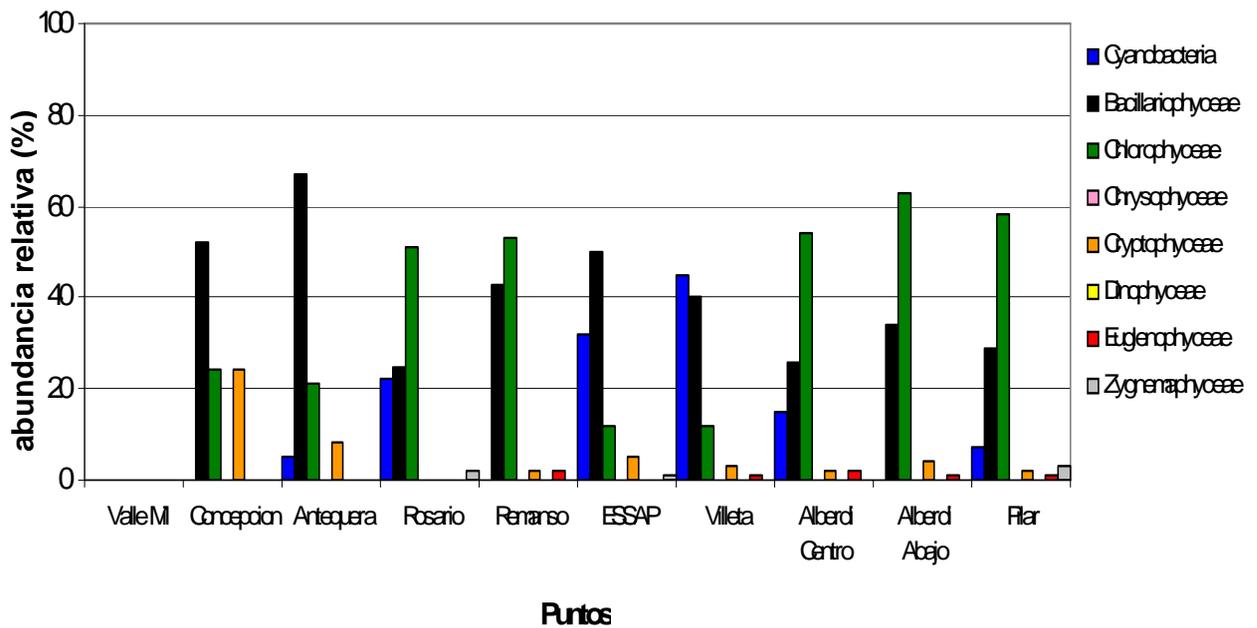
### Agosto/05



### Noviembre/05



### Febrero/06



### 2.2.2.9. Calidad de agua del río Pilcomayo

La cuenca hidrográfica del río Pilcomayo con el nacimiento en la región de Bolivia mide, aproximadamente, 270 000Km<sup>2</sup>, abarcando la frontera entre Bolivia, Paraguay y Argentina, desembocando en el río Paraguay en la localidad de Asunción.

Su calidad de agua determinadas, a través de 7 campañas de colecta en un punto próximo de su desembocadura para el río Paraguay presenta un alto nivel de contaminación por varios parámetros.

Como se verifica en la tabla a continuación, se observan elevados valores de sólidos que superan 2000 mg/L en algunas determinaciones, acompañado, muchas veces, alto conductividad. Tanto de sodio como de cloruro que son los parámetros fundamentales para abastecimiento público y usos agrícolas fueron detectados las concentraciones arriba del patrón. Por otro lado, la concentración de oxígeno fue observado inferior al límite del patrón conforme a la época de colecta, mientras que los valores de nutrientes y densidades de colimetría presentaron siempre superiores a los valores establecidos en el patrón.

Conforme los resultados de calidad de agua obtenidos, se puede concluir que el río Pilcomayo debe ser encuadrado en nivel equivalente a la clase 4 de la Resolución 222/02 de la lo SEAM, no pudiendo servir, por tanto, para el uso múltiple, inclusive de abastecimiento público, riego agrícola, piscicultura y recreación.

#### Resultados de análisis de agua del río Pilcomayo

| periodo coleta       | mar.04 | jun.04 | Oct.04 | jun.05 | agst.05 | nov.05 | Feb./06 | Patron | referencia |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|------------|
| Tem.agua oC          | 27,6   | 20     | 25     | 20     | 18      | 24,3   | 31      |        |            |
| Cond. Us/cm          | 3190   | 110    | 320    | 140    | 230     | 180    | 4000    |        | 13         |
| Turbidez NTU         | 85     | 90     | 70     | 200    | 60      | 120    | 10      | 100    | 10         |
| Ph                   | 7      | 6,6    | 7,7    | 7      | 7,3     | 6,4    | 6,7     | 6 a 9  |            |
| OD mg/L              | 3,5    | 5,8    | 3,4    | 6,6    | 5,5     | 4      | 0,3     | > 5    |            |
| ST mg/L              | 2018   | 634    | 1620   | 252    | 1100    | 208    | 1978    |        | 33         |
| SD mg/L              | 1930   | 614    | 1508   | 134    | 1058    | 148    | 1950    |        | 30         |
| SV mg/L              | 11,3   | 5,2    | 4      | 15     | 7,7     | 9,3    | 10,5    |        | 0          |
| SS mg/L              | 88     | 19,6   | 26,2   | 94,6   | 30,6    | 37,8   | 28      |        | 2,2        |
| Alcalin. mg/L        | 113,2  | 48,5   | n      | 88,5   | 27      | n      | 73,2    |        | 7,3        |
| Coli.fecal UFC       | 350    | 160    | 1300   | 450    | 260     | 413    | 2400    | 250    | 310        |
| PT mg/L              | 0,61   | 0,25   | 0,35   | 0,42   | 0,37    | 0,28   | 0,42    | 0,025  | 0,03       |
| ort.P mg/L           | 0,4    | 0,18   | 0,29   | 0,23   | 0,05    | 0,19   | 0,35    |        | 0,02       |
| NH4 mg/L             | 0,26   | n      | 0,2    | 0,02   | 0,15    | 0,04   | 0,08    |        | 0,01       |
| NO3 mg/L             | 0,68   | 0,43   | 0,13   | 0,17   | 0,12    | 0,05   | 0,2     | 10     | 0,4        |
| Fe3 mg/L             | 1,5    | 1      | 2,1    | 0,64   | 2,1     | 3,12   | 1,73    |        | 0,7        |
| Fe2 mg/L             | n      | 0,23   | 0,2    | 0,21   | 0,2     | 0,2    | 0,26    | 0,3    | 0,12       |
| DQO mg/L             | 70,7   | 12,1   | 21,4   | 82,3   | 122,6   | 74,5   | 56,8    |        | 8,3        |
| Na mg/L              | 460    | 122    | 600    | 15,4   | 199,7   | 200    | 613,8   | 200    | 0,82       |
| Ca mg/L              | 80     | 28,8   | 72     | 7,2    | 36,9    | 5,8    | 73,9    |        | 2,35       |
| Mg mg/L              | 23,6   | 11,7   | 61,3   | 2,9    | 21,3    | 4,1    | 35,1    |        | 0,27       |
| K mg/L               | 6,6    | 6      | 50     | 5,7    | 6,7     | 5,7    | 8,9     |        | 0,65       |
| Si mg/L              | n      | n      | n      | 3,2    | 3,3     | 3,3    | n       |        |            |
| SO <sub>4</sub> mg/L | n      | n      | n      | 7,2    | n       | 25,4   | 452,2   | 250    |            |
| CL mg/L              | 771,3  | 604,1  | 436,7  | n      | 369,2   | 41,8   | 677,8   | 250    | 3          |

n = falta de colecta de muestra o falla de resultados

Con relación a los metales pesados, ningunos de los parámetros tanto en agua como en sedimentos fueron detectados arribas de los patones. Da la misma forma, 12 tipos de agro tóxicos analizados no fueran detectados.

### Análisis de metales pesados

| <b>Metales en Agua (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b> |         |         |         |
|---|---------|---------|---------|
|   | ago. 05 | nov. 05 | feb. 06 |
| <b>Mn</b>   | 39,19   | 15,33   | 54,5    |
| <b>Hg</b>   | ND      | ND      | ND      |
| <b>Pb</b>   | 0,52    | 20,5    | 1,37    |
| <b>Cd</b>   | 0,06    | 0,02    | 0,07    |
| <b>Zn</b>   | 1,06    | 16,63   | 0,44    |
| <b>Cr</b>   | 0,62    | 0,18    | ND      |
| <b>Cu</b>   | 2,04    | 8,83    | 1,05    |
| <b>Metales en Sedimento (mg/Kg)</b>                 |         |         |         |
| <b>Mn</b>   | 3,94    | 4,13    | 1,56    |
| <b>Hg (<math>\mu\text{g/Kg}</math>)</b>             | ND      | 46,89   | 24,61   |
| <b>Pb</b>   | 0,24    | 3,44    | ND      |
| <b>Cd</b>   | 0,006   | ND      | ND      |
| <b>Zn</b>   | 1,23    | 1,15    | 0,3     |
| <b>Cr</b>   | 0,5     | 1,04    | ND      |
| <b>Cu</b>   | 0,23    | 0,27    | 0,15    |

En la cuenca del Pilocomayo fueron observados cianobacterias en los meses de nov./05 y feb./06 , siendo que la mayor densidad ocurrió en feb./06 ( 3740 /cél./mL). La especie más abundante fue Planktothrix sp ( 3740cél./mL) que es productor de toxina.

Tanto de Panktothrix como de Microcystis sp. puede formar en ambientes lenticos. Tal hecho indica la posibilidad de entrada de agua de reservorios y /o lago eutrofizados próximos al punto de colecta y que acarrea el enriquecimiento del agua del río pilocomayo.

### Identificación de fitoplancton

| Fitoplancton  | Aug-05 | Nov-05 | Feb-06 |
|---------------|--------|--------|--------|
| Cyanoph.      | 0      | 340    | 3740   |
| Chrisoph.     | 0      | 0      | 0      |
| Bacillarioph. | 880    | 640    | 380    |
| Criptoph.     | 220    | 40     | 320    |
| Dinoph.       | 0      | 20     | 0      |
| Chloroph.     | 620    | 280    | 440    |
| Zygnemaph.    | 20     | 0      | 180    |
| Euglenoph.    | 120    | 80     | 380    |
| Total         | 1860   | 1400   | 5440   |

### Resultados de análisis de agro tóxicos en afluentes realizados en noviembre de 2005 (mg / L )

| Punto de colecta | Apa | Tagatija | Aquidavan | Ypane | Jejui arriba | Jejui bajo | Araguay Guazu | Araguay mi |
|------------------|-----|----------|-----------|-------|--------------|------------|---------------|------------|
| Heptaclorohexano | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Heptacloro       | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Alfalindano      | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Cisclordane      | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Transclordane    | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Aldrin           | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Endrin           | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| o-p DDE          | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Diclorvos        | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Monocrofos       | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Metamindofos     | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |
| Glifozato        | ND  | ND       | ND        | ND    | ND           | ND         | ND            | ND         |

ND = no detectado

### Resultados de análisis de agro tóxicos en afluentes realizados en noviembre de 2005 ( mg / L )

| Punto de colecta | Manduvira | res.rafael | L.Oviedo | Tebicuary<br>-mi | Villa<br>Florida | San Blas | Pilocomayo |
|------------------|-----------|------------|----------|------------------|------------------|----------|------------|
| Heptaclorohexano | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Heptacloro       | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Alfalindano      | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Cisclordane      | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Transclordane    | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Aldrin           | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Endrin           | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| o-p DDE          | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Diclorvos        | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Monocrofos       | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Metamindofos     | ND        | ND         | ND       | ND               | ND               | ND       | ND         |
| Glifozato        | ND        | ND         | ND       | 0,2              | ND               | ND       | ND         |

ND = no detectado

#### 2.4. Consideraciones sobre la calidad del agua de cuenca oriental

La figura 2.2.4 ilustra la variación de dos parámetros más críticos, o sea, PT y Sólidos, en términos del valor medio, desde el punto de vista del control y la preservación de la calidad del agua, en función de todos los resultados obtenidos durante la campaña de investigación.

Los resultados presentados indican exceso de concentraciones de estos parámetros con relación al patrón o valor de referencia, habiendo sido influenciado, principalmente de las cargas difusas. Los valores presentados en términos de concentración no siempre representan los flujos de cargas poluyentes generados en la cuenca de drenaje. La subcuenca Jejui-Gazú, por ejemplo, presenta las concentraciones de estos parámetros a niveles relativamente menores, comparativamente con las otras cuencas, aunque haya un uso del suelo intensivo por la agricultura.

El motivo de estos valores menores pueden atribuirse al gran caudal disponible en la cuenca que propicia la dilución de las cargas poluidoras provenientes de fuentes poluidoras.

A fin de visualizar la condición de la calidad del agua de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica oriental, fue preparada una presentación con diferente color del sistema hídrico que se presenta a continuación, basada en todos los resultados analíticos obtenidos dentro de esta investigación.

Se acordó que el color azul claro representa el sistema hídrico con una calidad de agua excelente, el azul oscuro representa una calidad de agua buena, verde, calidad de agua aceptable y rojo, inapropiada.

El criterio de esta distinción de la calidad del agua fue realizado teniendo en consideración no solo el patrón de clase 2 establecido en la resolución 222/02 de la SEAM sino también la calidad de agua con la referencia arriba mencionada .

Conforme a lo ilustrado en la figura, el único sistema hídrico que puede ser considerado compatible con los criterios mencionados es el del río Tagatija. El trecho del río Paraguay entre la región metropolitana de Asunción hasta Alberdi fue considerado calidad de agua aceptable, debido a que las concentraciones de PT, coliformes fecales, turbidez y sólidos, dependiendo de los períodos de colecta, son incompatibles con los criterios adoptados.

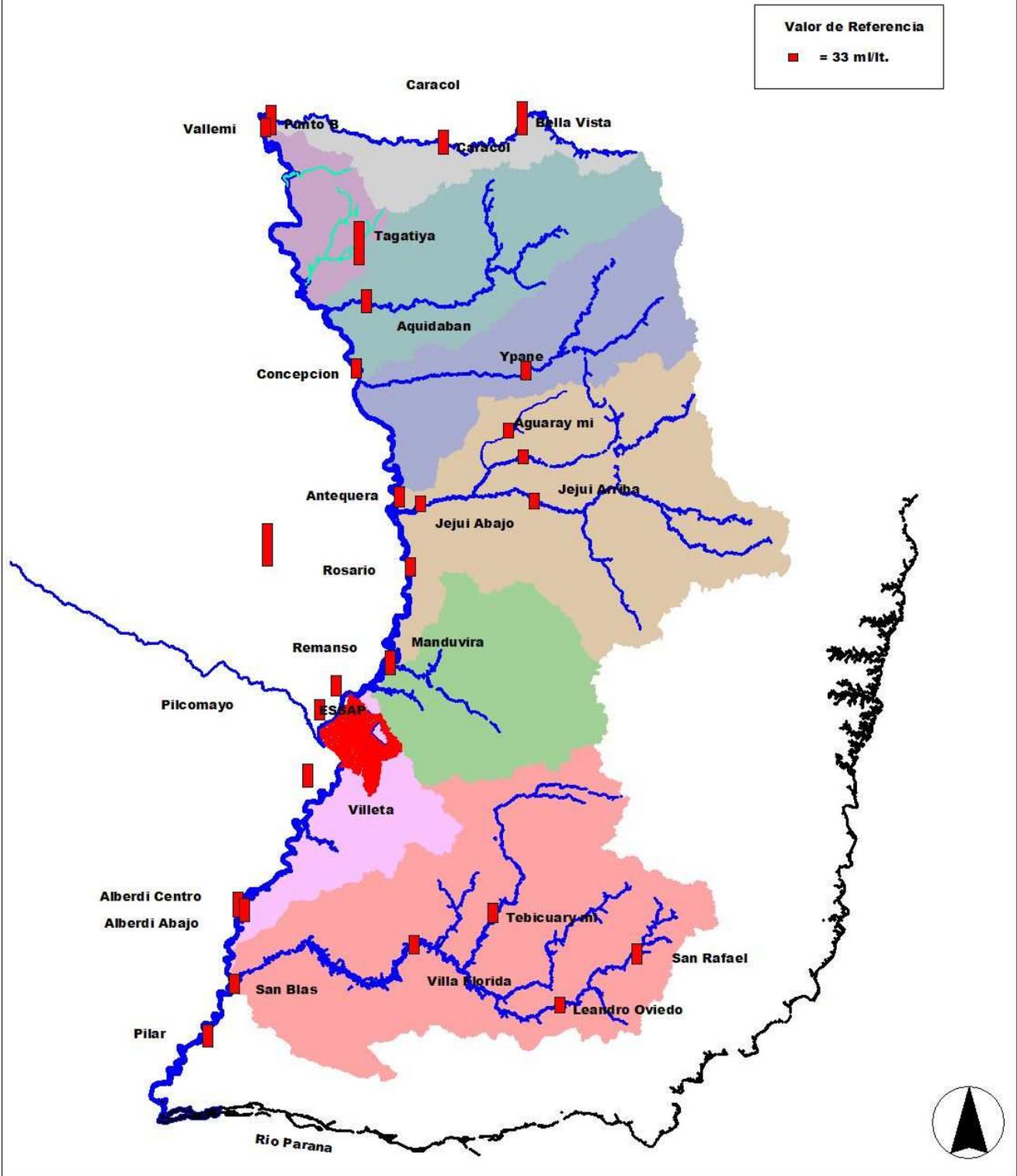
Debido a la influencia de las cargas poluidoras provenientes de la cuenca de la R.M. Asuncion y del río Pilcomayo. En los arroyos que recorren en la R.M. Asunción y río Pilcomayo, fueron averiguados los parámetros de OD, PT, Coliformes fecales, Na , CL y sólidos con niveles superiores a los establecidos en estos criterios, siendo representados, por consiguiente, en color rojo.

Los demás recursos hídricos presentan, básicamente, incompatibilidades con los criterios solo dos parámetros, o sea, PT y sólidos, siendo considerado la categoría de buena calidad con el color azul.

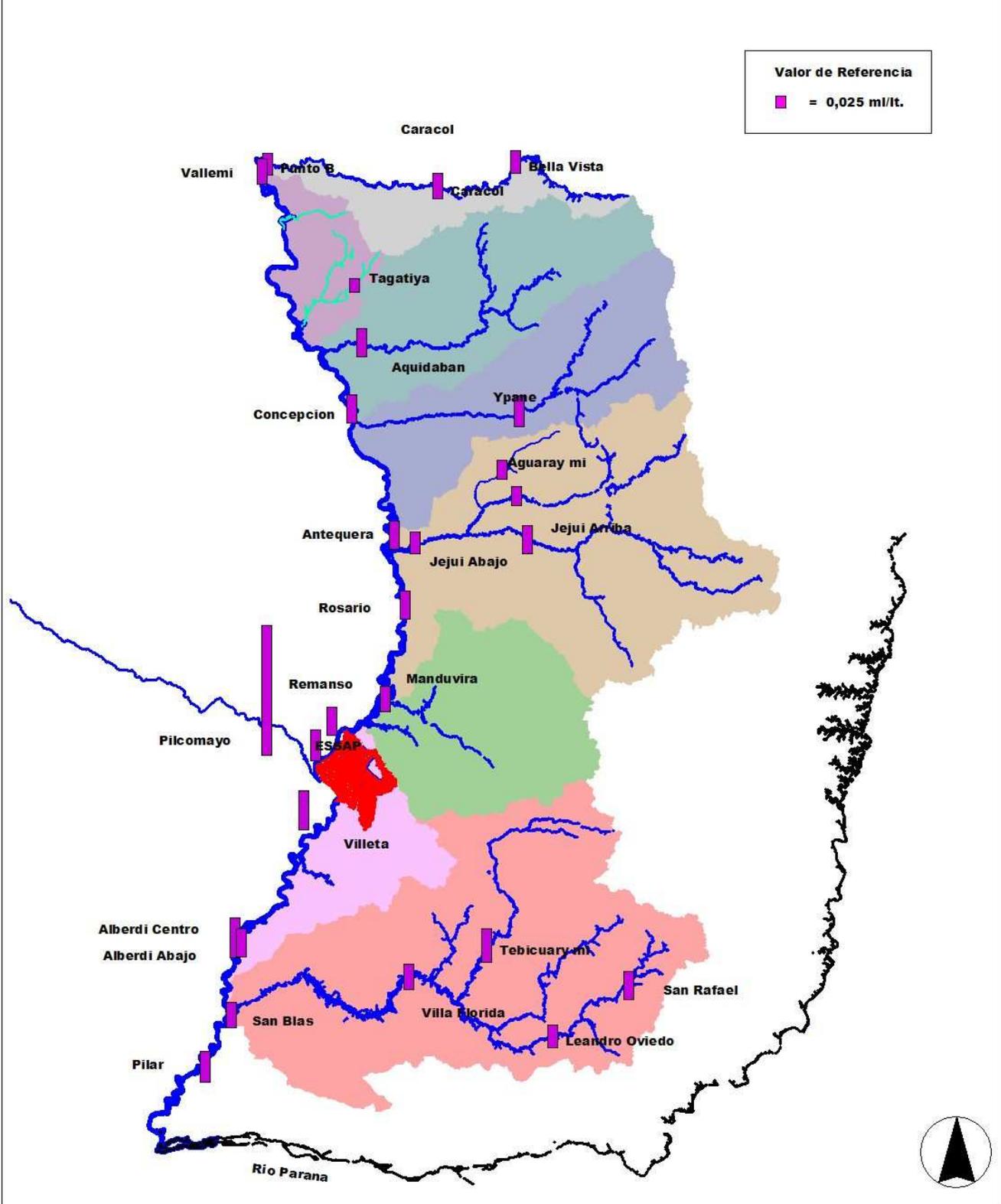
Conforme a los resultados presentados, la calidad del agua de los sistemas hídricos investigados, de modo general, demuestra ya un claro indicio de un principio de deterioro de la calidad del agua, pudiendo avanzar esta alteración a lo largo del tiempo.

