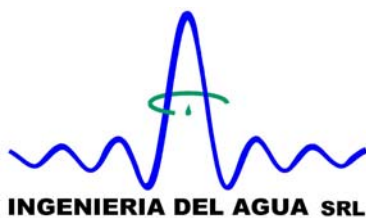




**EVALUACION DEL MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA
DEL RIO PIRAI E IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS
AMBIENTALES HIDRICOS**

INFORME FINAL



INGENIERIA DEL AGUA SRL

Calle Libertad No. 472
Casilla 124
Tel.: (591 3) 3336827
Fax: (591 3) 3116146
E-mail: ia@unete.com
Web: www.ia-bo.com
Santa Cruz de la Sierra
Bolivia

Santa Cruz, Mayo de 2006

INDICE

	Pág.
RESUMEN EJECUTIVO	1
ABSTRACT	1
1. INTRODUCCION	2
1.1. Aspectos generales	2
1.2. Definición de conceptos	2
1.3. Objetivos del estudio	3
1.4. Metodología de trabajo	3
2. CARACTERIZACION DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA CUENCA DEL RIO PIRAI	5
2.1. Agua	5
2.3. Suelos	11
2.4. Vegetación	11
2.5. Fauna	12
3. DIAGNOSTICO DE LAS INTERVENCIONES EN LA CUENCA DEL RIO PIRAI	15
3.1. Antecedentes históricos	15
3.2. Actividad económica en la cuenca	17
3.3. Protección de ciudades contra inundaciones	18
3.4. Extracción de áridos para la construcción	21
3.5. Explotación del acuífero de la cuenca media y baja	22
3.6. Red de medición de variables hidrológicas	23
3.7. Servicios ambientales hídricos	24
4. EVALUACION DEL MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA	24
4.1. Explotación sostenible de recursos naturales	24
4.2. Marco legal e institucional	26
5. IDENTIFICACION DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDRICOS	27

INDICE DE MAPAS

No.	TITULO
1	Geología
2	Vegetación
3	Plan de Uso del Suelo
4	Uso Actual de la Tierra
5	Red Hidrometeorológica
6	Identificación de Servicios Ambientales Hídricos

RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del reducido tiempo disponible para llevar a cabo el presente estudio, se ha evaluado conceptualmente las intervenciones en la cuenca del río Piraí. La metodología de trabajo utilizada consistió en analizar los recursos naturales de la cuenca y la actividad socioeconómica que presiona sobre ellos.

Se ha identificado que bosques maderables están empezando a ser deforestados para expandir la frontera agrícola. Con relación al recurso agua, las intervenciones son aisladas y no responden a una planificación orgánica e integral. Sin embargo, también se ha constatado que el uso actual del suelo responde razonablemente bien al uso del suelo planificado en el pasado.

El estudio identifica un servicio ambiental hídrico atractivo: Una fracción de los bosques que forman la cuenca alta tienen la capacidad de generar los mayores caudales superficiales específicos de la cuenca y se encuentran relativamente cerca de la ciudad de Santa Cruz de La Sierra como potencial usuario a corto plazo de éste recurso. Esta interesante alternativa merece un estudio y desarrollo más detallado en el futuro.

ABSTRACT

Considering the reduced time available to execute the study, human interventions have been evaluated in the Piraí basin since a conceptually point of view. The methodology to develop the study consisted in to analyze the relationship between natural resources and the economic activity in the basin.

It can be observed an initial pressure against the rainforest in order to expand the agriculture border. Related to water resources interventions, these are isolated and oriented to solve specific problems without any general planning to the entire basin. However, it must be mentioned that the actual soil use considers the previous planning in the basin.

The study identifies a specific water environment service: Part of the rainforest of the upper basin has the capacity to produce the major superficial specific discharges to benefit Santa Cruz de la Sierra city. This interesting alternative should be evaluated and developed in the near future.

1. INTRODUCCION

1.1. Aspectos generales

Fundación Natura (FN) está impulsando una investigación sobre "Desarrollo de Instrumentos de Mercado para la Protección de Cuencas y Mejora de los Medios de Vida Local", trabajo que forma parte de un estudio global del Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo (IIED) en Bolivia, Indonesia, Sud África, India, China y el Caribe.