En cuanto a que los arroyos ubicados en las áreas urbanas de Asunción y de la cuenca del Ypacarai así también como el río Pilcomayo presentan apreciable deterioro de la cualidad del agua, no habiendo condiciones para el uso múltiple establecidos en la Norma.

VARIACION DE CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES EN PUNTO DE COLECTA  
RIO PARAGUAY Y SUS AFLUENTES



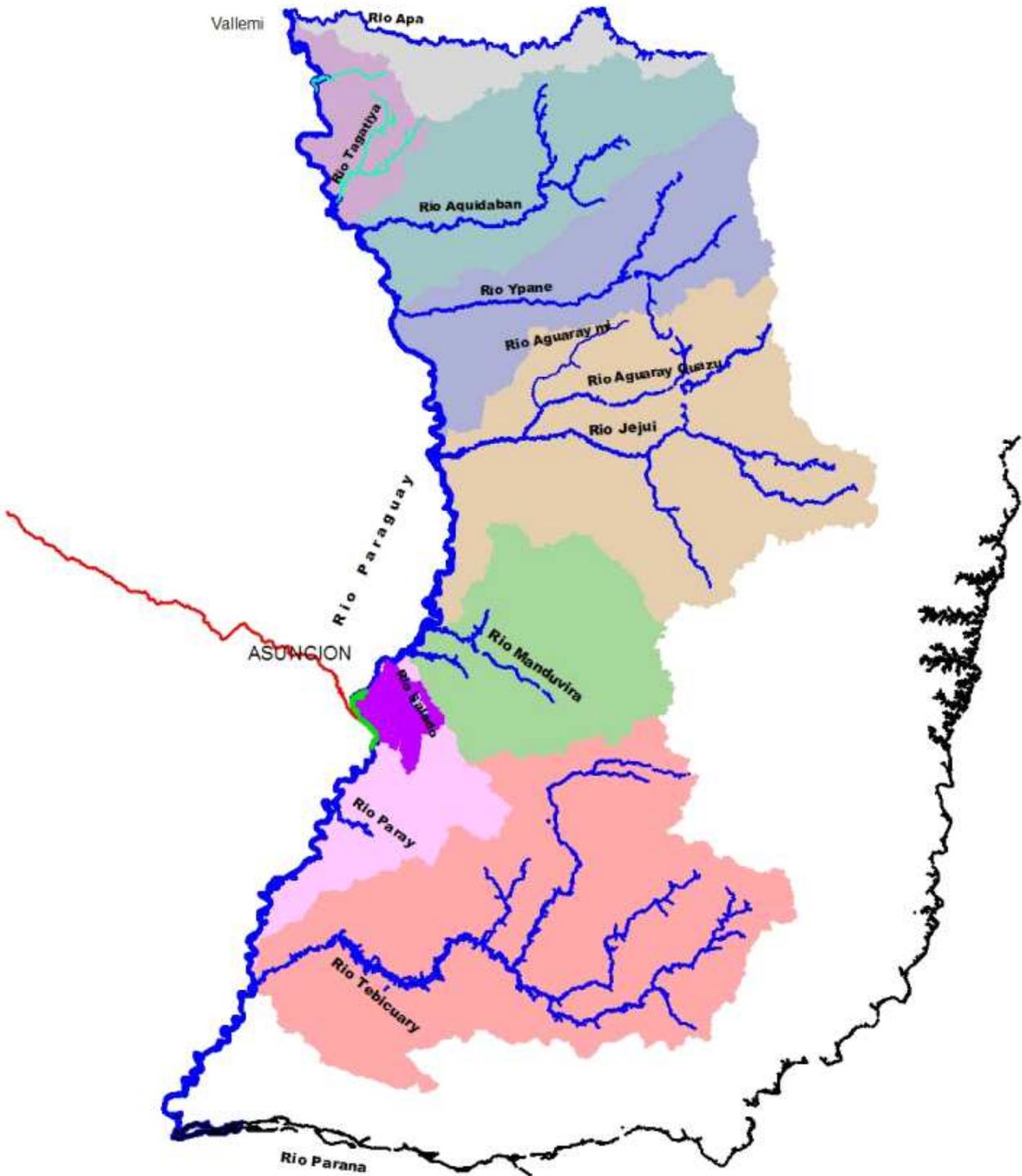
VARIACION DE CONCENTRACION DE PT EN PUNTO DE COLECTA  
RIO PARAGUAY Y SUS AFLUENTES





### NIVEL DE CALIDAD DE AGUA DE RECURSOS HIDRICOS EN CUENCA ORIENTAL

| Nivel de Calidad |            |
|------------------|------------|
|                  | Excelente  |
|                  | Buena      |
|                  | Aceptable  |
|                  | Inadecuado |





### **3. Problematicos de la polución hídrica y medidas de control y fiscalización en la cuenca oriental**

A pesar del consenso sobre la importancia de la preservación del agua, su conocimiento como recurso natural imprescindible para la vida, el desarrollo económico sostenido y el bienestar social, cotidianamente presenciamos la constante degradación por su utilización inadecuada, con desperdicios y principalmente por lanzamientos en cursos de agua de cargas contaminantes de origen urbano (aguas servidas domésticas, residuos sólidos), industriales (residuos químicos) y de las actividades agropecuarias (insumos de la agricultura, erosión).

El desafío de inculcar y concienciar a la población sobre la importancia de conservar, recuperar y preservar sus recursos hídricos es una tarea difícil. En los países pobres y en desarrollo, las condiciones socio económicas y culturales no permiten colocar este asunto en primer plano, principalmente en aquellos países donde hay una aparente abundancia de agua, como es el caso de Paraguay.

Sin embargo, la política de preservación de las aguas debería ser considerada prioridad en cualquier nación, pues siendo un recurso esencial para la existencia de la vida y cada vez más escaso, sin duda despunta como uno de los principales factores limitantes para garantizar el desarrollo económico y social y de las condiciones básicas para asegurar la mejoría de la salud de un pueblo.

Se sabe que en Brasil alrededor del 60% de las internaciones hospitalarias tienen origen y causa en enfermedades de transmisión por canales hídricos, tales como: hepatitis, esquistosomiasis, cólera, verminosis, entre otras.

La Política Nacional de Recursos Hídricos propuesta en el Ley de Agua que esta fase de discusión en Congreso nacional actualmente constituyó en lo instrumento fundamental para garantizar las acciones para el control y preservación de recursos hídricos. Es importante frisar que esta política propuesta establece un modelo de gestión de recursos hídricos con base de siguientes principios; la adopción de cuenca como unidad de planificación, gestión descentralizada y participativa y reconocimiento de valor económico de la agua .

Otros instrumentos legales primordiales para las actividades de control y fiscalización son la Resolución 222/02 y 157 / 06 de SEAM que establecen, respectivamente, de norma de calidad de agua y clasificación de sistema hídrico que encuadró todos los recursos hídricos en territorio paraguayo en clase 2.

A partir de promulgación de las Resoluciones arribas, todas las fuentes pulidoras asumen la obligación de adecuar su efluente para los padrones compatibles con los establecidos en clase 2. En este sentido, la Resolución de clasificación representa un marco legal decisiva para forzar el control de todas las fuentes poluidoras . Juntamente con las normas de protección de cuerpo receptor, la norma específica para el control de fuentes de polución, que esta en fase final de aprobación por SEAM deberá concretizar el base legal para control de recursos hídricos en este país.

Como fue aclarada en el ítem 2 del Capítulo 1, las cargas más relevantes que están afectando la calidad del agua de los recursos hídricos en la cuenca oriental, es de las cargas difusas propiciadas por erosión de áreas agrícolas, excepto la región metropolitana de Asunción.

Varios países del mundo manifiestan preocupación por los impactos de la erosión y sus consecuentes efectos en los recursos hídricos. A través de una serie de experimentos técnicos y los datos obtenidos, se concluye que se pierde una gran proporción de fertilizantes químicos aplicados en la agricultura, son depositados en el río ( de 5 hasta 60 %, conferencia realizada por Water Science Technology, 2005).

Concomitantemente con la contribución de nutrientes , la carga difusa puede traer sustancias residuales de agrotóxicos aplicados en la agricultura en los ríos ( Bannink 2004)( Ukita 2006)..

Con el fin de reducir tales desperdicios y contribuir en la mitigación de los impactos para el ecosistema, se viene realizando una serie de tentativas de implementación de una política de control y una educación ambiental para concienciar a los agricultores en varios países del mundo. ( Gomann , 2004, Oenwma , 2004 , Westhoek 2004 , Arheimen 2004 )

La mitigación de las cargas provenientes de tales fuentes es mucho más difícil de controlar, que de las fuentes puntuales, como por ejemplo, los efluentes industriales, debido a su gran dimensión superficial y numerosos agricultores involucrados.

Teniendo en vista la amplitud y complejidad de las actividades de éste tipo, la SEAM podría formular un programa específico para incentivar el control de la erosión, conjuntamente con el Ministerio de Agricultura y Ganadería y de los gobiernos regionales para viabilizar la implementación en el ámbito nacional.

Dentro de este Programa, sería fundamental, como primer paso, el establecimiento de los procedimientos claros para la mitigación de la erosión en función de tipos de suelo , tipos de cultivos, climas, etc. La divulgación y orientación de procedimientos mitigadores deben ser ejercidas por medio de la cooperación del municipio, conjuntamente con el sector agrícola. Como no se puede aplicar, en la práctica, ninguna ley o norma para tales fuentes, única arma viable sería la educación ambiental y contar con el espíritu de cooperación de los agricultores. Es importante resaltar, al mismo tiempo, el hecho de que la contención de la erosión y uso racional de fertilizantes químicos, pueden traer beneficios para los agricultores en término de productividad agrícola y financiera.

Con relación a las fuentes industriales, la mayoría de la industria de grandes proporciones poseen planta de tratamiento , según la información obtenida dentro de la presente investigación. Es importante resaltar, no obstante, que ni siempre las plantas de tratamiento construidas funcionan debidamente, siendo necesario el monitoreo periódico para fiscalizar la condición operacional por técnico de la SEAM. En cuanto a la industria de medio y pequeña dimensión, donde no se ha instalado todavía la planta de tratamiento, la gran mayoría de los industriales son concientes sobre la necesidad de tratamiento de efluentes.

Sin embargo, además de la dificultad financiera, la falta de orientación técnica para la solución, hace con que ellos sienten inseguros y desorientados para tomar decisiones de inversión para la construcción de planta de tratamiento, que representa muchas veces de gran riesgo financieros para ellos.

Para sanear esta situación, la actuación de la SEAM se torna importante como el orientador para la implementación de un sistema de tratamiento que contribuya, sin duda, en la reducción de las cargas poluidoras.

Cuanto al control de cloaca sanitaria, la mayoría de los municipios, que son responsables por su disposición final, se encuentran con dificultad financiera, no habiendo la perspectiva para la solución. El acumulo y infiltración de cloaca sanitaria en área urbana trae un riesgo muy serio para la salud de población.

Sabe se que solo 10 % de las viviendas de país dispongan de red colector según estadística de censo de 2002, lo que colabora contribuir lo aumento de enfermedad, inclusive del mortandad infantil.

Mismo en capital Asunción que tiene privilegio de mantener el red colector de 75 % de población, lanza cloaca directamente para el río Paraguay, colocando riesgo de contaminación en la población ribereño de este río.

Caso de ciudad de Ypacarai, es otro grave problema de saneamiento. Pues, la región en que ocupa el área urbana se mantiene el agua freática muy raso, no permitiendo verter los desechos de pozo ciego. Así, las viviendas de esta ciudad estarían en situación como se fue fluctuando dentro de cloaca sanitaria, lo que absolutamente inaceptable de punto de vista salud.

Delante la situación tan precaria de saneamiento verificado hoy, debemos recomendar la creación de uno ambicioso Plan de Saneamiento con el presupuesto dotado de plurianual en nivel de Gobierno Central para tentar perfeccionar los problemas de disposición de cloacas a fin de mejorar el nivel de calidad de la vida de población.

El control de calidad de agua de río Apa es el típico cuentón binacional para la preservación de recursos hídricos. En condición actual en que ya presenta uno nivel clara de deterioración de calidad de agua, requiera establecimiento de un plan de acción plática para tentar impedir el avance de deterioración, a través de participación de técnicos de dos países.

## **CAPITULO 2: CONTROL Y GESTIÓN DEL LAGO DE YPACARAI**

El Lago Ypacarai es un manantial cercado por una rica naturaleza, ubicado a 30 Km. de la capital, Asunción. Es una zona muy importante por sus balnearios y turismo en el país. Además del turismo, se debe destacar que este lago tiene la importante función de abastecer de agua al municipio de San Bernardino, cuya población puede alcanzar hasta más de 50. 000 habitantes en la época veraniega.

En vista de la importancia de la preservación de este manantial, la JICA viene brindando constante cooperación desde 1988 para el control y monitoreo de la cuenca del Ypacarai, así como la capacitación técnica del laboratorio del SANASA que era el responsable del control ambiental en aquella época.

A continuación se presentan los resultados de las investigaciones realizadas dentro de esta cooperación para el control y recuperación del Lago de Ypacarai.

### **1. Estudio hidrológico de la cuenca Ypacarai**

El espejo de agua del Lago Ypacarai mide, aproximadamente, 60 Km<sup>2</sup> y el volumen total es de  $138 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, tiene, por lo tanto, una profundidad media de apenas 2,3m. Además de las informaciones presentadas en el Plan Maestro elaborado por Kokusai Kogyo , empresa de consultoría contratada por la JICA en 1988.

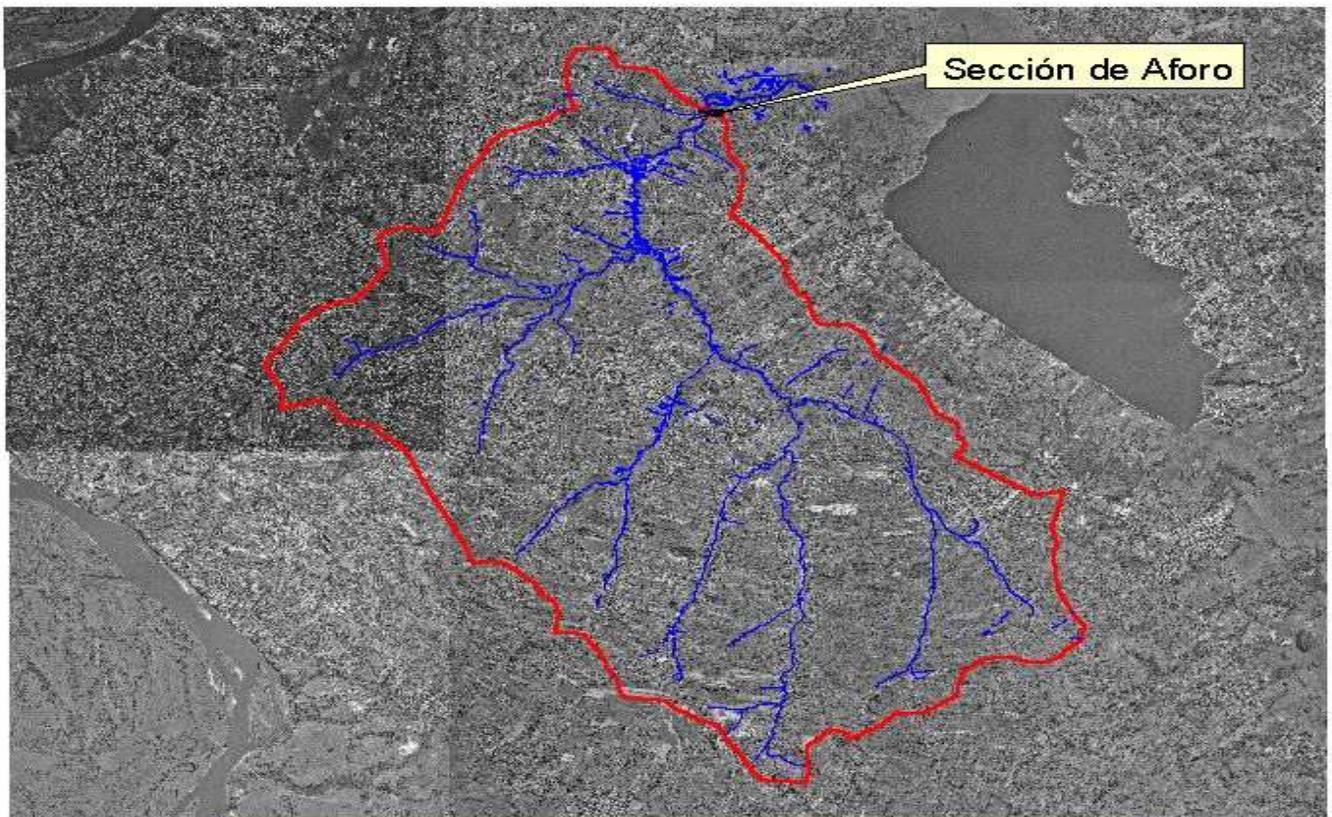
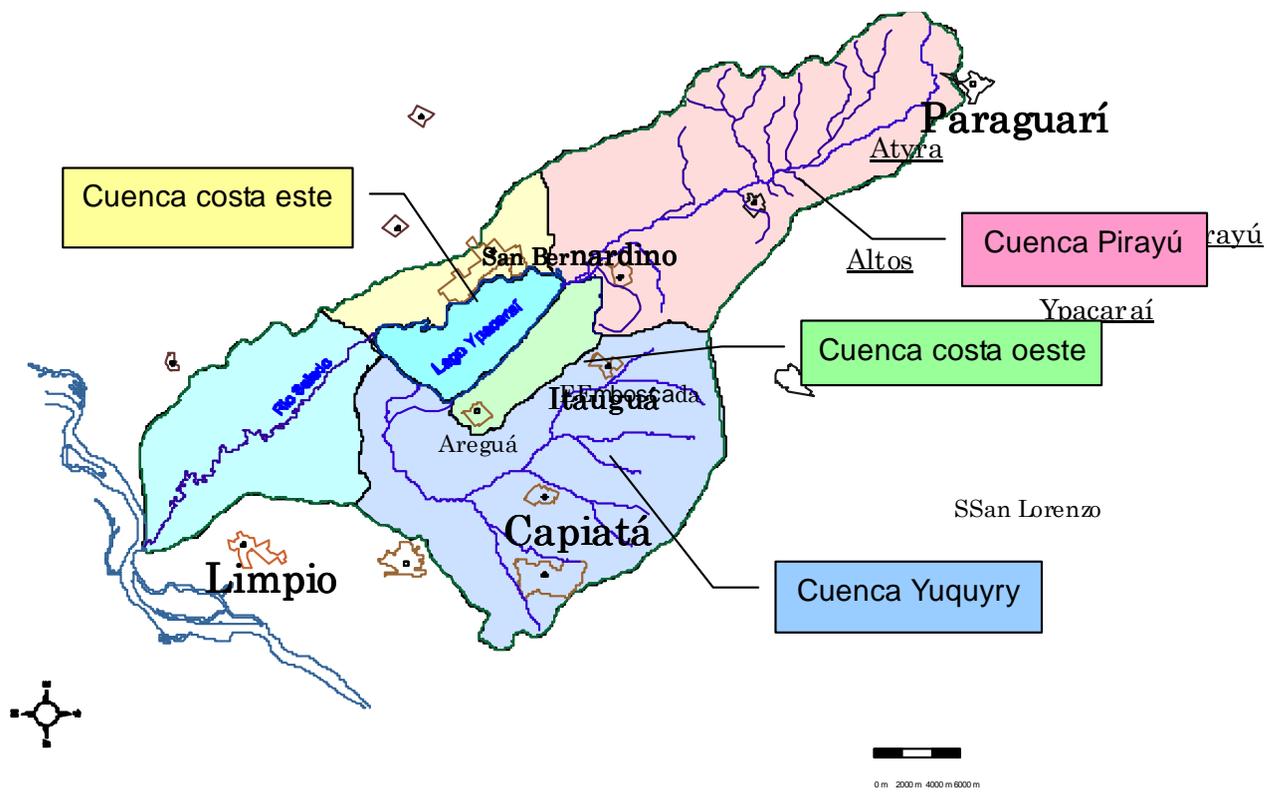
Aunque las investigaciones sobre la calidad del agua realizadas hayan sido sobre su abundancia, nunca se ha hecho un estudio profundo sobre el comportamiento hidrológico, primordial para el control y recuperación de este ecosistema.

Para la realización de tal tarea, el estudio hidráulico durante el período de 12 meses (octubre /2004 a octubre 2005) fue realizado por el Departamento de Hidráulica, Facultad de Ingeniería de la Univ. Nacional de Asunción, contratado por JICA.

#### **1.1 . Instalación de escala medidor y construcción de curva H/Q**

Aunque el Lago Ypacarai este formado por 4 sub-cuencas (ver figura a continuación), la de Yuquyry presenta una de mayor área superficial y mayores contribuciones de poluyentes, correspondiendo su flujo más de al 80 % de todas las cargas generadas en la cuenca Ypacarai.

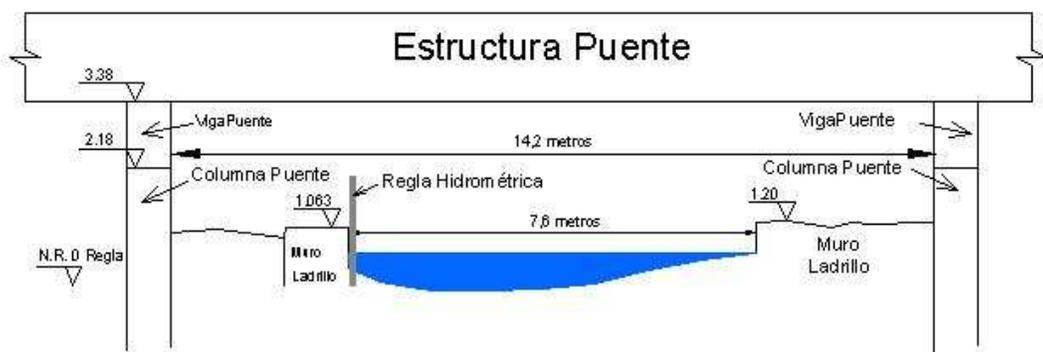
Teniendo en cuenta este hecho, se escogió el río Yuquyry para la instalación de la escala medidora de caudal. El lugar seleccionado está ubicado en el camino que une las compañías Yuquyry (Luque) y Valle Pucu (Aregua), en el sitio se encuentra un puente de H<sup>o</sup> A<sup>o</sup>.(fotos) que corresponde a las proximidades de su desembocadura al Lago Ypacarai.



**CUENCA ARROYO YUQUYRY  
SECCION DE AFORO**



La figura muestra a continuación un corte de la sección de este puente. Se colocaron 4 reglas de 1m c/u, 2 en el cauce inferior y las otras 2 en el cauce superior. Se pudo medir hasta 4m de altura. Se estima que ese puede ser el valor máximo teniendo en cuenta la altura del puente.



Se utilizaron caños de metal y plástico. Primeramente se colocó un caño galvanizado de 4" por 4 m de longitud. Seguidamente se colocó un caño de plástico de 6 " y se fijaron chapas de escala para la lectura del nivel del agua.

Para la elaboración de la curva de  $H / Q$  se midió el caudal del agua mediante la toma de 10 muestras cuyos resultados se detallan a continuación en la tabla.

En cada oportunidad se midieron la velocidad del agua cada 20 cm de distancia en toda la anchura del espejo de agua del río y en profundidad a los 20 cm, 60 cm y 80 cm, dependiendo de la profundidad del agua, como se ilustra a continuación en las fotos.



La lectura de la regla instalada se realizó tres veces por día.

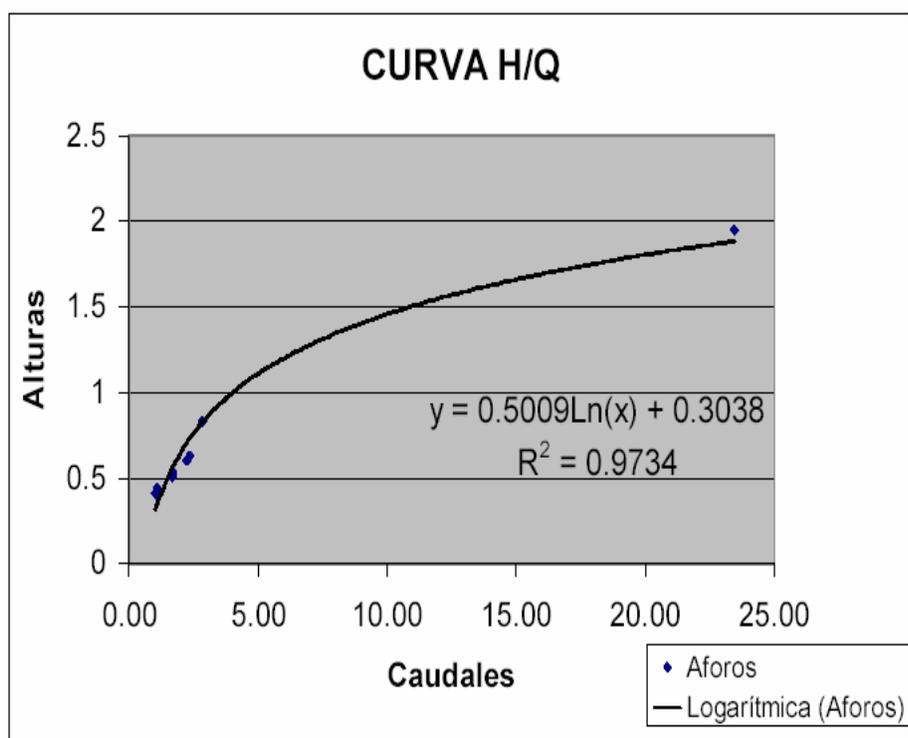
Las 10 mediciones del caudal obtenidas directamente en el río indican un rango de variación grande de 1 m<sup>3</sup>/s a 23,44 m<sup>3</sup>/s, predominando, sin embargo, un rango de 1 a 3 m<sup>3</sup>/s como se verifica en la siguiente tabla:

**Tabla 1.1 Resultados de las mediciones de caudal en río Yuquyry**

| Fecha    | Caudal m <sup>3</sup> /s | Sec.trans. m <sup>2</sup> | Velocidad m/s | Ancho m |
|----------|--------------------------|---------------------------|---------------|---------|
| 17/01/05 | 2,22                     | 4,13                      | 0,54          | 6,6     |
| 11/02/05 | 1,11                     | 2,85                      | 0,39          | 6,0     |
| 23/02/05 | 1,08                     | 2,84                      | 0,38          | 6,7     |
| 11/03/05 | 1,02                     | 3,01                      | 0,34          | 6,5     |
| 05/04/05 | 2,37                     | 4,48                      | 0,53          | 7,6     |
| 21/04/05 | 2,86                     | 8,33                      | 0,34          | 7,6     |
| 17/05/05 | 23,44                    | 34,54                     | 0,68          | 56,0    |
| 10/06/05 | 3,33                     | 3,75                      | 0,89          | 7,6     |
| 13/07/05 | 1,68                     | 3,78                      | 0,45          | 7,2     |
| 04/10/05 | 3,82                     | 3,82                      | 0,45          | 7,2     |

En base a estos datos, se elaboró la curva de H / Q para posibilitar la medición del caudal del río a través de la altura de la lámina de agua.

La figura a continuación presenta la curva H / Q obtenida.



## 1.2. Cálculo del caudal en la Cuenca del Ypacarai

A fin de estimar el caudal de las otras sub-cuencas hidrográficas que componen la cuenca del Ypacarai (cuenca Pirayu, este y oeste). Se calculó la tasa del coeficiente de escorrentía de la cuenca en estudio, para posibilitar la evaluación del caudal en las respectivas sub-cuencas.

Para esta evaluación, fueron utilizados los datos de precipitación pluviométrica de la media mensual en la cuenca del Yuquyry, obtenidas durante el período 1969 - 1990.

**Tabla 1.1.2 Media de precipitación entre 1961 a 1990**

| Mes                   | Enero | Febrero | Marzo     | Abril   | May       | Junio     |
|-----------------------|-------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|
| Precipitación mm /mes | 150   | 125     | 150       | 150     | 100       | 75        |
| Mes                   | Julio | Agosto  | Setiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Precipitación mm/mes  | 50    | 50      | 75        | 125     | 150       | 150       |

Los resultados finales de caudal evaluado a través de los procedimientos y datos explicados en función de las épocas secas, lluvia y media en cuatros sub-cuencas hidrográficas se presentan en la tabla 1.1.3.

**Tabla 1.1.3 Caudal medio en la Cuenca del Ypacarai**

| Cuenca       | Área Km2 | Caudal en época seca m <sup>3</sup> / s | Caudal media m <sup>3</sup> / s | Caudal en época lluvia m <sup>3</sup> / s |
|--------------|----------|---|---------------------------------|---|
| Pirayu       | 345,17   | 1,75                                    | 2,58                            | 3,73                                      |
| Cuenca Este  | 73,27    | 0,32                                    | 0,47                            | 0,68                                      |
| Cuenca Oeste | 49,96    | 0,22                                    | 0,32                            | 0,46                                      |
| Yuquyry      | 302,60   | 1,32                                    | 1,95                            | 2,81                                      |
| Total        | 771,0    | 3,61                                    | 5,33                            | 7,68                                      |

Según, los datos del caudal referidos en la tabla anterior y los tiempos de residencia hidráulica del lago varían de 260 días (8,7 meses) a 385 días (12,8 meses) conforme a la época del año, lo que significa que el lago posee las características de un ecosistema bastante cerrada que dificultaría la recuperación del agua poluída acumulada en el mismo.

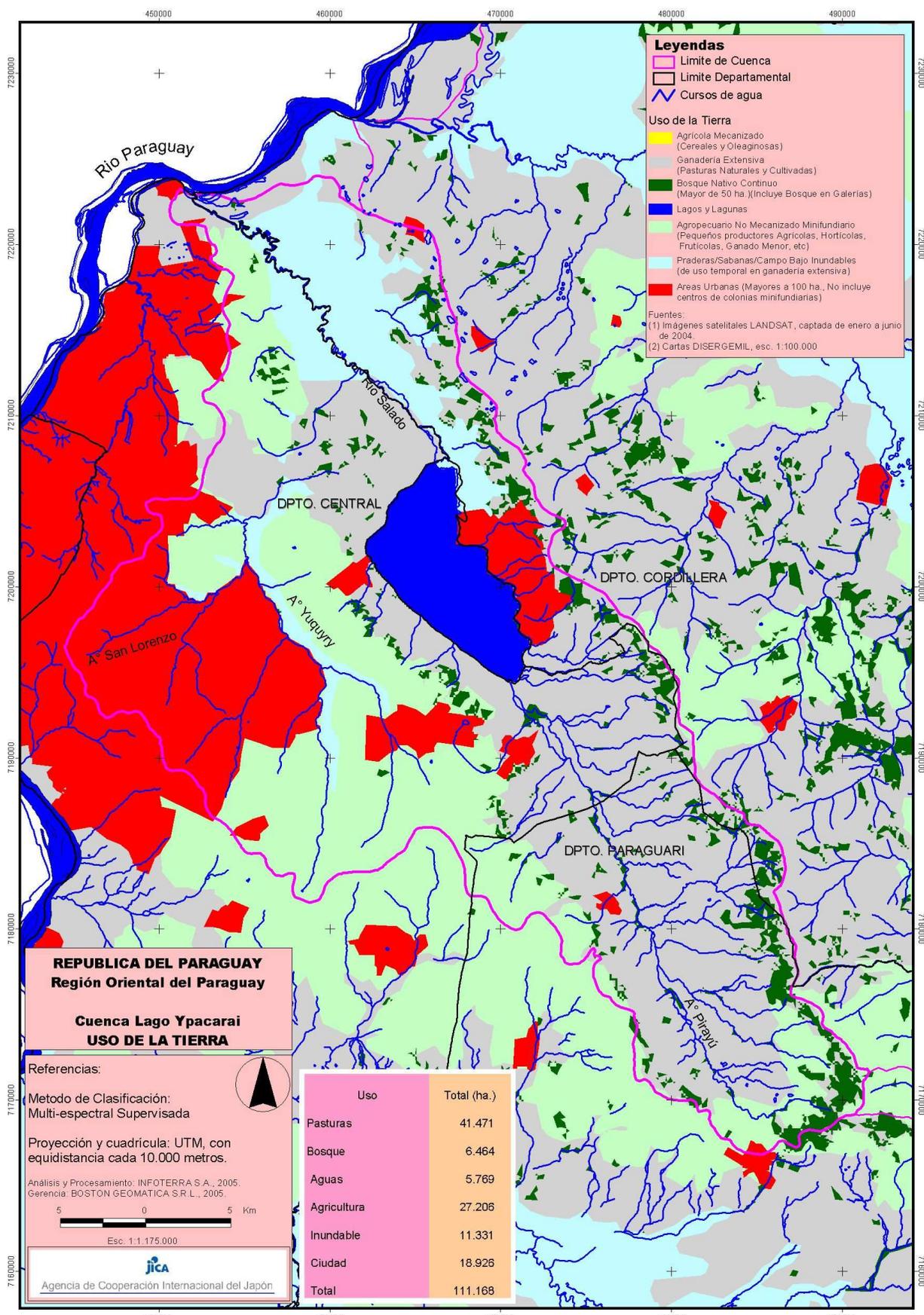
## **2. Uso del suelo y fuentes poluidoras**

### **2.1. Uso de suelo**

Como presenta la imagen satelital del 2006 en la página siguiente, el área total de la Cuenca hidrográfica del Lago abarca cerca de 1.000Km<sup>2</sup>, de los cuales el 50,6% es afectado por actividades agropecuarias, 10% por forestales, 21 % zonas bajas, 15% por área urbana y 5,2% por el lago. Esta distribución del uso del suelo indica una intensa actividad antropogénica, lo que sugiere que indica el mayor impacto para la polución hídrica.

La imagen de satélite presentada a continuación ofrece una visión genérica sobre la ocupación de suelo de la cuenca Ypacarai.

De acuerdo con esta peculiaridad del uso del suelo, fueron levantados tres categorías de fuentes poluidoras o sean ,: cloacas sanitarias, efluentes industriales y cargas difusas .



## 2.2. Fuentes poluidoras

### 2.2.1 Cloacas sanitarias

De acuerdo con el estudio realizado por GTZ y Alter Vida en 1999 y actualizados con los datos estadísticos del censo del 2002, la cuenca hidrográfica del Ypacarai abarca 20 municipios, de los cuales solamente Aregua, San Bernardino, Itagua, J. A. Salvadivar e Ypacarai están íntegramente insertos dentro de esta cuenca, con una población de 735.454 habitantes en el año 2002.

Es importante resaltar que, conforme con los datos levantados en el Plan Maestro del 1988 ya referido anteriormente, la población de esta cuenca contaba con 207.326 habitantes en aquella época, aumentando al orden de 750 000 habitantes en el año 2002. El incremento, por lo tanto, fue de más de 3,6 veces en estos últimos 13 años. Si se mantiene la misma tasa de crecimiento, podría llegar a un tamaño poblacional de alrededor de 1.500.000 habitantes en los próximos 10 años, lo que evidentemente acompañará un aumento significativo de las cargas sanitarias.

Con relación al sistema de tratamiento de cloacas, cerca del 25% de la población de San Lorenzo es beneficiada con la red de alcantarillado y tratamiento por laguna de estabilización.

El municipio de San Bernardino dispone de red de alcantarillado para una población de 3 800 habitantes residentes en las áreas urbanas, cuyas cloacas están dirigidas a la planta de la laguna de estabilización. El efluente de esta planta se vierte directamente al Arroyo Salado para evitar la polución del lago.

Basados en los criterios de contribución de cargas unitarias por habitantes establecidos en el ítem anterior ( Capítulo 1 , ítem 2 ), se estimaron las cargas poluidoras correspondientes a la población urbana de cada municipio insertadas en la cuenca del Ypacarai , como se indica en la tabla a continuación.

**Tabla 2..1.1 Población y cargas poluidoras potenciales de cada Municipio.**

| Municipio       | Pob.total | Pob.urbana | cargas ( kg / d) |           |         |         | Coli.fcal<br>( x10 <sup>9</sup> ) |
|-----------------|-----------|------------|------------------|-----------|---------|---------|-----------------------------------|
|                 |           |            | DBO              | Nitrógeno | Fósforo | Sólidos |                                   |
| Altos           | 9.633     | 481        | 19,2             | 2,9       | 0,38    | 28,9    | 4.8x11                            |
| Aregua          | 44.480    | 44.480     | 1179             | 266,9     | 33,6    | 2669    | 4.5x13                            |
| Caacupe         | 42.170    | 784        | 31,4             | 4,7       | 0,63    | 47      | 7.8x11                            |
| Emboscada       | 12.370    | 3.848      | 153,9            | 20,1      | 3,1     | 230     | 3.8x12                            |
| Fndo.de La Mora | 113.990   | 19.367     | 774,7            | 116,1     | 15,5    | 1155    | 1.9x13                            |
| Guarambare      | 16.280    | 1.172      | 46,9             | 7         | 0,9     | 70      | 1.2x12                            |
| Ita             | 50.892    | 3.674      | 147              | 22        | 2,9     | 219     | 3.7x12                            |
| Itagua          | 61.670    | 61.670     | 2467             | 369,8     | 49,3    | 3679    | 6.2x13                            |
| J.A.Saldivar    | 37.480    | 37.480     | 1499             | 224,8     | 30      | 2236    | 3.7x13                            |
| Limpio          | 72.510    | 29.548     | 1182             | 177,2     | 23,6    | 1763    | 3x13                              |
| Luque           | 185.670   | 136.505    | 5460             | 818,6     | 109,1   | 8143    | 1.4x14                            |
| Nemby           | 71.000    | 3.621      | 145              | 21,7      | 2,9     | 216     | 3.6x12                            |
| N. Colombia     | 3.620     | 573        | 23               | 3,4       | 0,5     | 34      | 5.7x11                            |
| Paraguari       | 23.680    | 6.346      | 254              | 38,1      | 5,1     | 379     | 6.3x12                            |
| Pirayu          | 14.860    | 14.117     | 565              | 84,7      | 11,3    | 842     | 1.4x13                            |
| San Bernard.    | 9.550     | 9.550      | 382              | 57,3      | 7,6     | 567     | 9.6x12                            |
| San Lorenzo     | 203.150   | 184.867    | 7395             | 1109      | 147,8   | 11027   | 1.8x14                            |
| Yaguaron        | 25.380    | 3.426      | 137              | 20,5      | 2,7     | 204     | 3.4x12                            |
| Ypacarai        | 18.780    | 18.780     | 751              | 112,6     | 15      | 1120    | 1.9x12                            |
| Ypane           | 25.780    | 645        | 26               | 3,9       | 0,5     | 38,5    | 6.5x11                            |
| Total           | 1.042.945 | 580.934    | 23238            | 3486      | 464.7   | 34856   | 5.3x14                            |

Fuente : GTZ y Altervida 1999  
Censo 2002

Las cargas presentadas arriba son potenciales, solamente algunas parcelas de estas pueden ser conducidas realmente hacia los ríos y lago como remanente.

Para el presente trabajo, fue adoptado la reducción de cargas sanitarias correspondientes a 25 % de la población de Lorenzo debido a tratamiento por la Planta de laguna, 100% de población urbana de San Bernardino y 40 % de reducción de cargas de la demás poblaciones beneficiadas por depuración por el sistema de pozo ciego, instalado en mayoría de las viviendas y el proceso de infiltración en el suelo.

### 2.2.2. Cargas industriales

Como se presentó en el Capítulo 1, se realizó el levantamiento de cargas poluidoras industriales en la cuenca del Ypacarai, como una parte de las actividades para levantamiento de las fuentes industriales de la cuenca hidrográfica Oriental del río Paraguay, a través de la colecta de muestras de campo y el establecimiento de unidades de contribución de cargas en función de la categoría industrial.

El detalle de los resultados obtenidos del levantamiento de datos en la cuenca del Ypacarai se relaciona en las tablas presentadas en ítem relativa a 2.2.2.2.2. Las industrias citadas en estas tablas no llegan a abarcar el 100 % de las existentes, representado, no obstante, por lo menos el 80 % de las industrias que producen los desechos líquidos en la cuenca Ypacarai.

Las cargas potenciales y remanentes totales obtenidas en este levantamiento son resumidas en la tabla a continuación.

**Tabla 2.1.2. Cargas industriales potenciales y remanentes totales en la cuenca Ypacarai ( kg / d )**

| Cargas      | DBO   | DQO    | N   | P   | ST    |
|-------------|-------|--------|-----|-----|-------|
| C.Potencial | 6.046 | 13.284 | 579 | 102 | 7.969 |
| C.Remanente | 3.786 | 9.235  | 444 | 60  | 5.610 |

Se demuestra que conforme a los parámetros, del 24% al 42 % de las cargas industriales, están siendo mitigadas gracias al sistema de tratamiento implementado en algunas industrias, aunque es necesario perfeccionar la eficiencia del tratamiento para alcanzar, por lo menos, un nivel del 80 % de mitigación.

Las mayores fuentes poluidoras industriales encontradas en esta cuenca son de mataderos, seguidas de curtimbres, aceiteras, lavanderías y otras.

### 2.2.3. Cargas difusas

Las principales fuentes de las cargas difusas de la cuenca en estudio provienen de las áreas agrícolas que producen marcados efectos de erosión y el área urbana con el gran cumulo de cloacas sanitarias, basuras y de otros poluyentes adversos.

La carga difusa de la cuenca del Ypacarai fue estimada conjuntamente con la medición del caudal, mediante los datos obtenidos en los puntos de control del caudal en el Ao Yuquyry, a través de varios días de monitoreos realizados desde el mes de julio del 2005 a febrero del 2006.

Un típico ejemplo que representa la gravedad de las cargas difusas es el fenómeno observado en el mes de agosto / 2005, cuando fue registrado un caudal de 27 m<sup>3</sup>/s en el punto de control decurrente de la fuerte precipitación. En esos días se determinó un aumento de 15 veces la carga de DBO y sólidos y casi 30 veces las cargas de fósforo y coliformes fecales en relación con los días sin precipitación (Ver tabla2.1.3). Este fenómeno indica una gran acumulación de poluyentes en la cuenca formadora que se vierte a los ríos junto con las aguas de lluvia. Esto indica la existencia de un alto riesgo para la salud de la población residente en la cuenca.