Como parte del estudio, FN tiene el mandato de realizar una evaluación de los proyectos de Manejo Integral de Cuencas (MIC) ejecutados en Bolivia para rescatar las lecciones aprendidas y conocer si los proyectos presentan condiciones mínimas para implementar un mecanismo de Servicios Ambientales Hídricos (SAH).

En este contexto, FN contrata a Ingeniería del Agua SRL (IA) para llevar a cabo una evaluación del manejo integral de la cuenca del río Piraí y responder las siguientes preguntas fundamentales:

- Los proyectos implementados han dejado las bases necesarias para establecer mecanismos de compensación por Servicios Ambientales Hídricos?
- Cuáles han sido los resultados mas importante de las intervenciones humanas en la cuenca del Río Piraí en términos de su manejo integral?

1.2. Definición de conceptos

La realización del presente trabajo, implica utilizar conceptos que se encuentran en pleno desarrollo y no necesariamente tienen una aceptación universal. Por tanto, sin perjuicio de que en el futuro se puedan optimizar las definiciones, se considera oportuno dejar constancia de las ideas adoptadas en una primera aproximación.

- **Servicio Ambiental (SA):** Se define un servicio ambiental como el beneficio que generan los bosques para la humanidad. Se reconocen al menos cuatro servicios que prestan los bosques: i) protección de los recursos hídricos, ii) conservación de la biodiversidad, iii) belleza escénica y iv) absorción de carbono.

- **Servicio Ambiental Hídrico (SAH):** Se entiende por servicio ambiental hídrico aquel que prestan los bosques para conservar los recursos hídricos en cantidad y calidad en las cabeceras de cuencas, por su capacidad de regular los flujos de agua, controlar la erosión, reducir la pérdida de suelo productivo y disminuir el transporte de sedimentos hacia aguas abajo. Los proyectos de Servicios Ambientales Hídricos han surgido como una alternativa para proteger bosques de cabeceras de cuencas, a partir de la valorización del servicio de provisión de agua que prestan a la población ubicada aguas abajo.
- **Manejo Integral de Cuencas (MIC):** Se entiende por manejo integral de cuencas la aplicación de principios y métodos para el uso racional e integral de los recursos naturales de la cuenca (esencialmente agua, suelo, vegetación y fauna) orientados a conseguir su utilización óptima y sostenible manteniendo o mejorando la capacidad productiva de los ecosistemas, para el beneficio de la población de la cuenca y de las comunidades vinculadas a ella.

1.3. Objetivos del estudio

El presente estudio tiene los siguientes objetivos:

- Identificar y analizar las intervenciones humanas en la cuenca del Río Piraí.
- Evaluar la posibilidad de promover el pago por la prestación de servicios ambientales hídricos de los bosques de la cuenca alta en favor de los pobladores aguas abajo, en particular de los habitantes de la ciudad de Santa Cruz.

1.4. Metodología de trabajo¹

En toda cuenca existen recursos naturales (**oferta**) y actividad humana que presiona sobre ellos (**demanda**). La sostenibilidad sólo es posible si se encuentra el equilibrio

¹ La Asociación Mundial para el Agua, GWP (Global Water Partnership) por sus siglas en inglés, establecida en 1996, trabaja intensamente en desarrollar un marco analítico y proponer acciones para promover un manejo sostenible de los recursos hídricos. Sus reflexiones han sido útiles para elaborar el presente trabajo adaptando principios universales al caso particular de la cuenca del río Piraí. Referencia: <http://www.gwpforum.org>, TAC Background Papers No. 4.

como sucede en una balanza, que contiene en un platillo la oferta determinada por las características ecológicas de cada cuenca y en el otro la demanda, determinada por las características socioeconómicas de la población asentada en la cuenca y áreas vinculadas a la misma. La posibilidad de alcanzar o no el equilibrio depende de la gestión de los recursos naturales en general y de los recursos hídricos y las cuencas en particular, es decir de la planificación, políticas y el marco legal e institucional que se decida definir y aplicar (**gestión**).