**Tabla 2.1.3. Impactos de las cargas difusas**

| Parámetro                           | seca | Lluvia |
|-------------------------------------|------|--------|
| DBO t / d                           | 1,1  | 15,3   |
| Fósforo t / d                       | 0,07 | 2,22   |
| Nitrogeno t / d                     | 0,71 | 5,72   |
| Coli. fecal No x10 <sup>9</sup> / d | 0,38 | 10,15  |
| Sólidos totales t / d               | 73,7 | 1335,0 |
| Caudal m <sup>3</sup> / s           | 1,5  | 27     |

En base a los datos de las cargas obtenidas mediante levantamientos “in situ” en los días de lluvia durante 50 días de precipitación en el periodo de investigación del 2005, se evaluaron las tasas de cargas difusas en la cuenca del Ypacarai según se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 2.1.4. Estimación de cargas difusas en la cuenca del Ypacarai**

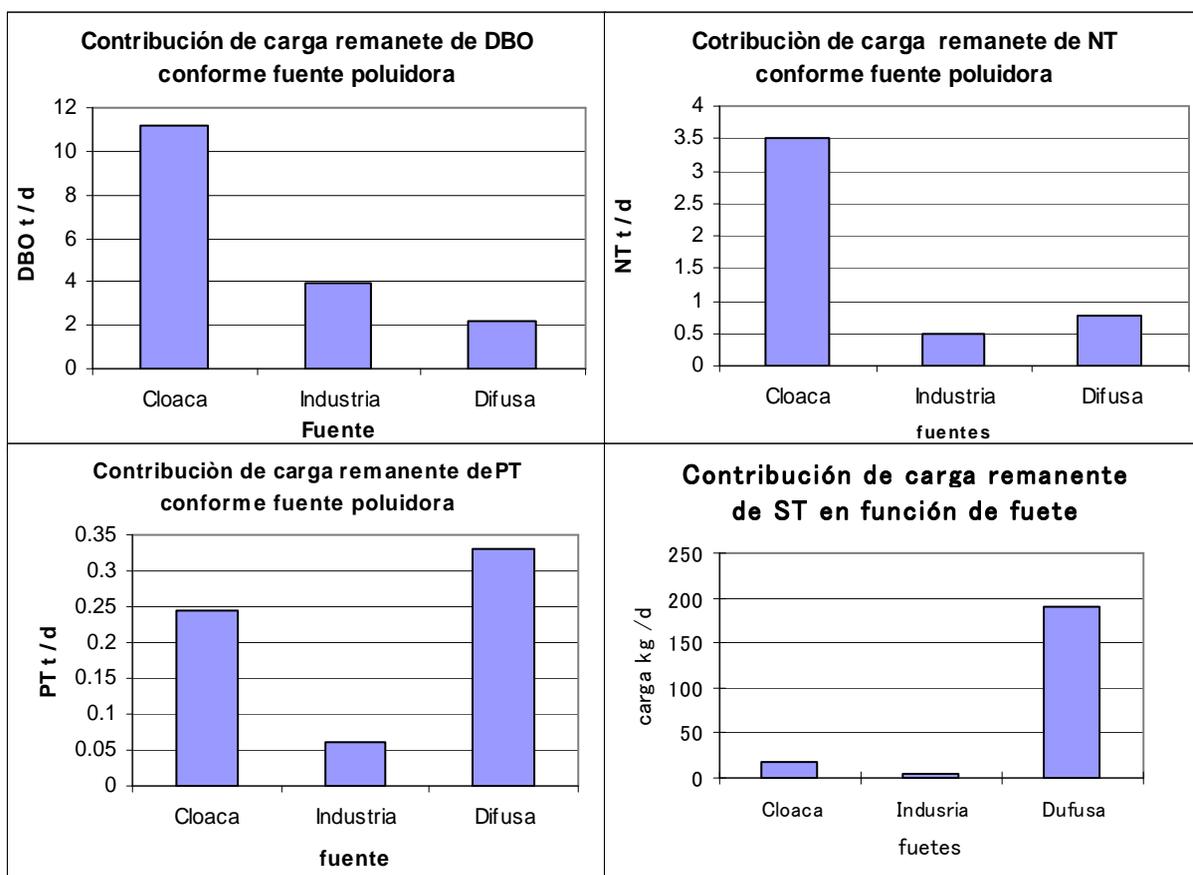
| Parámetro          | Cargas difusas en t /d o UFC |
|--------------------|------------------------------|
| DBO                | 2,2                          |
| Nitrogeno          | 0,78                         |
| Fósforo            | 0,33                         |
| Sólidos totales    | 1927,0                       |
| Coliformes fecales | 1,5 x 10 <sup>9</sup>        |

Dentro de las cargas evaluadas, se destaca el gran flujo de carga de sólidos totales decurrentes en el proceso de erosión.

La tabla y figuras que se presentan a continuación resumen, comparativamente, el flujo de carga remanente de cada fuente poluidora calculado en base a los datos presentados anteriormente.

**Tabla y figura 2.1.5. Contribución de cargas remanentes en función de la fuente poluidora**

| Fuentes   | Cargas poluidoras en t /d |      |       |      |
|-----------|---------------------------|------|-------|------|
|           | DBO                       | NT   | PT    | ST   |
| Cloaca    | 11,2                      | 3,5  | 0,245 | 16,7 |
| Industria | 3,9                       | 0,49 | 0,06  | 5,4  |
| Difusa    | 2,2                       | 0,78 | 0,33  | 191  |



Se observa que la contribución de cargas remanentes de cloacas sanitarias presentan números bien mayores en termino de DBO y nitrógeno en relación con las de industria y cargas difusas. Sin embargo, la origen difuso resulta mayores contribuciones en PT y sólidos, especialmente de este último, afectado por el efecto de lo proceso de erosión.

En la tabla a continuación se relaciona el flujo de cargas totales remanentes (sanitarias, industriales y difusas) en cada sub-cuenca integrante de la cuenca del Ypacarai, obtenidas en base a estimaciones presentadas anteriormente. Para la elaboración de esta relación, se asume que la distribución de cargas difusas que ocurren proporcionalmente en función al número de habitantes de cada sub-cuenca.

**Tabla 2.1.6. Flujo de cargas totales remanentes en función de la sub-cuenca**

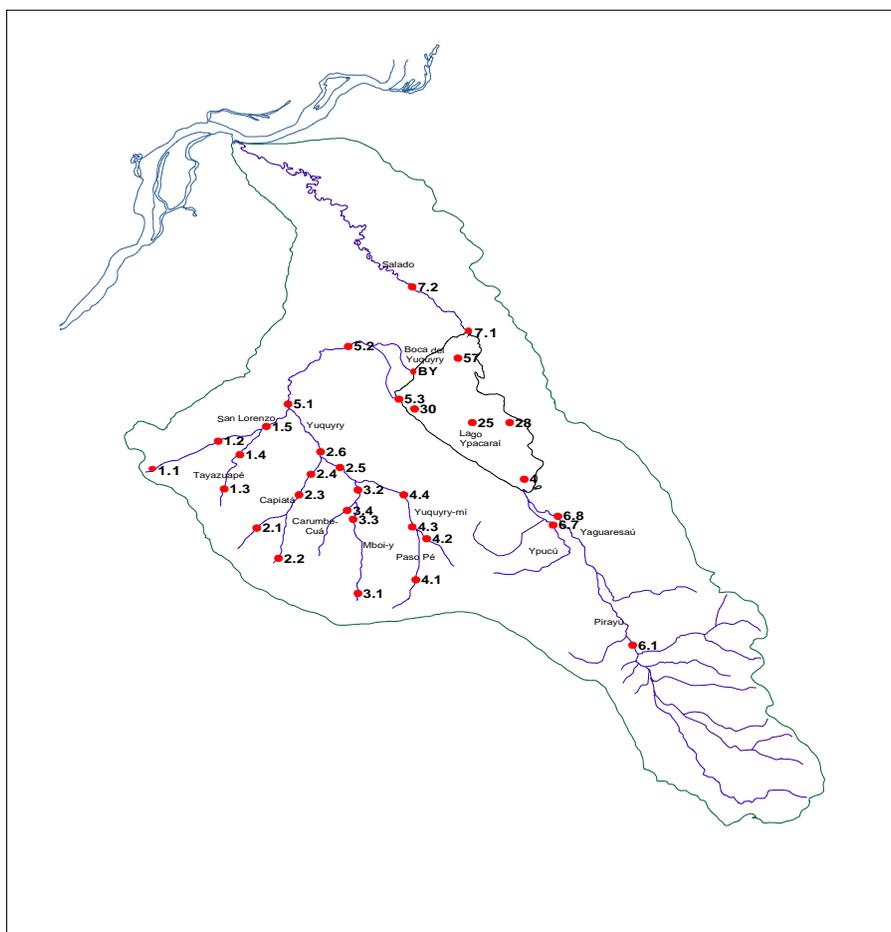
| Cuenca  | ( t/d o UFCx10 <sup>N</sup> ) |       |        |       |             |
|---------|-------------------------------|-------|--------|-------|-------------|
|         | DBO                           | NT    | PT     | ST    | Coli. Fecal |
| Yuquyry | 6,331                         | 1,549 | 0,364  | 169,1 | 5,4x9       |
| Pirayu  | 0,214                         | 0,095 | 0,0268 | 25,2  | 0,46x9      |
| Oeste   | 0,172                         | 0,077 | 0,0211 | 9,8   | 0,37x9      |
| Este    | 0,035                         | 0,012 | 0,0211 | 3,1   | 0,024x9     |
| Total   | 6,752                         | 1,733 | 0,433  | 207,2 | 6,25x9      |

Conforme a los datos presentados, la sub-cuenca Yuquyry contribuy con la mayor carga , correspondiendo de 80 a 90 % de cargas totales remanentes generadas en .la cuenca del Ypacarai, dependiendo del parámetro.

## 2. Investigaciones de la calidad de agua del Lago Ypacarai

### 3.1. Característica de agua de afluentes

La SENASA, a través de la cooperación de JICA, realizó, en el período 1995 al 2000, un intenso monitoreo de la calidad de agua en la cuenca formadora y lago Ypacarai, estableciendo 27 puntos de colecta en los arroyos afluentes y 5 puntos en el centro del lago (ver próxima figura), cuyos resultados se pueden interpretar de la siguiente forma:



Las concentraciones de oxígeno en los tramos de los arroyos más próximos a las fuentes poluidoras o sea áreas urbanas, presentan una faja de 2 a 3 mg/l, debido a la liberación de cargas orgánicas de los municipios, no habiendo sido constatado, sin embargo, ningún punto en que acusen condiciones anóxicas. Todos los índices de coliformes, PT y NT fueron superiores a los límites establecidos en el patrón de clase 2 establecido en la Norma 222 /02 SEAM. En los análisis de metales pesados efectuados en los sedimentos se obtuvieron las concentraciones de Cr superior al padrón (Canadian Environmental Agency 1996) en el A° Ypucu y A° San Lorenzo.

En la siguiente tabla se muestran los valores medios resultantes del análisis de 5 años obtenidos en los puntos de los arroyos Yuquyry y Pirayu próximos al lago Ypacarai como también en el río Salado.

**Tabla 3.1.1. Calidad de agua de los principios arroyos mg/l o UFC / 100ml.**

| Parámetro cuenca | OD             | DBO             | DQO      | PT               | NT              | C.fecal         |
|------------------|----------------|-----------------|----------|------------------|-----------------|-----------------|
| A.Yuquyry        | 5,2            | 5,5             | 45,5     | 0,57             | 3,71            | 6930            |
| A.Pirayu         | 8,0            | 1,2             | 41,1     | 0,09             | 1,31            | 9421            |
| Salado           | 8,1            | 1,5             | 64,6     | 0,26             | 2,56            | 384             |
| <b>Patrón</b>    | <b>&gt;5,0</b> | <b>&lt; 5,0</b> | <b>-</b> | <b>&lt;0,025</b> | <b>&lt; 0,3</b> | <b>&lt;1000</b> |

Se observa que los tenores de DBO y OD presentan compatibilidades con los patrones de clase 2, debido a los efectos de auto-depuración ejercido durante el tiempo de recorrido entre fuentes y puntos de colecta indicados. No obstante, los tenores de PT son más de 20 veces superiores al patrón en el Yuquyry y 4 veces en el Pirayu, mientras que el nivel de contaminantes con coliformes fecales fue superior, de 6 a 9 veces al patrón establecido.

En el río Salado, afluente del lago Ypacarai, la concentración de OD se encuentra a nivel de saturación y tanto DBO como coliformes fecales tienen los valores más bajos, comparativamente con los del patrón. La concentración de PT determinada en este río equivale a cerca del 50 % del encontrado en el arroyo Yuquyry. Vale mencionar que las características del agua del río Salado son prácticamente las mismas que las del lago Ypacarai, pues, allí se mezclan las masas de agua casi por completo, como será explicado en el siguiente ítem.

La siguiente tabla presenta el rango de variaciones de concentraciones de varios parámetros de calidad de agua obtenidos en el Arroyo Yuquyry en el período de junio/05 a marzo/06

**Tabla 3.1.2. Calidad de agua determinada en Ao Yuquyry en el período junio /05 a marzo /06.**

| Parámetro          | pH           | Oxígeno mg / L | Fósforo mg/ L    | Nitrógeno mg / l | S. Totales mg / L | Coli.fecal / 100ml | DBO mg/ L       |
|--------------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| Rango de variación | 7,0-7,1      | 2,6 - 6,1      | 0,31- 1,1        | 2,49 - 7,28      | 298 – 392         | 400-8 700          | 4,2 - 7,8       |
| Patrón             | <b>6 - 9</b> | <b>&gt; 5</b>  | <b>&lt;0,025</b> | <b>&lt;0,3</b>   |                   | <b>&lt; 1000</b>   | <b>&lt; 5,0</b> |

Aunque en la investigación más recientes se verifica una tendencia de deterioro mayor comparativamente con las realizadas anteriormente, se puede juzgar que la principal causa de la polución en el lago Ypacarai no proviene de cargas orgánicas sino de los nutrientes que poseen las características conservativas. Vale mencionar también, que los índices de coliformes, que son superiores al patrón en estos puntos de monitoreo, sufrirán el proceso de decaimiento rápido, durante el recorrido de los arroyos y en el trecho inicial del lago, por la acción bactericida de la infla- roja contenida por la fuerte insolación reinante en esta región ( la tasa de decaimiento de coli. fecal, Kd es del orden de 0,15 a 0,20 , o sea, 15 a 20% por día en término exponencial), lo que no causa grandes efectos en la calidad del agua para uso múltiple.

### 3.2. Característica del agua del lago Ypacarai

En la siguiente tabla, se relacionan los valores medios del fósforo, clorofila-a y coliformes fecales obtenidos durante el monitoreo arriba realizado en 5 puntos distribuidos en el lago Ypacarai. El punto 4 indicado en la tabla, se sitúa próximo a la entrada del A° Pirayu, el punto 25 y 28, en medio del lago y los demás puntos se ubican en la región próxima a la entrada del A° Yuquyry, o sea, la región inferior del lago.

**Tabla 3.1.3. Concentración media de principales parámetros en lago Ypacarai**

| Puntos           | 4    | 25   | 28   | 30   | 57   |
|------------------|------|------|------|------|------|
| Parámetros       |      |      |      |      |      |
| PT mg/l          | 0,20 | 0,22 | 0,21 | 0,23 | 0,23 |
| PO4 mg/l         | 0,12 | 0,13 | 0,18 | 0,13 | 0,12 |
| Clorofila-a ug/l | 21,0 | 25,0 | 25,8 | 31,8 | 30,8 |
| Coliformes NMP   | 272  | 113  | 91   | 191  | 120  |

Es importante destacar que no se nota una diferencia relevante de concentración de los parámetros conforme al área del lago, aunque el tenor de nutrientes determinados en el A° Yuquyry se presenta mucho más elevado comparativamente con el del A° Pirayu, que desemboca en el lado opuesto.

Este fenómeno puede ser explicado por el hecho de que el lago posee una conformación alargada y la profundidad es de sólo 2 a 3 m, ésta característica hidráulica facilita la acción del viento que sopla de debajo hacia arriba del lago, promoviendo una intensa propagación de masa de agua rica en nutrientes del A° Yuquyry al medio hasta la zona arriba del lago.

En otras palabras, el lago funciona como si fuese un reactor biológico eficiente de mezcla completa.

El registro de la velocidad media del viento en esta región es del orden de 0 a 8 m/s. A pesar de que el lago Ypacarai pertenece a la región tropical (temperatura del agua de 25°C a 33°C de media mensual), no ocurre la estratificación térmica intensa en ninguna época del año, manteniéndose por consiguiente, siempre las condiciones aeróbicas en toda el perfil vertical del agua. Esto propicia la retención del fósforo en la superficie de los sedimentos por medio del proceso de unión con iones de Fe o Mn formando iones insolubles, limitando la tasa de liberación de nutrientes de sedimentos, especialmente de fósforo.

Por otro lado, la tasa de sedimentación de materiales en suspensión y coloidales, inclusive las particulares de algas, es muy restringida, debido a la baja profundidad y mayor agitación del agua, comparativamente con el lago con mayor profundidad. Esto significa que la gran porción de materia orgánica y nutrientes introducidos en el lago Ypacarai a través de afluentes permanecen en suspensión la mayor parte del tiempo, en medio del agua, manteniendo el proceso de descomposición en caso de materia orgánica, y asimilación por las algas en el caso de nutrientes. Las materias orgánicas biodegradables originarias de cloacas sanitarias y de efluentes industriales, como por ejemplo, mataderos y frigoríficos, pueden ser descompuestas por completo en un corto período por la temperatura elevada (menos de 20 días con temperaturas arriba de 20°C), como es el caso de la región tropical en estudio. No ocurre lo mismo, sin embargo, con los nutrientes debido a las características conservadoras, acumulándose, cada vez más en el ecosistema.

La siguiente tabla muestra la comparación del nivel trófico del lago Ypacarai con la categoría de varios estados tróficos sugeridos por Vollenweider (1986).

**Tabla 3.1.4. Comparación del nivel trófico del lago Ypacarai (segun Vollenweider 1986)**

| Estado trófico       | TP conc.<br>média ( mg/L) | Chlorophyll-a<br>( ug / l) |       | Secchi disk<br>( m) |         |
|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|---------------------|---------|
|                      |                           | média                      | max.  | média               | max.    |
| Ultra-oligotrófico   | 0,004                     | 1,0                        | 2,5   | 12,0                | 6,0     |
| Oligotrófico         | 0,01                      | 2,5                        | 8,0   | 6,0                 | 3,0     |
| Mesotrófico          | 0,01-0,035                | 2,5-8                      | 8-25  | 6-3                 | 3-1,5   |
| Eutrófico            | 0,035-0,100               | 8-25                       | 25-75 | 3-1,5               | 1,5-0,7 |
| Hipertrófico         | > 0,100                   | > 75                       |       | < 0,7               |         |
| <b>Lago Ypacarai</b> | <b>0,22</b>               | <b>4 - 85</b>              |       | <b>0,2 - 0,5</b>    |         |

El nivel actual de eutrofización observado corresponde a la categoría de hiper –trófico o sea la ultima categoría del estado trófico, lo que significa la presencia de abundante concentración de nutrientes, ofreciendo una condición plena para permitir la producción de todos los tipos de cianobacterias en gran cantidad.

### 3.3. Eutrofización y proliferación de algas tóxicas

Las tablas 3.1.5 y 3.1.6 presentan resultados de identificación de algas obtenidos durante el período 2005 al 2006.

Se observa que se encuentra poca diversidad de especies fitoplanctónicas y gran concentración de cianobacterias, debido al avanzado estado de eutrofización que permite el crecimiento solamente de los tipos de algas resistentes a condiciones selectivas.

*Microcystis aeruginosa* que aparece en gran densidad en el lago es productor de hepatoxina , o sea microcistina ,que posee más de 30 variedades de isómeros, siendo que el OMS (1998) estableció la concentración máxima de 1ug/l de microcistina LR para agua de abastecimiento publico, teniendo a la vista que es una característica estimulante de acción carcinogénica. La misma entidad internacional, al mismo tiempo, adoptó la densidad de células de 20.000 por ml de cianobacteria como el nivel de alerta, recomendando la realización de examen toxicológico, inclusive de análisis químico y de bioensayo con ratones de laboratorio.

Además de la sustancia tóxica referida, *Oscillatoria* sp. y *Phormidium* sp. , a su vez, son responsables de la liberación, respectivamente, de las sustancias Geosmin y MIB (2-metylisoborneol), que dan mal sabor al agua.

En la tabla 3.1.7, se relacionan las concentraciones de micocistina y células de cianobacteria determinadas durante la investigación desde el 2005 al 2006 en el lago Ypacarai.

**Tabla 3.1.5. Identificación de fitoplancton en lago del Ypacarai  
Playa de Aregua (cél / mL)**

| <b>Fecha de muestreo:</b>          | 18/08/2005 | 02/09/2005 | 19/09/2005 | 27/10/2005 | 06/12/2005 | 02/02/2006 | 02/03/2006 |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Cyanophyceae</b>                |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Microcystis aeruginosa</i>      | 137600     | 226800     | 8230000    |            | 3800       | 175800     | 116000     |
| <i>Microcystis wesenbergii</i>     |            |            |            |            |            | 50800      | 40000      |
| <i>Microcystis protocystis</i>     |            |            |            |            |            |            | 100000     |
| <i>Anabaena spiroides</i>          |            | 7000       | 142000     |            | 840        | 4360       | 5400       |
| <i>Anabaena circinalis</i>         |            |            |            |            |            |            | 1200       |
| <i>Eucapsis sp</i>                 |            |            |            | 280        |            |            |            |
| <b>Total</b>                       | 137600     | 233800     | 8372000    | 280        | 4640       | 230960     | 262600     |
| <b>Chrysophyceae</b>               |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Mallomonas sp</i>               |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Total</b>                       |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Bacillariophyceae</b>           |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Aulacoseira sp</i>              |            | 1200       |            | 1920,0     | 840        | 520,0      | 2000,0     |
| <i>Aulacoseira granulata</i>       | 6000       | 9200       |            |            |            |            |            |
| <i>Aulacoseira angustissima</i>    |            |            |            | 360,0      | 960        |            |            |
| <i>Surirella sp</i>                |            |            |            |            | 120-       |            | 200,00     |
| <i>Aulacoseira sp (espiralada)</i> |            |            |            | 100        |            |            |            |
| <i>Pinnularia sp</i>               |            |            |            |            | 40,0       |            |            |
| <i>Eunotia sp</i>                  |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Eunotia camelus</i>             |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Eunotia flexuosa</i>            |            |            |            |            | 40,0       |            |            |
| <i>Melosira ambigua</i>            |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Cyclotella sp</i>               | 400        | 400        |            | 40,0       |            |            | 200,0      |
| <i>Cymbella</i>                    |            |            |            |            |            |            | 400,0      |
| <i>Fragilaria inflata</i>          | 1000       | 1400       |            | 100,0      |            |            |            |
| <i>Stauroneis phoenicentrum</i>    | 200        |            |            |            |            |            | 200,0      |
| Diatomacea                         |            | 600        | 2000       | 200,0      |            |            | 1400,0     |
| <b>Total</b>                       | 7600       | 12800      | 2000       | 2720,0     |            |            |            |
| <b>Cryptophyceae</b>               |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Cryptomonas sp</i>              |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Total</b>                       |            |            |            |            |            |            |            |
| <b>Chlorophyceae</b>               |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Chlamydomonas sp</i>            |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Pteromonas angulosa</i>         |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Phacotus lenticularis</i>       |            |            | 2000       |            |            |            |            |
| <i>Scenedesmus sp</i>              |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i>     |            | 800        |            |            |            |            |            |
| <i>Pediastrum duplex</i>           | 2800       |            |            |            |            |            |            |
| <i>Eudorina elegans</i>            |            |            |            |            |            | 10560      |            |
| <i>Sphaerozsma</i>                 |            |            |            |            |            |            | 1000       |
| <b>Total</b>                       | 2800       | 800        | 2000       |            |            |            | 1000       |
| <b>Euglenophyceae</b>              |            |            |            |            |            |            |            |
| <i>Trachelomonas sp</i>            |            | 200        |            | 40         |            | 200        |            |
| <i>Strobomonas sp</i>              |            |            |            | 60         |            |            |            |
| <b>Total</b>                       |            | 200        |            | 100        |            | 200        |            |
|                                    |            |            |            |            |            |            |            |
|                                    |            |            |            |            |            |            |            |

**Tabla 3.1.6. Identificación de algas en lago de Ypacaray  
San Bernardino ( cél / mL )**

| <b>Fecha de muestreo:</b>          | 18/08/2005 | 02/09/2005 | 19/09/2005 | 27/10/2005 | 06/12/2005 | 02/02/2006 | #####  |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------|
| <b>Cyanophyceae</b>                |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Microcystis aeruginosa</i>      | 126400     | 217400     | 686800     |            | 240        | 14000      | 14000  |
| <i>Microcystis wesenbergii</i>     |            |            |            |            |            | 6000       | 10000  |
| <i>Anabaena spiroides</i>          | 3600       |            | 17600      |            | 80         | 2200       |        |
| <i>Anabaena circinalis</i>         | 10000      |            |            |            |            |            |        |
| <i>Aphanocapsa sp</i>              |            |            |            |            |            | 800        | 480    |
| <b>Total</b>                       | 140000     | 217400     | 704400     |            | 320        | 23000      |        |
| <b>Chrysophyceae</b>               |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Mallomonas sp</i>               |            |            | 400        |            |            |            |        |
| <b>Total</b>                       |            |            | 400        |            |            |            |        |
| <b>Bacillariophyceae</b>           |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Aulacoseira sp</i>              |            |            |            |            | 1240       | 520,0      | 1720,0 |
| <i>Aulacoseira granulata</i>       | 2400       | 1200       |            |            | 240,0      |            |        |
| <i>Aulacoseira angustissima</i>    |            | 400        | 3200       | 80         | 180        |            | 160,0  |
| <i>Suriella sp</i>                 |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Aulacoseira sp (espiralada)</i> | 800        |            |            | 140,00     |            |            |        |
| <i>Pinnularia sp</i>               |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Eunotia sp</i>                  |            |            |            |            | 20,0       |            |        |
| <i>Eunotia camelus</i>             |            |            |            |            |            |            | 40,0   |
| <i>Eunotia flexuosa</i>            |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Melosira ambigua</i>            | 200        |            |            |            |            |            |        |
| <i>Cyclotella sp</i>               |            |            |            |            | 20,0       |            | 80,0   |
| <i>Amphora ovalis</i>              |            |            |            |            |            |            | 40,0   |
| <i>Cocconeis sp</i>                |            |            |            |            |            |            | 40,0   |
| <i>Fragilaria inflata</i>          |            |            |            | 40,0       |            |            |        |
| <i>Stauroneis phoenicentrum</i>    | 800        | 400        |            |            | 40,0       |            |        |
| Diatomacea                         |            |            |            |            |            |            | 80,0   |
| <b>Total</b>                       | 4200       | 2000       | 3200       | 260,0      | 2660,0     | 520,0      | 2160,0 |
| <b>Cryptophyceae</b>               |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Cryptomonas sp</i>              | 200        | 600        | 400        |            |            |            |        |
| <b>Total</b>                       | 200        | 600        | 400        |            |            |            |        |
| <b>Chlorophyceae</b>               |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Chlamydomonas sp</i>            |            | 400        |            |            |            |            |        |
| <i>Pteromonas angulosa</i>         |            | 200        | 400        |            |            |            |        |
| <i>Phacotus lenticularis</i>       |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Scenedesmus sp</i>              | 800        |            | 800        |            |            |            |        |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i>     |            |            |            | 80,000     |            |            |        |
| <i>Pediastrum duplex</i>           |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Eudorina elegans</i>            |            |            |            |            |            | 7440       | 280    |
| Microspora                         |            |            |            | 480        |            |            |        |
| <b>Total</b>                       | 800        | 600        | 1200       | 560        |            | 7440       | 280    |
| <b>Euglenophyceae</b>              |            |            |            |            |            |            |        |
| <i>Trachelomonas sp</i>            |            |            | 200        | 20         | 20         | 120        |        |
| <i>Strombomonas sp</i>             |            |            |            |            |            | 40         |        |
| <b>Total</b>                       |            |            | 200        | 20         | 20         | 160        |        |
|                                    |            |            |            |            |            |            |        |
|                                    |            |            |            |            |            |            |        |

**Tabla 3.1.7. Concentración de microcistina y densidad de cianobacteria en el lago Ypacarai**

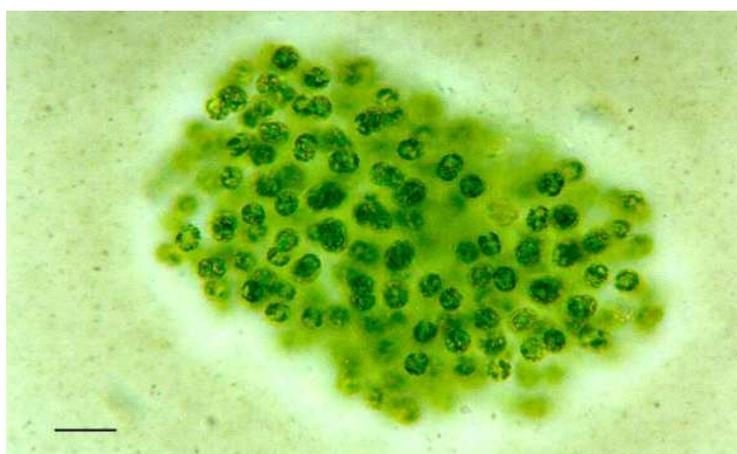
| Fecha de colecta |               |          | Playa de San Bernardino | Playa de Aregua | Agua tratada ESSAP |
|------------------|---------------|----------|-------------------------|-----------------|--------------------|
| 12/2004          | microcistina  | ug/L     | 0,75 -0,99              |                 | 0                  |
| 8/8/2005         | microcistina  | ug/L     | 0,5                     | 0,5             | 0                  |
|                  | cianobacteria | cel./ mL | 81 646                  | 90 428          | 0                  |
| 18/8/2005        | microcistina  | ug/L     | 1,0                     | 1,0             | 0                  |
|                  | cianobacteria | cel./mL  | 126 400                 | 139 600         | 0                  |
| 2/9/2005         | microcistina  | ug/L     | 0,5                     | 0,5             | 0                  |
|                  | cianobacteria | cel./mL  | 217 400                 | 216 200         | 0                  |
| 19/9/2005        | microcistina  | ug/L     | 0,5                     | 1,0             | 0                  |
|                  | cianobacteria | cel./mL  | 8 230 000               | 686 800         | 0                  |
| / 12/200         | cianobacteria | cel/mL   | 320                     | 4 640           |                    |
| /02/2006         | cianobacteria | cel/mL   | 23 000                  | 230 960         |                    |
| / 03/2006        | cianobacteria | cel/mL   | 24 480                  | 262 600         |                    |

La concentración de microcistina se mantiene, siempre inferior a 1 ug/l tanto en agua bruta como en agua tratada por la planta de ESSAP. Se debe resaltar que el ESSAP utiliza polvo de carbono activado para la eliminación de la eventual presencia de sustancias no deseables.

La densidad de algas tóxicas, por otro lado, varió en un rango de 320 a más de 8 millones de células por 1 ml de agua, dependiendo del día de colecta.

Los tipos de algas predominantes en el lago Ypacarai, como por ejemplo, *Microcistis* sp. poseen la vesícula de flotación en el interior de la célula, variando su frecuencia de aparición en masa en la superficie del agua, en función a las condiciones hidráulicas y climatológicas ( ver foto abajo ).

El día en el que predomina calma en el movimiento del agua, y con insolación fuerte y caliente, ofrece la condición propicia para la aparición de una gran concentración de este tipo de algas en la parte superior del agua, resultando un rango de variación de densidad muy grandes como se presenta en la tabla arriba.



Tal fenómeno de eutroficación sucede en varios países del mundo, inclusive en países más desarrollados, no constituyendo un problema específico del lago Ypacarai. La mayor dificultad de mitigación de este fenómeno es la necesidad de procesos avanzados y onerosos para la eliminación de los nutrientes que presentan las características conservativas.

### 3.4. Comportamiento de nutrientes

Según la composición química obtenida durante los monitoreos, cerca del 52% de fósforo y 26% de nitrógeno están presentes en el agua del lago en forma disuelta o disponible. Este hecho indica la existencia, aún, de suficiente potencial para la producción de algas en el lago, además del ya producido. La relación cuantitativa de moléculas de N y P en el agua fue determinada en 8, mientras que esta relación en las células de algas obtenidas por análisis de N y P en forma orgánico, o sea biomasa de algas, fue de 11,2, por lo que se puede concluir que el elemento N constituiría el factor limitante para la producción de algas en la fase deficitaria de nutrientes en el lago. En condiciones actualmente, sin embargo, los dos elementos están disponibles abundantemente, no pudiendo ser considerados como los condicionantes para la producción lo que sería, entonces, la razón de no provocar todavía mayor producción. El motivo más plausible sería la limitación de penetración de la luz en la profundidad del agua por auto-sombra producida por las propias algas y el aumento de turbidez resultante del movimiento de los sedimentos. Los grupos de las algas pertenecientes a *Cyanobacteria* poseen la característica mecánica que domina en superficie, como ya fue explicado anteriormente, impidiendo la transmisión de energía para los estratos inferiores.

Los sedimentos acumulados en el lago, por otro lado, están formados en gran parte, por limo con el color negro de origen geológico propio de la región. Debido a la agitación del agua, estos materiales del fondo se mezclan con ésta, dificultando también, la penetración de la luz. Así, la deficiencia de luz se torna frecuente en muchas situaciones hidráulicas, actuando como el factor limitante más importante para el crecimiento de algas en el lago Ypacarai.

La transparencia del agua medida en el lago varía en una faja de sólo 20 a 50 cm a través del tiempo, lo que se refleja en la turbidez mantenida en el lago.

La reducción de la concentración de PT entre los afluentes (0,328 mg/l) en el medio del lago (0,22 mg/l), fue determinada en alrededor de 33% . Este rango de reducción es bajo, debido a la mayor agitación del agua predominante en el lago, aunque tenga un tiempo de residencia prolongado de cerca de 1 año.

### 3.5. Estimación para la mitigación de cargas de nutrientes para la recuperación del lago.

En cualquier tipo de planificación para la recuperación de un sistema hídrico, es primordial disponer de las informaciones que posibilitan establecer una relación entre las causas y consecuencias en forma cuantitativa o sea, la cantidad de poluyentes que debe ser mitigado para posibilitar la recuperación del agua a un nivel deseable.

Para atender tal tarea, se recurre como requisito, a los modelos de simulación como un instrumento básico para dirigir la planificación de preservación y recuperación del ecosistema.

Dentro de varios modelos de simulación desarrollados recientemente, el modelo de Vollenweider (1978) es conocido como uno de los más representativos, aunque esté construido por la estructura sencilla, habiendo sido utilizado mundialmente en el campo de la ingeniería sanitaria. Esta fórmula usa el fósforo como un parámetro de base y puede ser aplicado en un lago, sucediendo lo mismo que un reactor de mezcla completo para pronosticar el proceso de eutrofización. Este modelo de simulación puede ser aplicado satisfactoriamente al Lago Ypacarai, por tener el mismo comportamiento hidráulico presentado por él.

$$P_m = P_a / (T_w (1/T_w + K_s)) \text{ ----- ( 1 )}$$

$P_m$  = Concentración media de PT en el afluente (mg / l)

Pa = Concentración media de PT en el lago (mg / l)

Tw = Tiempo de residencia medio en el lago (año)

Ks = Coeficiente de remoción de PT en el lago (este coeficiente debe ser calculado en base a los datos de Pm, Pa e Tw levantados en el propio lago)

El valor del coeficiente de remoción Ks, calculado en el lago Ypacarai en base a los datos de monitoreo fue de 1,17, lo que corresponde al valor más inferior del obtenido por el estudio del CEPIS (4,5)( 1998), en función de la baja tasa de sedimentación predominante en este lago.

A continuación se presenta el resultado de simulación relativo a la tasa de reducción de carga de PT necesaria para la recuperación del lago. Para esta simulación, se adoptó 0,05 mg/ L de PT como el límite de la concentración permisible en el lago, según el criterio de Vollenweider.

La concentración de PT permisible en el lago = 0,05 mg/l (nivel correspondiente al mesotrófico).

Concentración media de afluentes =0,7 mg/L

Tiempo de residencia = 0,71 año

Ks = 1,17

Introduciendo los valores respectivos en la fórmula de arriba, se obtuvieron la concentración de 0,092 mg/l del afluente para mantener el PT en lago a un nivel de mesotrófico.

Este valor simulado corresponde a cerca del 13 % de la concentración media de PT encontrada en todos los afluentes en las condiciones actuales, o sea 0,7 mg/L, debiéndose reducir, por consiguiente, al 87% de la carga de PT proveniente de la cuenca formadora del Ypacarai. De acuerdo con la estimación del flujo de carga en cada sub-cuenca presentada anteriormente, esta carga simulada correspondería, aproximadamente, a la carga generada en la cuenca del Ao. Yuquyry .

#### **4. Consideraciones sobre la recuperación del lago de Ypacarai.**

##### **5.1. Alternativas de solución factibles**

Una de las características sociales relevantes de la cuenca del lago Ypacarai, desde el punto de vista de control de polución, constituye la elevada tasa de crecimiento poblacional, correspondiendo, aproximadamente al doble, cada diez años, como fue visto en el ítem anterior.

Así, la carga de nutrientes generados por cloacas sanitarias crece rápidamente, necesitando cada vez más la adopción de una solución compleja.

Los aspectos importantes que se deben tener en cuenta en la elaboración del plan de recuperación es que, los nutrientes se caracterizan por acumularse en el ecosistema, agravando la condición del ecosistema cada vez más; este comportamiento difiere de los contaminantes orgánicos y bacterias fecales que son susceptibles de descomposición o decaimiento a lo largo del tiempo en el ambiente natural.

Otro punto relevante que debe ser resaltado, también, es que estos minerales no pueden ser tratados eficientemente, por un sistema de tratamiento convencional, siendo necesaria la aplicación de un sistema de solución más avanzado, o sea, tratamiento terciario. Este factor indica la necesidad de un mayor monto de inversión para la solución del problema de eutrofización.

Para tener una idea sobre el costo de inversión para saneamiento, se pueden citar datos elaborados por el Ministerio de Ciudades del Brasil que es el responsable del tratamiento de cloacas sanitarias, abastecimiento de agua y de residuos. Según un estudio amplio y pormenorizado realizado en el año 2002 por este Ministerio; para la obtención de informaciones sobre los recursos necesarios para el área de saneamiento en todo el territorio del Brasil, tuvo un costo de cerca de US\$ 200 ( RS 511,00) per capita para la solución del tratamiento convencional completo, inclusive de las obras de implementación del alcantarillado, estación de bombeo y sistema de tratamiento.

En Paraguay, este costo debe ser del 30 al 40 % más bajo, conforme a la información obtenida por la empresa “ Construcciones S.R.L” que implementó el sistema completo de colecta y tratamiento en uno de los barrios del municipio Lambaré.

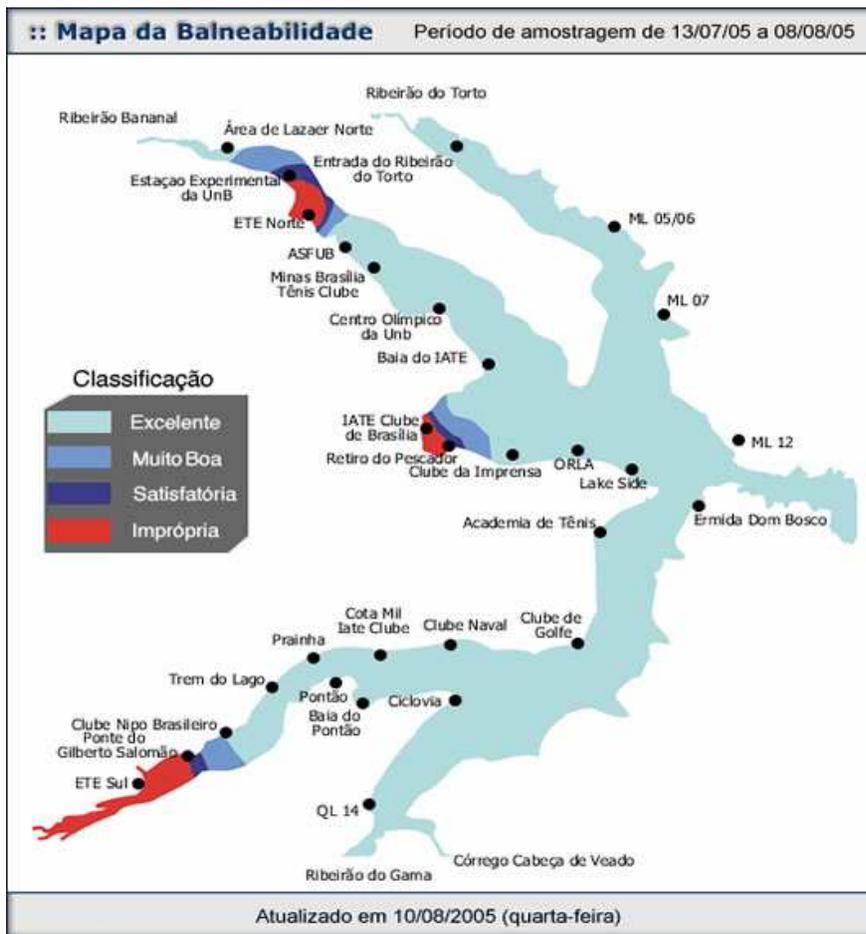
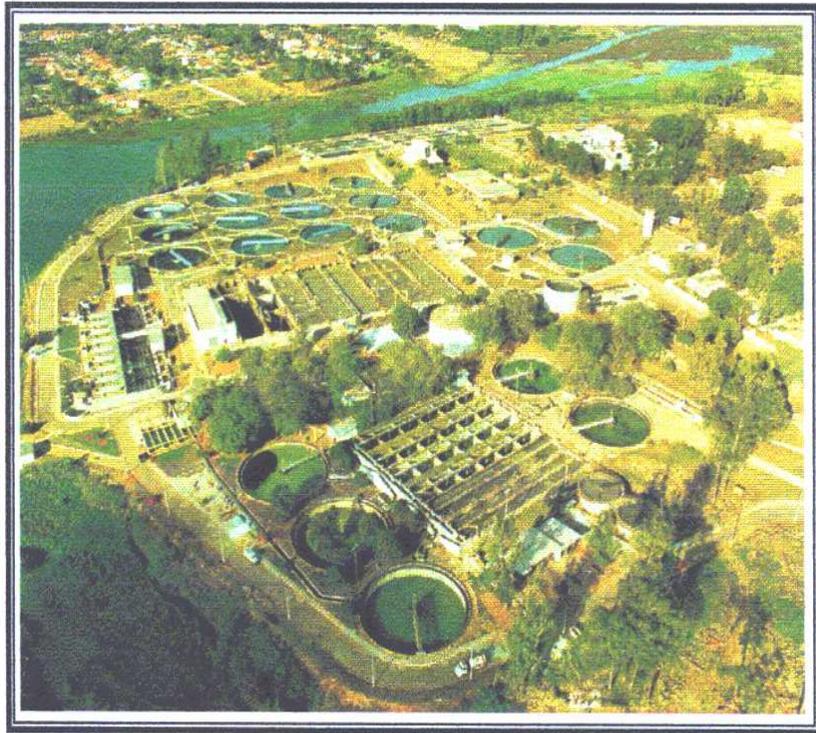
Calculándose el costo para la implementación del sistema de tratamiento en la cuenca del Ypacarai en base a los costos arriba estimados para una población de 1 millón de habitantes. Lo que se estima que alcanzará en los próximos años en la cuenca del Ypacarai; el monto de la inversión requerida es del orden de US\$ 120.000.000 a 140.000.000, aunque no se sabe si esta solución prevista sea totalmente la apropiada para la eliminación de nutrientes es decir tratamiento terciario.

Con relación al costo de operación y mantenimiento del sistema terciario, el caso de plantas de tratamiento avanzado implementado en la margen del lago Paranoá en Brasilia, puede servir como un buen ejemplo no solamente para conocer el costo operacional, sino también el efecto de la adopción de una planta de tratamiento adecuada.

Este lago fue construido junto con la implementación de la capital del Brasil, Brasilia, en la década del 50, para atenuar la falta de humedad atmosférica. En la misma ocasión, fueron construidas dos plantas de tratamiento, norte y sur, en un nivel convencional. Con el correr del tiempo, sin embargo, el lago Paranoá se transformó en un sistema acuático super-eutroficado por nutrientes originarios de los efluentes de las dos plantas de tratamiento secundarias, formándose una densa capa de cianobacterias en la superficie del agua, lo que perjudica seriamente la belleza estética y uso del lago para recreación.

A fin de recuperar tal deterioro ambiental, la Compañía de Agua y Esgoto (CAESB), inició el estudio ya en la década del 70 y adoptó la solución del sistema avanzado, a partir de los años 92 y 93, en el Lago Paranoa respectivamente, la planta norte y sur. Actualmente, la calidad del agua de este lago presenta una condición perfectamente aceptable para uso múltiple, mostrando pleno éxito en la recuperación. El costo de operación y mantenimiento de estas plantas, calculado de acuerdo a los datos operacionales obtenidos en los últimos 15 años, es de aproximadamente US\$ 0,025 per capita por día, pudiendo estimarse, por lo tanto, alrededor de US\$ 25.000 para un millón de habitantes por día o US\$ 750 000 por mes.

Es totalmente irreal, evidentemente, introducir tales tecnologías con altos niveles de inversión para la recuperación de la cuenca del Ypacarai, asimismo que se tenga en consideración el costo más accesible en el Paraguay. Además, de los valores mencionados arriba no están incluidos los costos de tratamientos industriales ni de las cargas difusas a nivel de tratamiento avanzado.



Ante esta situación, es necesario enfrentar un desafío muy grande para descubrir las alternativas de solución para la recuperación de la cuenca del Ypacarai, en niveles aceptables, de acuerdo con las viabilidades técnicas y financieras, en las condiciones actuales disponibles en la región.

Como un ejemplo de las soluciones no convencionales, fue propuesto por experto de la JICA un esquema de desvío de agua del arroyo Yuquyry, que representa más del 80% de cargas contaminantes de toda las cuencas hidrográficas del Ypacarai, para el río Salado, que es afluente del lago Ypacarai, aprovechando una pequeña área del propio lago separado del cuerpo principal, a través de una divisoria hecha de concreto o de la cortina.

El desvío del agua del A° Yuquyry por medio de un canal directamente hacia el río Salado requiere una gran obra, pues, el caudal del río Yuquyru puede llegar por lo menos a 30 m<sup>3</sup>/s en la época de lluvia, necesitando de una alta inversión, especialmente en el caso de la construcción del canal en el área predominantemente húmeda que se encuentra en el región en estudio.

En las condiciones actuales, el A° Yuquyry, el mayor transportador de carga, fluye al lago en el lugar próximo al efluente del lago, el río Salado. Las cargas introducidas por el arroyo referido se propagan a todas las áreas del lago, proporcionadas por la acción del viento. En esta situación, la solución más lógica y conciliatoria es la instalación de una divisoria hecha de vinilona o concreto para conducir el agua contaminada del A° Yuquyry hacia la salida del lago o sea el río Salado, acompañando el tramo de la margen baja del lago. (ver Figura en la siguiente página).

En el tramo referido del lago, se encuentra una faja de plantas acuáticas con aproximadamente 1 Km de ancho, con una profundidad de 1,5 m. La divisoria referida debería ser instalada en el extremo de esta faja de plantas, atravesando la margen de lado de Aregua hasta la boca de río Salado con una extensión de cerca de 4 km. En la porción cerca de la boca del río Salado, se debería mantener una abertura de la divisoria para permitir el libre paso del agua proveniente del cuerpo central del lago.

El agua poluida proveniente de A° Yuquyry debe encaminarse, lentamente, al área cercada por la divisoria, promoviendo el proceso de auto-purificación durante su permanencia en esta área y, en seguida, será eliminada por el río Salado.

No habrá ningún impacto negativo con la implementación de esta solución, visto que no provoca alteración en el ecosistema de la región.

## Ubicación de la instalación de la divisoria propuesta



No quedan dudas de que la propuesta presentada es una solución complementaria, debiendo ser acompañada de la solución efectiva del control conjunto de las fuentes contaminantes, tales como, cloacas sanitarias, residuos sólidos y otros, a través de los emprendimientos apropiados en áreas de saneamiento básico para garantizar la protección de la salud de la población.

Además de estas soluciones “hard“, será primordial la complementación de los instrumentos de “soft“, o sea leyes ambientales y estructuras de administración de la cuenca hidrográfica.

Una de las medidas que contribuirá al avance de la administración de la preservación y recuperación de cuenca del Yparacai es la implementación del Consejo para la gestión de la cuenca que fue formalizado en el mes de junio del 2006, a través de la Resolución de la SEAM. La Ley de Agua que está en discusión en el Congreso trata sobre todo el sistema de gestión de la cuenca y la política fundamental de recursos hídricos en Paraguay.

Ante la crítica situación actual y la importancia de la recuperación del lago Ypacarai, atendiendo a la necesidad de la solución global en términos de la salud ambiental y socio-económicos, es recomendable, como primer paso, la elaboración de un **Plan Maestro** y trazar una solución global factible y definitiva para el aprovechamiento racional de los recursos hídricos, dentro del período más breve posible.

Dentro de los items que deben ser estudiados, se destacan los siguientes tópicos;

- Establecimiento de zonas ecológicas y económicas
- Análisis de la condición actual del saneamiento y elaboración del plan de mejoramiento.
- Análisis de la condición actual de abastecimiento público y elaboración del plan de mejoramiento.

- Análisis de la condición actual de residuos sólidos y elaboración del plan de mejoramiento.
- Elaboración del control de erosión del área agrícola.
- Demarcación de nuevas áreas de reserva ecológica.
- Elaboración de leyes ambientales específicas
- Levantamiento geológico del Lago.
- Desarrollo sostenible para elevar el nivel de vida de los pobladores y elevar la recuperación de las condiciones ambientales de la cuenca.

Dentro de los ítems citados, merece un breve comentario el tema relativo al último ítem, teniendo en cuenta su importancia para la recuperación ambiental.

La mayor dificultad para la preservación y recuperación ambiental en países con economías desfavorables, como es el caso de Paraguay, es la pobreza que presenta el nivel en que no permite desviar ningún recurso para cualquier otro fin aunque sea importante para la preservación ambiental y saneamiento, que no sea para satisfacer su subsistencia.

La inversión forzada para las obras de saneamiento y su mantenimiento en estas circunstancias, traería el riesgo de aumentar aún más el endeudamiento, lo que inviabiliza tal inversión.

Ante tal situación, la solución más compatible para la implementación de un sistema de saneamiento en la región de bajo costo, sería la acción conjunta de desarrollo del emprendimiento socio-económico sostenible y la política de preservación ambiental. Este emprendimiento debe realizarse, evidentemente, con acciones económicas compatibles con la preservación ambiental.

Como un ejemplo, se puede citar el desarrollo del ecoturismo. El objetivo de ecoturismo consiste en apreciar la belleza natural, luego, es fundamental la preservación y mejoramiento de la condición ambiental para atender este emprendimiento. La región del lago Ypacarai ofrece aún hoy una riqueza natural exuberante, pudiendo incentivarse el aprovechamiento no solamente en el ámbito nacional sino también internacional.

La reforestación puede ser considerada como un excelente emprendimiento dentro de la categoría del desarrollo sustentable, teniendo en cuenta la disponibilidad de un gran mercado internacional. En algunas regiones del Brasil, la reforestación se realiza a través de varias formas de contrato con las empresas interesadas y los pequeños propietarios de tierras para facilitar la solución de los problemas técnicos y financieros.

Según las informaciones obtenidas en el BID (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO), el Banco manifiesta una visión negativa para la inversión en el área de saneamiento en este país, por falta de un órgano con suficiente capacidad de endeudamiento, aunque esté abierta la puerta para la inversión en el sector productivo, tales como, Eco-Turismo y reforestación.

Además de los ejemplos citados, una serie de las propuestas de emprendimientos sostenibles deben ser estudiadas para conocer su nivel de viabilidad dentro del Plan Maestro.

La inversión necesaria para el desarrollo de tales emprendimientos sostenibles debe ser incluida dentro de un plan de recuperación y conservación de la cuenca del Ypacarai, como una parte de la inversión para la recuperación ambiental, debiendo resaltar que tales actividades sociales y económicas facilitan el eventual financiamiento del Banco Internacional

En un país, en donde se verifica una gran dificultad económica - financiera, no se debe adoptar la política de medio ambiente solo para contar con los recursos existentes, como por ejemplo, de los órganos gubernamentales, que ya sufre bastante por la deficiencia de recursos. Debe establecerse una administración más agresiva y creativa que intente renovar la forma de gestión de la cuenca hidrográfica como por ejemplo la del Lago Ypacarai.

En este sentido, el comité de la cuenca hidrográfica formado, recientemente, puede abrir un camino no solo para aunar esfuerzos de todos los órganos públicos interesados en la recuperación del Ypacarai, sino especialmente, establecer una nueva forma de administración, o sea, la introducción de políticas para incentivar el sector productivo sostenible y aumentar la capacidad financiera de la población, a través de la que propicie el emprendimiento para la recuperación y preservación de la cuenca en estudio.

### **CAPITULO 3: DIRETRICES PARA EL CONTROL Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

#### **1. Fortalecimiento de normas para la preservación y control de recursos hídricos**

La Secretaría de Ambiente (SEAM) fue promulgado, a través de la Ley 1561 en el año 2000, dentro del Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM).

Dentro de sus innumerables objetivos y competencias, se destaca su misión de formular, coordinar, ejecutar y fiscalizar la Política Ambiental Nacional (PAN), a través de la política de descentralización y participación.

Para cumplir tales misiones, sería fundamental el establecimiento de reglas claras que deben ser seguidas por todos los órganos gubernamentales, entidades privadas e inclusive la del comité de la cuenca hidrográfica, que es el responsable práctico de la gestión ambiental, en cualquier punto del territorio nacional.

La primera Ley que reglamentó para el control y preservación ambiental en Paraguay fue la Ley 294 de Evaluación de Impacto Ambiental, reglamentada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en 1993.

Debe ser aclarado, no obstante, que esta Ley fue creada con el objeto de control preventivo de las alteraciones ambientales, pero, no es suficientemente amplia y detallada para el control posterior después de la implantación de las obras y actividades.

Con relación específicamente al área de los recursos hídricos, la referida ley no establece los criterios para la definición de los límites máximos admisibles de polución en sistemas hídricos, lo que dificulta la aplicación uniforme y equitativa de controlar y preservar en el ámbito nacional. En esta situación, el juzgamiento de acciones impactantes o no para determinadas cargas poluidoras, por ejemplo, depende, únicamente, de los criterios propios de especialistas o consultores que realizan el estudio. La aprobación o no del RIMA por la autoridad gubernamental, por otro lado, puede ser producida, también intencionalmente con falta de criterios, pudiendo llegar a dar las orientaciones desafortunadas.

Ante esta situación, fue establecida, como primer paso para complementar esta laguna y garantizar el control de los recursos hídricos en todo el territorio nacional, la Norma de calidad de agua, a través de la Resolución 222 del 2002, dentro de la cooperación JICA y SEAM, que corresponde al criterio fundamental para la gestión de recursos hídricos en cualquier país.

Esta Norma fue elaborada en base a 4 normas internacionales, correspondientes a, OMS, EPA, Brasil y Japan, se tomaron en consideración, también, las características de efluentes de las principales categorías industriales en actividades en Paraguay y todos los tipos de agro tóxicos registrados en el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el período de 1992 a 2002. Además de las fuentes referidas, fueron incluidas, también, las sustancias tóxicas provenientes de humos de automóviles, PCB's, microcistina de cianobacterias, dioxina, etc que originan varias actividades antropogénicas adversas.

Una de las reglas importantes de esta norma es el establecimiento de 4 clases de calidad de agua, de acuerdo con el uso preponderante de los recursos hídricos.

El agua que pertenece a la clase 1 se destina para el abastecimiento público, sin ningún tratamiento o mediante el tratamiento sencillo tales como, la cloración o filtración; el agua de clase 2 puede ser destinada para abastecimiento público, a través de tratamientos convencionales; la de clase 3, a través de un tratamiento avanzado y la de clase 4 puede ser utilizada, solamente, para la preservación de aspecto paisajístico. Además del destino para

el abastecimiento de agua, la misma Norma define criterios pormenorizados para el uso múltiple del agua en general.

Juntamente con la definición de clase y su respectiva calidad de agua, se establece, también, el patrón de emisión de efluentes de fuentes poluidoras. Se debe resaltar, sin embargo, que en este patrón de emisión de efluentes es objetivo solamente el primer control, prevaleciendo la norma de calidad de agua establecida en cada cuerpo receptor para el juicio final del control y emisión de desechos líquidos.

Concomitante con la definición de norma de calidad de agua, fue necesario establecer la clase de cada sistema hídrico para posibilitar la aplicación práctica del patrón de la clase correspondiente definida en la Resolución referida. Sin establecimiento de clase de cada recurso hídrico, no se sabe que patrón de clase puede ser aplicado en un río para ejercer el control de calidad.

Es importante aclarar que el concepto fundamental de clasificación de recursos hídricos consiste en el uso preponderante para el abastecimiento público en una cuenca hidrográfica. Si existe solamente un manantial para el abastecimiento del agua para aquella región, este manantial debe ser clasificado como la clase 1 o por lo menos clase 2, lo mismo que el agua esté poluida. Cuando fuere establecido un manantial en esta clase, todas las fuentes poluidoras deben ser obligadas a adecuar sus efluentes, a través de un tratamiento adecuado para atender el patrón de calidad de agua establecido en esta clase.

Así, la Ley de la clasificación se torna un poderoso instrumento legal para la preservación y recuperación del sistema hídrico.

Vale recordar que las condiciones sanitarias del río en las condiciones actuales deben ser consideradas como uno de los factores para la clasificación, pero, no el factor preponderante. Se establezca la clase de los ríos solamente en función de las condiciones actuales de la calidad del agua, la clasificación deberá bajar de acuerdo con el deterioro de la calidad de agua, no habiendo poder legal para el control.

En base al estado avanzado de deterioro de la calidad de los recursos hídricos, notoriamente, en la región de mayor concentración urbana y en los ríos que atraviesan la frontera, tales como el río Paraná y río Paraguay y sus afluentes, donde se requiere de una urgente implementación de una política efectiva de control, fue emitida la Resolución 255 en febrero /2006 de SEAM. Estableciendo el encuadramiento de la clase 2 para todo los recursos hídricos del territorio Paraguayo, de acuerdo con la sugerencia de la JICA. Como fue explicado anteriormente, el agua de clase 1 debe presentar la calidad de agua para poder ser utilizada directamente para el abastecimiento o a través de un tratamiento simplificado. Tal forma, no permite el lanzamiento de ningún tipo de efluentes poluidores, inclusive de cloacas sanitarias, en una cuenca hidrográfica escogida para esta clase.

En las condiciones actuales, no obstante, se encuentra muy limitada la cuenca hidrográfica con este estado privilegiado en territorio Paraguayo, conforme a la investigación de calidad de agua realizada, recientemente, por cooperación JICA, SEAM y DIGESA.

Mientras que el agua de clase 2 puede ser utilizada para el abastecimiento, a través de un tratamiento convencional, permitiendo la mayor tolerancia de la presencia de fuentes poluidoras, a pesar de que cada una de las fuentes poluidoras, evidentemente, se debe adecuar para atender las normas de efluentes y calidad de cuerpos receptores establecidos en la resolución 222 /2002.

Asimismo, aunque no sea ideal para la preservación de los recursos hídricos, el encuadramiento de clase 2 se puede garantizar la calidad del agua mínima necesaria para el uso múltiple y que ofrece una fuerte base legal para efectivizar el control y fiscalización de fuentes poluidoras de acuerdo con su necesidad.

De acuerdo con la presencia relativamente limitada de fuentes poluidoras, por otro lado, no se justifica establecer la clase 3 y 4 en el Paraguay, pues, todos los sistemas hídricos, inclusive aquellos que estén poluidos, como por ejemplo, los arroyos que recorren por el centro de la ciudad de Asunción, como así también algunos ríos ubicados en la cuenca de Ypacarai, son totalmente recuperables y es necesaria su recuperación, en vista de sus usos y para la protección de la salud ambiental de las regiones involucradas.

Con relación a la definición del río con la categoría de clase 1, se debe determinar en el futuro próximo, a través de investigaciones a ser realizada por el Comité de cuenca hidrográfica, que disponga de mayores informaciones e interés, que estén en fase de implantación por iniciativa de la SEAM en varias cuencas hidrográficas.

Los reglamentos del patrón de la calidad del agua y clasificación de recursos hídricos ofrecen los instrumentos poderosos para el control y fiscalización de fuentes poluidoras para la preservación y recuperación de recursos hídricos para el nivel de clase 2.

No obstante, sería deseable disponer de un reglamento que establezcan los detalles de tipos de fuentes que deben ser controlados, criterios sobre el pre y pos licenciamiento de obras y actividades, forma de fiscalización y definición de poder de actuación de fiscales de la SEAM, aplicación de sanciones para infractores, etc. que son los detalles de reglamentaciones importantes para la efectivización más segura y eficaz de las actividades de fiscalización de la SEAM.

La implementación de este tipo de reglamento está en fase de conclusión para la emisión oficial en forma de Resolución de la SEAM.

## **2. Desarrollo de gestión de recursos hídricos a través del Comité de cuencas hidrográficas.**

Una de las políticas ambiental importante adoptada actualmente por la SEAM constituye en la descentralización participativa establecida por el Art. 13 de la Ley 1561 que promulgó el Sistema Nacional del Ambiente del año 2000.

Una de las formas más propicias para alcanzar esta directriz de la política establecida, sería a través de un organismo que representa no solo por parte del Gobierno, si no también por parte de diferentes sectores de la sociedad civil, delegando a ellos los poderes y responsabilidades para preservación y desarrollo del uso sostenible de los recursos hídricos de la región, o sea, Comité de recursos hídricos.

Esta modalidad de la gestión ambiental en torno a la cuenca hidrográfica, se ha hablado por mucho tiempo en el Continente Europeo, para viabilizar el control y la preservación de las condiciones ambientales y uso de aguas en las cuencas hidrográficas que muchas veces, abarcan el territorio de varios países. El órgano central para la gestión de cada cuenca está constituido por el Comité hidrográfico formado por representantes de las entidades gubernamentales y varias organizaciones civiles.

La gran ventaja de la administración ambiental a través del comité participativo, especialmente de la sociedad civil con representación, se resume en las transparencias administrativas, en relación con la aplicación de los recursos financieros, la facilidad de la introducción de la opinión pública, da continuidad del emprendimiento ambiental independientemente de la voluntad de los políticos, y define la responsabilidad para la adopción y dar solución a obras de recuperación, inclusive de la sociedad civil, además la ventaja de que la población residente dispone mejor los conocimientos de los problemas locales y se interese para su solución.

En vista de la importancia de introducción de tal estructura de gestión para el control de recursos hídricos en el Paraguay, especialmente en la cuenca oriental que corresponde al área de investigación de esta cooperación, fue introducida como uno de los ítems de actividades del convenio JICA, SEAM y DIGESA, firmado a finales del 2003, para ofrecer como apoyo para su implementación en este país .

Dentro de este contexto, fue enviado, inicialmente, un profesional de la SEAM, en febrero del 2005, para la Secretaría de Saneamiento, Energía y Recursos Hídricos do Estado de Sao Paulo para entrenamiento práctico sobre la política de gestión de cuencas hidrográficas que esta Secretaría viene desarrollando. Al mismo tiempo, fue invitada el experto Dirceu Yamazaki , que es coordinador de la gestión de todas las cuencas hidrográficas de la Región Metropolitana de Grande Sao Paulo de la Secretaría arriba referida, a fin de cooperar en la implementación de esta estructura propuesta , a través del Dirección General de Recursos Hídricos de la SEAM. El mismo experto tuvo la participación de las reuniones y orientaciones práctica para incentivar la implantación del Comité a través de su estancia orgánica en 2005 y 2006 . Concomitantemente, la JICA viene apoyando fuertemente, la iniciativa de la creación del Grupo Impulsor, compuesto por técnicos de los sectores públicos y de representantes de varios sectores de la sociedad civil, para la implementación del *Consejo de Aguas del Lago Ypacarai*, por estar constituido ese lago en la tradicional área de estudio del medio ambiente desarrollado por la cooperación JICA .

El primer Consejo de aguas que fue el Consejo de Aguas de la Cuenca Alta del RIO TEBICUARY en asamblea realizada en la Gobernación de Caazapa, el 25 de mayo de 2006, gracias a la fuerte iniciativa de la Dirección de Recursos Hídricos , DGRH de la SEAM , a través de la promulgación de la Resolución 170/06. .

Esta Resolución establece, básicamente, las reglas y directrices en el artículo 5to de esta resolución.

Con la iniciativa de la Dirección General de Recursos Hídricos se conformó los siguientes consejos de Aguas, a saber:

- Consejo de Aguas por Cuencas Hídricas de la Cuenca Alta del Rio Tebicuary Res.SEAM N°:1367/06
- Consejos de Aguas por Cuencas Hídricas de la Cuenca del Lago Ypacarai. Res.SEAM N°:1581/06.
- Consejo de aguas por Cuencas Hídricas de los Humedales de Ñeembucu. Resol. SEAM 1998./06
- Consejo de aguas por Cuencas Hídricas de la Cuenca del Rio Apa.1997/06.
- Consejo de aguas por Cuencas Hidricas de la Cuenca del Rio Apa.Resol, 1997/08
- Consejo de aguas por Cuencas Hidricas de la sub Cuenca del Rory y Rory Mi afluentes de la Cuenca del Tebicuary. Res.1980/06.
- Consejo de Aguas por Cuencas Hidricas de la Cuenca Baja del Tebicuary,

Todos estos consejos fueron realizados en asamblea pública en coordinación con los municipios y las gobernaciones, con participación de las Universidades, ONGs, Productores agropecuarios, usuarios del agua, industriales, instituciones educativas y la sociedad civil en General.

Según la Ley de Agua aprobado en Cámaras de Diputados y que esta siendo discutido en el Senado, el comité de Cuenca hidrográfica está posicionada como uno de los cuatros órganos integrados del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos,

a- La Secretaría del Ambiente, cuyas funciones están definidas en la Ley 1561/2000

b- La Autoridad Nacional de Aguas

c – El Consejo Nacional de Aguas;

d - Los Comités de Cuencas Hidrográfica;

e - Los órganos de los poderes públicos, central y municipal, cuyas competencias se relacionen con la gestión de los recursos hídricos;

f - Las Agencias Locales de Agua.

Entre ellos, la Autoridad Nacional de Aguas (ANA), con régimen de autarquía bajo régimen especial, con autonomía administrativa y financiera, vinculada a la Presidencia de la República tiene atribución de implementar la Política Nacional de Recursos Hídricos, integrando el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos.

La relación del Consejo Nacional de Aguas, los Comités Cuenca Hidrográfica y Agencias Locales de Cuenca puede ser resumida a continuación.

#### Consejo Nacional de Recursos Hídricos

Parte importante del Sistema Integrado de Administración de Recursos Hídricos, el Consejo Nacional de Recursos Hídricos debe ser la máxima instancia administrativa para arbitrar los conflictos y disputas existentes en la utilización de los recursos hídricos, promoviendo la articulación de la planificación del sector con otros sectores en el o ámbito nacional, regional, supervisar la ejecución del Plan Nacional de Recursos Hídricos y determinar las medidas necesarias para el cumplimiento de sus metas.

El Consejo Nacional debe deliberar sobre aprovechamiento de recursos hídricos cuyas repercusiones desborden los intereses de los Gobiernos departamentales, analizar propuestas de alteración de la legislación pertinente a recursos hídricos y a la Política Nacional de Recursos Hídricos. También debe establecer criterios generales para la otorga de derechos de uso e de cobro por el uso de los recursos hídricos.

El Consejo debe ser formado por un colegiado tripartito con representantes de:

- Ministerios y Secretarías de la Presidencia de la República con actuación en la Administración de recursos hídricos;
- Departamental y Municipal;
- De los usuarios de los recursos hídricos;
- De las organizaciones civiles que tengan una actuación comprobada en el área de recursos hídricos.

El presidente del Consejo deberá ser el Ministro de Medio Ambiente, y la Secretaría Ejecutiva del Consejo debe ser ocupada por un titular del órgano integrante de este Ministerio responsable por la gestión de los recursos hídricos.

La vicepresidencia del Consejo podría ser ocupada por un representante de la sociedad civil o por uno de los Intendentes municipales.

#### Comités de Cuenca Hidrográfica

Los comités podrán ser formados por cuencas hidrográficas, por sub-cuencas o grupo de cuencas contiguas y, a ejemplo del Consejo, deben ser compuestos por representantes de los segmentos, o sea, representantes de los gobiernos Central, Departamental y Municipal, con representantes de los usuarios de los recursos hídricos y de la sociedad civil organizada.

Compete a los comités de cuenca, arbitrar en primera instancia administrativa los conflictos relacionados con el uso de los recursos hídricos y promover el debate de las cuestiones relacionadas al uso y ocupación del suelo, del medio ambiente y del saneamiento, con la finalidad de mejorar la calidad y cantidad de las aguas. Debe aprobar el Plan de Recursos Hídricos del correspondiente cuenca, establecer el mecanismo de cobro por el uso del agua, sugiriendo los valores a ser cobrados y crear criterios para promover la distribución del costo de las obras del uso múltiple de interés común y colectivo.

### Agencias de Cuencas

Las agencias de cuencas ejercerán la función de secretaría ejecutiva del respectivo comité de cuenca hidrográfica. Así como el Comité es un foro político de decisiones, la agencia es su brazo ejecutivo, con las siguientes funciones:

- mantener el catastro de usuarios de recursos hídricos;
- efectuar el cobro por el uso de recursos hídricos;
- generar el Sistema de Informaciones sobre recursos hídricos;
- promover los estudios necesarios para la gestión de los recursos hídricos;
- promover el Plan da Cuenca para su aprobación en el Comité de Cuenca Hidrográfica correspondiente;
- promover el encuadramiento de los cuerpos de agua en las clases de uso para aprobación del Concejo Nacional de Recursos Hídricos;
- elaborar el Plan de aplicación de los recursos recaudados con el cobro por el uso de los recursos hídricos;
- mantener el balance hídricos actualizado de acuerdo a la disponibilidad de los recursos hídricos.

La creación de la Agencia de Cuenca será autorizada por el Concejo Nacional de Recursos Hídricos mediante solicitud de un Comité de Cuenca Hidrográfica.

## **CAPITULO 4: CAPACITACIÓN DE PROFESIONALES DE DIGESA Y SEAM**

### **4.1. Capacitación de profesionales y controle de calidad de laboratorio de DIGESA**

Es fundamental la preparación del laboratorio y capacitación de técnicos analistas en nivel satisfactorio para obtener los resultados confiables, para la realización de cualquier investigación de calidad de agua. En este contexto, el primero paso para factibilización de presente contrato con grande objetivo de realizar la investigación de calidad de agua no solamente el río Paraguay sino también el ecosistema de Ypacarai fue la perfeccionamiento de laboratorio de antiga SENAS y actualmente DIGESA.

El laboratorio de DIGESA fue montado, prácticamente por cooperación JICA en este último 10 años para posibilitar la ejecución de monitoreo de lago Ypacarai realizado en el período de 1995 a 2000. En esta oportunidad, fueron comprados por JICA todos los equipos de base para análisis limnológico y sanitaria, como ejemplo, CG-MASA, HPCL, Absorción Atómica de horno de grafito y llama, espectrofotómetros, e otros que son esenciales para el análisis físico-químicos de agua.

No obstante, después de término de monitoreo de lago Ypacarai referido, fue paralizado la actividad de laboratorio, necesitando de reactivación y calibración de todos los equipos necesarios. Por otro lado, fue observado la necesidad de control de calidad de metodología de análisis en general para mantener la precisión analítica, inclusive de los procedimientos de colecta de muestras en campo.

Además de análisis limnológico, la determinación de microcistina producido por algas tóxicas en lago Ypacarai, metales pesados y agrotóxicos son los parámetros fundamentales para satisfacer el meta trazado por el presente investigación.

Por otro lado, no hubo lo profesional del área de fitoplancton que es esencial para la interpretación de calidad de agua más abarcante.

Con base en esta observación inicial, fue establecido siguiente orientación para capacitación de laboratorio de Digesa.

- A. Capacitación de análisis de microcistina
- B. Entrenamiento detallado de procedimientos de colecta y preservación de muestras en campo
- C. Implantación de procedimientos para control de calidad de análisis en laboratorio
- D. Capacitación de análisis de metales pesados, a través de absorción atómica de horno de grafito y llama
- E. Capacitación de análisis de principales agrotóxicos a través de CG-MASA y HPLC

Para atender primero ítem relativo a análisis de microcistina, fue enviada una química de DIGESA luego en el inicio de 2004 (febrero) para el laboratorio de SABESP en São Paulo durante uno mes, donde posee una gran experiencia del análisis y también los problemas de tratamiento causados por esta toxicidad algal.

Para atender ítem A y B, invitamos al profesor Luis Felipe Nienchesky, responsable por Departamento Hidroquímica de Instituto Oceanográfica de Univ. Federal de Rio Grande do Sul do Brasil para orientar todos los técnicos de laboratorio de DIGESA. El profesor contratado ofreció la orientación práctica de todos los detalles de procedimientos de colecta en campo y implantó los procedimientos de control para garantizar la precisión analítica de principales parámetros con base en condiciones disponibles en laboratorio.

Paralelamente con esta orientación, enviamos una técnica de Digesa ( química Paulina Fretes de Ojeda) para el Departamento Hídrico arriba referido para absorción de concimentos más completos a respecto de metodología precisa de algunos parámetros considerados importantes en el estudio en curso.

Con relación al análisis de metales pesados, solicitamos, también, la orientación de mismo profesor referido para implantación de procedimientos de calibración y elaboración de curva de patrón analítica para determinación de metales en agua y sedimentos. Con esta orientación, quedó posible realizar la determinación de metales en el agua con alta precisión (en nivel de PPB), por medio de Absorción Atómico de horno gráfico. Una de las dos técnicas (Edith) recibió el orientación de análisis de metales de profesor en laboratorio de DIGESA fue enviada, durante un mes, para el laboratorio de unviabilidad arriba referido para perfeccionamiento de técnica alálitica.

La análisis de agrotóxicos requer los conocimientos de nivel elevado y equipos bien como los accesorios complejos. Para suprir tal exigencia, planificamos la realización de análisis solamente a partir de octubre y noviembre de 2005 que terá el plazo suficiente para la preparación técnica y de los equipos, coincidiendo, también, con la época de plantación agrícola. Como el punto de partida, en 2004, enviamos una profesional de laboratorio de DIGESA (química Porfiria Narváez Escurra) ya con los conocimientos básicos para el Laboratorio de análisis de agrotóxicos del Instituto de Adolfo Lutz de la Secretaria de Salud do Gobierno do Estado de São Paulo para entrenamiento durante uno mes. En inicio de 2005, invitamos el un profesional de mismo Instituto (Dra Tereza) para la orientación para la preparación de operación de CG y HPLC. De acuerdo con la orientación de este profesional, adquirimos todos los accesorios y reactivos necesarios para la realización de análisis de agrotóxicos más utilizados en Paraguay (seleccionados 12 tipos). Dando la continuidad de capacitación de esta área, invitamos el perito de mismo Instituto arriba referido, sin embargo, otra profesional (Dra Odete) en la época de safa agrícola, o sea, en mes de octubre de 2005, para capacitación de colecta y análisis de agro tóxicos.

Cuanto a la identificación de fitoplancton, invitamos Dra Maria Tereza Azevedo de Instituto Botanica de la Secretaria de Meio Ambiente do Governo de São Paulo en mes de setiembre /2005 para entrenamiento de una profesional especializada por esta área . Esta perito realizó identificación y contagen de platicamente todas las muestras colectadas en cuenca de río Pasragauy y de Lago de Ypacarai, pasando el detalle de llave de identificación de plancton para el profesional de DIGESA (Nubia Isabel Etchevarry). Al mismo tiempo, atendió los periódicos, televisión y publicos para explicar los problemas de proliferación en grand cantidad de algas tóxicas en lago del Ypacarai.

El monto de inversión aplicado por JICA para adquisición de accesorios y reactivos para todos los tipos de analisis durante el período de estudio fue en orden de US\$ 80 000.

#### **4.2. Capacitación de profesional del SEAM**

Teniendo de vista la importancia de análisis de situación relativo a algas toxicas en lago del Ypacarai, fue enviada una biologa ( Aida Mirta Aluada) de SEAM junto con el química de DIGESA ya referida para SABESP para capacitar la identificación de algas , especialmente de genero cianobacteria que causando los problemas en lago Ypacarai.

En el periodo del 8 de setiembre a 2 de octubre, la química Mirtha Graciela Kiucer, técnica de la Dirección General del Recursos Hídrico de la SEAM, fue enviado para receber la capacitación, en el área de monitoreo y control de los recursos hídricos en el Departamento de Control de la Calidad de Agua de la CETESB (CIA Tecnología de Saneamiento Ambiental) de la Secretaria de Medio Ambiente do Estado de Sao Paulo. El objetivo de este entrenamiento consiste en el aprendizaje sobre los procedimientos de monitoreo y su aprovechamiento, para la gestión de cuencas, cuyos conocimientos puede

ser aprovechadas, para el desarrollo de proyectos de investigación en la cuenca de río Paraguay.

Fue realizado el entrenamiento de Ing. Maria Cristina Torres, perteneciente a la Directoria General de Planificación del SEAM, en la Oficina Central de Gestión de Manantiales de la Región Metropolitana de Sao Paulo de la Secretaria de Recursos Hídricos y Saneamiento del Gobierno do Estado de Sao Paulo, en la cual Dr. Dirceu Yamayaki es coordinador de esta oficina. La principal meta administrativa y política de la actual SEAM, consiste en la descentralización, con la mayor participación de gobiernos locales y sociedades civiles organizadas, cuyos procedimientos, ya hace tiempo han sido practicadas intensamente en Brasil, especialmente, en Sao Paulo. Así, la ida de la referida técnica para Sao Paulo debe ser muy bien aprovechada para traer las informaciones reales de los problemas, referentes a la gestión de recursos hídricos de aquel país.

Dentro esta tema de gestión de cuenca, invitamos Dr. Dirceu en el mes de julio / 2005 con el prazo de 20 dias para cooperar para establecimiento de orientación para formación de consejo para gestión de cuenca hidrográfica. Para atender tal tarea, el mismo experto realizó las palestras en SEAM, Grupo propulsor para foramción de comité de cuenca hidrográfica de Ypacarai y Departamento de hidráulico de Facultad Nacional Asunción, dando la explicación sobre la necesidad y ventaja de cuenca hidrográfica.

En vista de entrenamiento de profesional de SEAM en el área de sistem legal para el controle de los recursos hídricos , fue enviado abogada Miretha Aluada para participar el curso intensivo sobre las leyes ambientales , realizado en el período de una semana de mes de setiembre / 2005 en CETESB ya referida.. La participación de esta profesional en curso fue objetivado para acelerar la conclusión de Resolución de clasficación que viene discutiendo ha cerca de 2 anos en SEAM y otra Norma para control de fuentes poluidores.

Además de abogada referida, Ing. química que está lotada en Directoria de Controle de Calidad de SEAM (Marta) participó, también, el mismo curso de leyes ambientales en CETESB y quedó más um mes en el departamento de controle de poluición de la misma empresa para obtención de conocimientos sobre las leyes y procedimientos de controle y fiscalización de fuentes poluidoras.

Dando continuidad de cooperación para establecimiento de Consejo de cuenca hidrográfica, especialemnte de cuenca de Ypacarai, estuvo la paraticipación muy oportuno novamente del experto Dirceu Yamazaki en junio de 2006.

En función de formación oficial de Consejo en cuenca de Ypacarai promulgado en mismo mes referido arriba con base de Resolución de SEAM, el experto Yamazaki ofreció no solamente el texto basico de estatuto de consejo sino también eleboración de Plan de actividades que debe ser desarrollado por Consejo en cuenca futuramente.

Se realizó también, una conferencia sobre la forma de adminstración platica de cuenca hidrográfica, levando se consideración de los aspectos políticos, socio-ecnómico y finanveiros para los representantes de municipios, especialmente de la gerión central.

De acuerdo con la solicitud especial del Diretoria de Controle de calidad y Fiscalización de SEAM, invitamos Ing. Richardo Hitoshi Ouno, especialista en controle y fiscalización de fuentes industriales del CETESB de Secretaria de Meio Ambiente de São Paul. Este experto realizó el curaso de capacitación para los profesionales de Dirección de SEAM ya referida y los profisionales de medio ambintre de municipios para uno grupo de 30 personas.

El cueso tuvo duración de 5 dias, los primeros 3 dias en aulas teóricos con reacción a las características de poluentes, tipos de fuentes poluidores, norams para fiscalización, etc.Los

demás 2 días, fueran realizados las clases en 4 industriales seleccionadas para orientación plátoca sobre los procedimientos de fiscalización.

Conviene resaltar que el curso de fiscalización industrial nunca fue realizado en nivel tan detallado basada en las experiencias reales por largo tiempo en Paraguay ., específicamente en SEAM, ofreciendo una inmensa contribución para dar una visión mas clara de tareas correctas para el control de fuentes poluidoras.

## **CAPITULO 5: DIVULGACION DE LAS INFORMACIONES SOBRE EL LAGO DE YPACARAI PARA POBLACION MENOS FAVORECIDA**

### **1. Objetivo**

El proyecto “ *Dvulgación de informaciones Ambientales en la Cuenca del Lago Ypacarai: Responsabilidad Ambiental de los Ciudadanos de la CLY*” para la población menos favorecida , ha sido diseñado teniendo como resultado final esperado acceder a los pobladores de diferentes puntos de la Cuenca del Lago Ypacarai, que nunca antes han tenido la posibilidad de ser beneficiarios de eventos de capacitación para informar sobre la problemática ambiental en el territorio de la Cuenca y motivar a la formación de organizaciones comunitarias de microcuencas.

Este proyecto fue ejecutado mediante el apoyo de la Agencia de Cooperación Japonesa JICA, Institución Internacional con larga trayectoria en los trabajos para la Recuperación de la Cuenca del Lago Ypacarai. Por lo tanto la JICA en asociación con Alter Vida; Organización local sin fines de lucro, impulsaron el desarrollo de talleres de educación ambiental, enfocada a la protección de los recursos hídricos y promoviendo la formación de Comités Comunitarios de Cuencas Hidrográficas.

La población beneficiada en este proyecto son principalmente los líderes comunitarios de las poblaciones aledañas al casco urbano de los ciudades que tienen una influencia importante en los cursos hídricos del Lago Ypacarai. Estos líderes comunitarios son presidentes de comisiones vecinales, docentes de centros educativos y jefes de hogar y amas de casa.

Todos los eventos organizados en los distintos puntos contaron con el apoyo de las Municipalidades Locales y de los Centros Educativos.

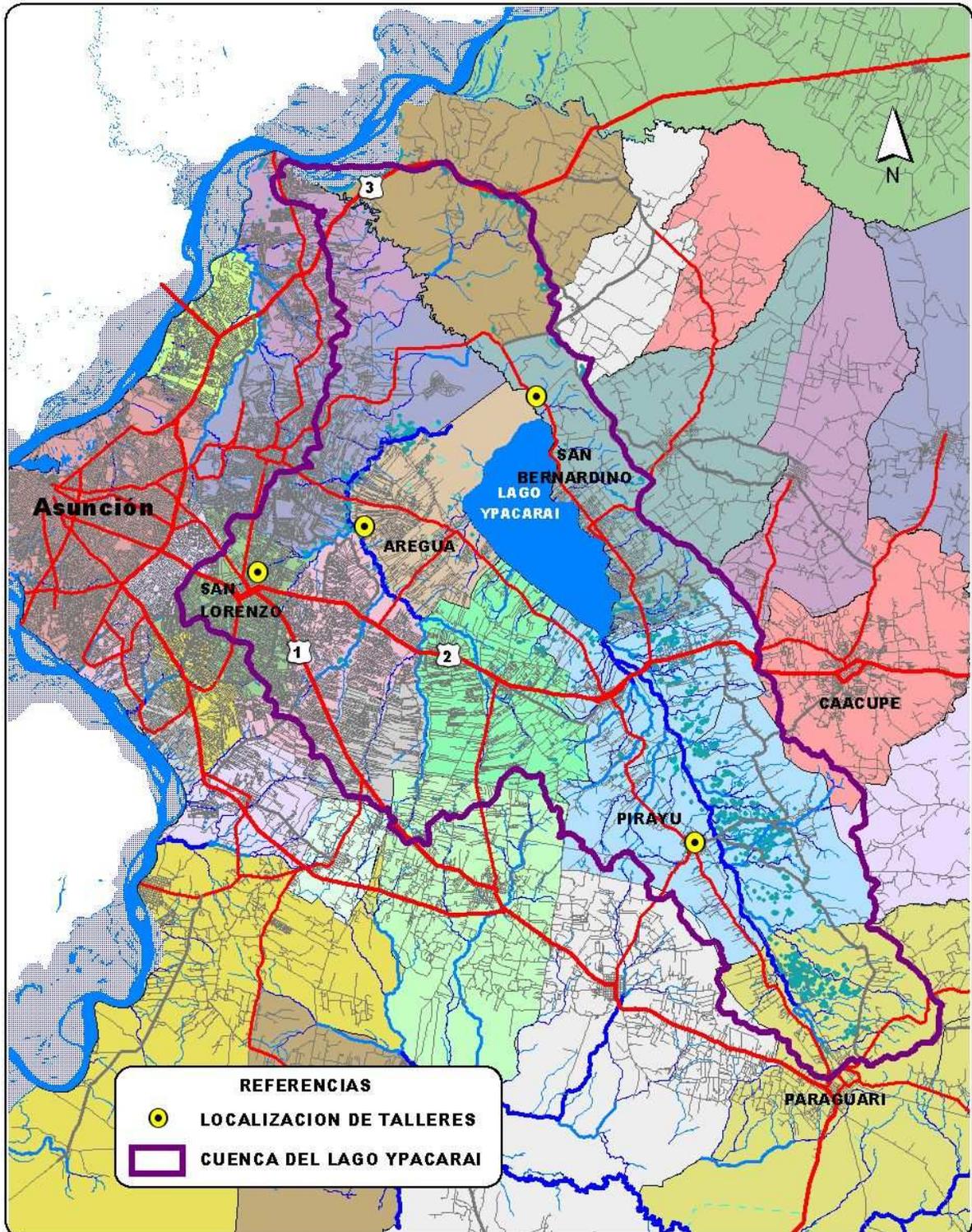
### **3. Localización del proyecto**

El área de ejecución del presente proyecto fue la Cuenca del Lago Ypacarai, y los sitios elegidos donde se realizaron los Talleres de Capacitación fueron los siguientes:

1. Distrito de San Lorenzo, Barrio Maria Auxiliadora en la Microcuenca del Arroyo San Lorenzo de la Subcuenca del Río Yuquyry.
2. Distrito de Areguá, Compañía Yuquyty, en la Subcuenca del Río Yuquyry.
3. Distrito de Pirayú, Casco Urbano, en la Subcuenca del Río Pirayu.
4. Distrito de San Bernardino, Compañía Matiauda y Ciervo Cuá, de la Subcuenca del Río Salado.

El motivo de elección de los cuatro sitios respondió fundamentalmente a dos criterios fundamentales:

- a. Llegar a comunidades, que pocas veces han tenido la oportunidad de acceder a cursos de capacitación y campañas de concientización e información sobre medio ambiente, localizadas en compañías/barrios periféricos; en el caso de Pirayú se optó por realizarlo en el casco urbano, por el hecho de que nunca antes tanto la Municipalidad como los ciudadanos habían participado a eventos relacionados a la Cuenca del Lago Ypacarai.
- b. Cubrir las subcuencas mas importantes del Lago Ypacarai y seleccionar sitios donde la población tenga una marcada incidencia en los cursos hídricos.



#### 4. Los objetivos generales y específicos cumplidos

Los objetivos generales y específicos propuestos cumplir durante la ejecución de los talleres son los siguientes:

##### Objetivo General

Promover la responsabilidad y participación en la gestión ambiental del ciudadano que vive en la Cuenca del Lago Ypacarai

## **Objetivos específicos**

- Proveer información sobre las características de la cuenca y el Lago Ypacarai, de las interacciones y desequilibrios entre sus componentes sociales y ambientales para una mejor comprensión del funcionamiento de este ecosistema.
- Difundir experiencias exitosas a nivel local, doméstico e individual que inciden directamente en la calidad ambiental del medio próximo.
- Inducir a la población al cambio de percepción y comportamiento con el ambiente.
- Concienciar a la sociedad civil sobre la importancia de los comités participativos de cuencas hidrográficas para la preservación y recuperación del Lago Ypacarai

## **5. Las actividades realizadas**

Las actividades realizadas para la ejecución del presente proyecto se las pueden dividir en tres fases:

### **FASE INICIAL**

1. Elaboración y envío de notas a las instituciones involucradas sobre el Proyecto como ser a la SEAM, Municipios y Centros Educativos.
2. Desarrollo de contenido de materiales didácticos
3. Diseño de materiales de difusión como ser: Imagen Institucional de las Jornadas de Capacitación, Trípticos, Afiches, Hojas Membretadas, Pasacalles, Banners Institucional, Registros de Participantes, Diapositivas para presentaciones en Power Point, Certificados.

### **FASE DE TRABAJO DE CAMPO**

1. Visita a las Municipalidades, entrevistas con Intendentes, Directores de Medio Ambiente y Funcionarios Municipales.
2. Visita a las comisiones vecinales y líderes comunitarios de los lugares elegidos
3. Visita a los Centros Educativos, entrevistas con directores de Escuelas y Colegios y con Cooperadoras Escolares.
4. Entrega e instalación de materiales de difusión a las comunidades, centro educativos y municipios.
5. Elaboración de Gacetillas de Prensa para la Publicación.

### **FASE DE EJECUCION DE TALLERES**

1. Instalación de la infraestructura necesaria y equipamientos para la elaboración de las charlas.
2. Registro de los Participantes, (planillas de participación, fotografías, evaluaciones).
3. Realización de Charlas
4. Evaluación del evento

### **FASE FINAL**

- 1) Elaboración de informe final y documentaciones anexas
- 2) Procesamiento de evaluaciones y registro de participantes
- 3) Preparación de los certificados
- 4) Entrega de Certificados a los participantes en los cuatro sitios elegidos

## **5. Actores involucrados**

Diversos actores participaron en los talleres, destacándose los siguientes:

- Líderes Comunitarios y miembros de la comunidad
- Directores de centros educativos, docentes de diversas materias y alumnos de cursos superiores
- Funcionario de Área Protegida de la SEAM
- Funcionarios Municipales

## **6. Evaluación de proyecto**

Los talleres han sido sometidos a evaluación a través de la entrega de unos cuestionarios de análisis que deberían ser llenados por los participantes al finalizar los talleres.

En estas evaluaciones las charlas de capacitación y la organización del evento en general fueron calificadas en forma muy positiva. Fue valorado el hecho de que la capacitación recogía problemáticas específicas, percibidas por los pobladores de cada sitio y daba respuestas a las mismas, por ejemplo en San Lorenzo la comunidad necesita soluciones concretas para enfrentar importantes problemas de contaminación del Arroyo, en San Bernardino y Pirayú, la problemática estaba relacionada a la degradación de espacios naturales, finalmente en Areguá, un tema importante era el mal uso del suelo, que afecta a toda la comunidad de la Compañía de Yuquyty.

## **7. Conclusión**

El proyecto de *Divulgación de las informaciones ambientales de los ciudadanos en la Cuenca del Lago Ypacarai* ha posibilitado poner en vigencia el derecho que tiene todo ciudadano de acceder a la información del ambiente en que vive y con el cual interactúa. El mismo ha tenido un buen nivel de aceptación por la comunidad y actores involucrados y fue estructurado de manera a dar respuestas a las problemáticas específicas de cada sitio. Un aspecto resaltante del proyecto es el trabajo realizado con la comunidad educativa por la importancia que la misma tiene en estas comunidades y la influencia que ejerce a través de los estudiantes.

Finalmente cabe mencionar el interés generado a través de estos talleres de los miembros de la comunidad en iniciar un proceso de organización comunitaria para el mejoramiento de sus recursos hídricos locales.

## **8. Medios de Verificación**

Los siguientes medios de verificación están disponibles ante cualquier consulta sobre las actividades realizadas:

- Planillas de registro de participantes en los cuatro talleres
- Fotografías de los eventos
- Planillas de Evaluaciones
- Materiales didácticos

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados de la investigación realizada, se presentan a continuación las siguientes recomendaciones:

### **1. Continuación del monitoreo de calidad de agua en la cuenca oriental de río Paraguay**

#### **Río Paraguay**

Aunque se haya obtenido una visión general sobre la calidad de agua de los recursos hídricos de la cuenca oriental, a través de 7 campañas de colecta de muestras realizadas en estos últimos 2 años y medio de investigación; debe continuar el monitoreo para acompañar la alteración progresiva de la calidad de agua. Los puntos de colecta deben ser escogidos en los sitios estratégicamente más importantes, como por ejemplo, 5 puntos a lo largo del río Paraguay y 5 puntos en los 5 afluentes, distribuyendo un punto para el río Apa, Aquidavan, Ypane, Jejui, Manduvira y Tebicuary.

Particularmente a la cuenca del Apa, se recomienda dar atención especial debido a la intensa ocupación agropecuaria en territorio brasileño. Además de los parámetros convencionales, es necesario realizar los análisis de agro tóxicos, principalmente, en la finca Caracol de arrozal, donde se aplica apreciable cantidad de agro tóxicos en la época de plantación.

Se debe mantener en el río Paraguay, el punto de Valle-mi, que representa una estación de control para averiguar eventuales alteraciones de calidad de agua provenientes del Alto Paraguay. Además de este, puntos de Rosario, capitación de Essap, Villeta y Pilar podrían ser escogidos para monitoreo en el río Paraguay.

Los parámetros de análisis pueden ser establecidos como se relaciona a continuación. Conductividad, turbiedad, DQO, Alcalinidad, Coliformes fecales, serie de sólidos, serie de nitrógeno, fósforo total y soluble, clorofila-a, metales pesados, agro tóxicos e identificación y cuantificación de fitoplancton.

La frecuencia de colecta debe ser mantenida, por lo menos, dos veces por año.

#### **Lago Ypacarai**

Se recomienda establecer 3 puntos de monitoreo, o sea, un punto en el Ao Yuqyury que se constituye en el mayor contribuyente de cargas, un punto en San Bernardino y otro, en las playas de Aregua. En el Ao Yuqyury, la colecta de muestra debe ser realizada en el punto instalando una regla de medición de caudal para posibilitar la obtención de flujo de cargas provenientes de esta cuenca formadora. Sería deseable realizar la colecta cuatro veces al año para análisis de los siguientes parámetros;

##### **Ao Yuqyury**

DBO, DQO, Coli fecales, serie de sólidos, serie de nitrógeno, serie de fósforo,

Lago Ypacarai (San Bernardino y Aregua)

Clorofila-a, microcistina, identificación de algas, serie de fósforo y serie de sólidos.

### **2. Implantación de red pluviométrica**

En Paraguay, no hay estación pluviométrica en operación que mida el caudal del sistema hídrico. Así, no hay forma de saber la cantidad de agua que genera en este país, en la condición actual.

La actual política mundial de recursos hídricos, establece el concepto de que el agua es un recurso natural dotado de valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocido como un bien económico. Inclusive la Ley de Agua que está en fase de discusión en el Congreso de este país adopta este concepto de valor económico.

Sin embargo, sin las informaciones de cantidad de agua, no se puede planificar el aprovechamiento racional de esta bien natural para su uso múltiple.

De cualquier forma, es esencial para todos los sentidos la implementación de medidores de caudal, por lo menos, algunos puntos en el río Paraguay y sus principales afluentes.

### **3. Monitoreo de fuentes industriales**

Dentro de la presente investigación, fueron registradas cerca de 93 industrias más poluidoras a los recursos hídricos, las que representarían cerca del 80 % de todas las fuentes industriales. Es necesario continuar el levantamiento industrial para completar el cuadro de industrias poluidoras en todas las regiones del país.

Paralelamente, será necesario, también la realización del monitoreo periódico de las principales industrias poluidoras sin o con la planta de tratamiento por la SEAM, con base de los datos levantados, para fiscalizar la real condición de efluentes finales que vierten al cuerpo receptor. Será fundamental disponer de apoyo legal para garantizar la entrada de fiscales y investigadores en las industrias en cualquier momento para poder cumplir su misión de fiscalización.

### **4. Disposición de cloaca sanitaria de Región Metropolitana de Asunción**

Según la información de Essap, cerca de 75% de las cloacas sanitarias de la ciudad de Asunción están siendo colectadas por redes colectoras y lanzadas directamente al río Paraguay, provocando la contaminación, especialmente de coliformes fecales en la margen del área urbana, lo que coloca en riesgo a los moradores ésta margen del río y pescadores que tiene siempre contacto con el agua.

Se recomienda a Essap que tome las providencias, por lo menos, construir la planta primaria de tratamiento e instalar los emisarios para transporte de las cloacas sanitarias hasta el medio del río, donde está la mayor capacidad de dilución.

Es fundamental realizar uno estudio hidráulico y sanitario previa para la ejecución del plan de este saneamiento.

### **6. Mitigación de cargas difusas provenientes de la agricultura**

Los resultados de la presente investigación mostraron que la mayor fuente de contaminación de los recursos hídricos en la cuenca oriental es de cargas difusas, provenientes del área agrícola.

Una serie de medidas, tales como, siembra directa, adopción de curvas de nivel, aplicación de abono orgánico, la política de contención de fertilizantes químicos, etc. que están siendo experimentados y adoptados con éxito en varios países.

Producto de la erosión resultan daños muy preocupantes no solo para los recursos hídricos sino también para la producción agrícola.

Dentro de este contexto, se recomienda la creación de un programa de contención de erosión, juntamente con el Ministerio de Agricultura y Ganadería y los gobiernos locales para adopción de medidas de control amplias para la protección de tierra agrícola y recursos hídricos.

## **7. Recuperación de cuenca Ypacarai**

La calidad de agua del Lago Ypacarai está cada vez peor. Sin ninguna medida a ser tomada, el lago podría ser transformado en la laguna de estabilización para el tratamiento de cloacas en los próximos años.

A través de investigaciones realizadas por la cooperación JICA antes y actualmente, logramos aclarar las causas y sus consecuencias en arroyos y lagos, en base a las cuales fueron elaboradas algunas alternativas de soluciones.

A la conclusión que llegamos es que el mayor problema que debe ser subsanado para alcanzar la recuperación del lago, serían los problemas financieros.

Pues, cualquier solución de saneamiento requiere un monto de inversión no muy baja, no habiendo ningún órgano, en condición actual, que sea capaz de afrontar la inversión. En estas circunstancias, la única forma para viabilizar el financiamiento para la recuperación del lago sería la alteración de los objetivos de la inversión, o sea, una propuesta de inversión en el sector productivo, tales como, Eco-turismo, reforestación, etc.

El objetivo de Eco-turismo consiste en apreciar la belleza de la naturaleza, luego, es necesario realizar algunas obras para preservar y mantener esta belleza, en donde podría incorporar la inversión para el saneamiento para la recuperación del lago a lo largo del tiempo.

En resumen, se debe adoptar la política de incentivar al sector productivo sostenible y aumentar la capacidad financiera de la población, a través de la cual se propicie el emprendimiento para la recuperación y preservación de la cuenca Ypacarai

## **8. Instalación de una comisión binacional para discusión de la preservación de recursos hídricos de Pantanal.**

Se recomienda la instalación de una comisión constituida por representantes del Paraguay y Brasil para el control y preservación del Pantanal, que es vital para el uso múltiple de agua del río Paraguay.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arheimen ,B. - Modelling diffuse nutrient flow in eutrofication control scenario . Water Science & Technology, vol. 49, No 3, 2004.
- Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos, - Lineamientos para la Política Nacional de Recursos Hídricos, Documento ekm construcción 2004-2005, Presentación de priemra parte, 2005.
- Barros, V. , L. Chamorro , G. Coronel y Báes J. –The major discharge eventos in the Paraguay river; Magnitudes , source regions and climate forcing . Department atmospheric and Ocean Science , University of Buenos Aires and CONICETE Buenos Aires , Argetina 2004.
- Bannink, A.D. , - How Dutch drinking water production is affected by the use of herbicides on pavements. Water Science & Technology, vol. 49, No 3, 2004
- Consorcio NJS , Kokusai and Cobrape, Implementation of simulation model on Tiete river basin. BID/ Japan Fundo, 2002.
- Domecq, R.M. , j. Báes y L. Chamorro , Extracto del documento para arado para el libro , Gestión de los Trecurso Hídricos en Paraguay , 2005
- Domecq, R.M. – Problematica ambiental en la cuenca del río Pilcomayo , Visión en el sector paraguayo: cuenca baja, Delta continel de Pilocomayo – Centro de Innovación Tecnologica , Facultad de Ingenieria UNA. 2003
- Frosto, A. et al , - Agricultural environmental management ; case studies from theory to practice. Water Science & Technology vol. 49, No 3, 2004
- Grant, R. and G. B. Mathiesen, - Danish policy measures to reduce diffuse nitrogen emission from agriculture to thoe aquatic environment. Water Science & Technology, Diffuse Pollution VI , vol. 49, No 3, 2004
- Gomann, H, - Import of nitrogen reduction measures on nitrogen surplus, income and production on German agriculture. Water Science & Techology , Diffuse Pollution VI , VOL.49, No 3 , 2004
- Kempenaar , C and L. A. P. Lotz , - Reduction of herbicide use and emission by new weed control method and strategies. Water Science & Technology, vol. 49, No 3 , 2004
- Oporto,O -Las cuencas hidrograficas del Paraguay, Secretaria del Ambiente , Paraguay ,2003
- Pereira , M. - Avaliação dos recursos hídricos da bacia transfronteiriça do rio Apa –Mato Grosso do Sul. Contrato con ANA/GEF/PNUMA/OEA Projeto Implementação de prática de Gerenciamento Integrado da bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do Alto Paraguay , Relatorio final , 2003
- Ropke ,B. , M. Bach and H.G. Fred, DRIPS- decision support system estimating the quantity of diffuse pesticide pollution in German. Water Science & Technology , vol, 49, No 3 , 2004
- Shimatori,E , et al,- Model analysis for nitrogen effect for upland field constructed with under-drain. Water Science & Technology , Diffuse Pollution and Basin Management. Vol. 51 , No 3-4 , 2005

Semmelmann , F.R. , et al. - Balanço preliminary de sedimentos no Pantanal da bacia de Alto Paraguay. Ins. Pesquisa Hidráulica , U.F.R.G.S, II Simpósio sobre recursos naturais e socio-economico do Psantanal , 1996, Emrapa.

Stephen , K.H. et al. - Chemical characteristics of Pantanal water. II Simpósio sobre recursos naturais e socio-economico do Psantanal , 1996, Emrapa.

Hasennack , H. , et al, O clima da RPPN Pantanal , Conhecendo Pantanal , Pesquisa na RPPN SESC Pantanal. Reserva Pantanal do Patrimonio Natural.

Sergio, C. - Gerenciamento de solos e erosão dos solos na bacia do rio Taquari –MS , Contrato ANA/GEF/PNUMA/OEA , Projeto Implementação de prática de Gerenciamento Integrado da bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do Alto Paraguay , Relatório final , 2003

Shiannopkao , S. et al, - Effects of soil erosion on water quality and use in the Phong water shed. Water Science & Technology, Diffuse Pollution VIII , vol53, No 2 ,2006.

Westhoek , H. et al , - Economic and environmental effects of the manure policy in the Netherlands : synthesis of integrated ex-post and ex-ante evaluation. Water Science & Technology, vol. 49, No 3 , 2004

Yazgan , M. and A. Tanik , - Transportation pathways of pesticides in two major watersheds of Istanbul , Turkey. Water Science & Technology , vol. 49, No 3 , 2004

Vkita, M, et al ,- Study on the potential of farmland soils as non-point sources of nitrogen and phosphorous in Japan , Water Science & Technology , Diffuse pollution VIII, vol. No2, 2006.

## **Participantes para el presente Proyecto de la Cooperación**

### **Oficina de la JICA**

Kenji Yamamoto

### **Expertos de la JICA**

Hideo Kawai

Dirceu Yamazaki

Maria Tereza de Paiva de Azevedo

Luis felipe Hax Nienscheski

Odete Inamata

Tereza A. Kusumi

Richardo Hiroshi Ouno

### **SEAM (Secretaria del Ambiente)**

Directoría de Planificación

Ing.Agr. Luiz Morinas

Ing.Marai Clistina Torres

Gabinete de Secretaria de Ambiente

Ing. Agr. Neri Aguero - Coordinador ejetivo

Dirección General de Control de Calidad Ambiental y los recursos hídricos

Ing. Ftal Gustavo Rodríguez

Lic.Samuel Jara

Ing. Agr. Jorge Coronel

Quim. Marta Ruiz Dias

Dirección General de Recursos Hídricos  
Ing. Helena Benitez  
Lic. Aida Olavarrieta  
Abog. Mirtha Almada  
Quim. Mirtha Kiuncer  
Ing. Victor Morel  
Ing. Agr. Jose Silverio

Cooperación para la corrección de texto español  
Lic. Nora Neris de Colman  
Lic. Flaviano Colman

**DIGESA ( Directoria General de Saud Ambiental)**

Asesor de Ministro de Salud y Bien Estar  
ING. Victor Jiménez

Directoria de Control Ambiental  
Ing. Gustavo Gonzále  
Quim. Profiria Ramona Narváez  
Quim. Paulina Fretes  
Lic. Raquel Gonzáles  
Quim. Edith Ramirez  
Lic. Nubia Echeverri  
Quim Fani Velásquez  
Asuncion Gaona

Romina Agüero  
Mirtha Molinas  
Diana Andrea núñez  
Carlos Arrua  
Pedro Florentin  
Gretty Cháves  
Ramon Báes Mesza

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1: RELACION DE LAS CARGAS INDUSTRIALES**

Observación: La relacion de las cargas industriales se encuentra dentro del mismo CD. Con el nombre de la Carpeta [Anexo 1](#).

### **ANEXO 2: RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA Y FITOPLANCTON**

Observación: El resultado de los Analisis de Calidad de Agua se encuentra dentro del mismo CD. Con el nombre de la Carpeta [Anexo 2](#).

### **ANEXO 3: IDENTIFICACION Y RECUESTO DE FITO PLANCTON** (Datos complementares)

Observación: El resultado de la Identificación y recuento de los Fito Plancton se encuentra dentro del mismo CD. Con el nombre de la Carpeta [Anexo 3](#).

### **ANEXO 4: ESTUDIOS HIDROLOGICOS DEL LAGO YPACARAI**

Observación: El resultado del Estudios Hidrologicos del Lago Ypacarai se encuentra dentro del mismo CD. Con el nombre de la Carpeta [Anexo 4](#).