Por lo expuesto, se considera oportuno adoptar como metodología de trabajo aquella que trata de establecer la situación en la que se encuentra la cuenca del río Piraí en la actualidad, luego de intervenciones humanas que son anteriores a la llegada de los españoles a la región, pero que se tornan importantes a partir de la construcción de la carretera La Paz – Santa Cruz, que se produce en la década de los cincuenta del siglo pasado.

Es evidente que el problema que se analiza es dinámico, pues presenta variaciones en el tiempo y en el espacio. En un momento determinado puede suceder que algunas regiones de la cuenca se encuentren en equilibrio y otras no. De igual manera, alcanzar el equilibrio en un momento dado no significa que producto de nuevas intervenciones humanas la presión sobre los recursos naturales sea tal que se requiera de renovadas gestiones para garantizar el equilibrio en el tiempo.

Considerando los objetivos concretos del presente estudio, como metodología de trabajo se adoptó la siguiente:

- Se caracterizó de manera concreta y breve los recursos naturales de la cuenca, con especial énfasis en el agua. De ésta forma se evaluó la oferta.
- Luego, se analizaron las intervenciones humanas relevantes y su impacto sobre los recursos naturales para interpretar la demanda.
- Del análisis de la relación oferta – demanda fue posible extraer conclusiones sobre la racionalidad de las intervenciones humanas en la cuenca y definir si existen bases para afirmar que la gestión pública y privada está orientada a lograr el manejo integral de la cuenca.
- Luego, se identificaron los servicios ambientales hídricos que podrían desarrollarse en la cuenca, considerando como mercado relevante el de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

2. CARACTERIZACION DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA CUENCA DEL RIO PIRAI

2.1. Agua

El río Piraí nace en la región montañosa de la rama oriental de la cordillera de Los Andes y se extiende hasta su confluencia con el río Yapacaní, que a su vez desemboca en el Río Grande. La cuenca se encuentra en dos unidades morfoestructurales, el subandino y la llanura Chaco Beniana, presentando paisajes de serranías, colinas y llanuras aluviales. Las serranías pueden ser altas, medias o bajas y su disección moderada a fuerte. Las colinas son bajas, medias y altas, con disecciones que varían de ligera, moderada a fuerte; las llanuras aluviales son recientes, inundables y la llanura está formada por suelos del cuaternario. Las altitudes van desde los 200 a 2.800 msnmm.

El área de la cuenca es de aproximadamente 13395 km². La cuenca alta puede determinarse claramente a partir del mapa geológico de la región (Mapa No. 1), donde se puede apreciar que la zona de montaña se extiende hasta la localidad de Ayacucho

(Porongo) y luego se prolonga en la margen oeste del río hasta prácticamente la localidad de Buena Vista. Esta prolongación es parte del Parque Nacional Amboró y resulta ser las nacientes del Río Guendá y del Arroyo Palacios.

Desde el punto de vista hidrológico, la cobertura vegetal de la cuenca alta no es uniforme, sino que tiene una variación espacial que depende de la altitud y la formación geológica (Mapa No. 2). Desde las nacientes hasta La Angostura predomina el Bosque denso, semi siempre verde, que se encuentra sobre conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas del carbonífero superior. Aguas abajo y hasta Buena Vista, predomina el bosque denso siempre verde, asentado sobre areniscas, con lentes de conglomerados, lutitas y limonitas del Paleógeno – Neógeno. Esta diferencia en la geología y la vegetación se traduce en diferente disponibilidad de agua superficial, que puede ser evaluada a partir de los registros de caudales en las estaciones de aforo que existen en la cuenca según el siguiente detalle:

- **La Angostura^{2,3}**: Desde el punto de vista hidrográfico, en la cuenca alta se encuentran los ríos Piojeras y Bermejo que confluyen a la altura de la estación de aforo La Angostura. El área de la cuenca hasta esta sección de control es aproximadamente 1416 km². Los registros de caudales y niveles de esta estación muestran claramente el comportamiento estacional del río, con un año hidrológico que se puede asumir que se inicia el 1 de septiembre y concluye el 31 de agosto. La época de lluvias concluye aproximadamente en marzo. Los caudales registrados varían entre valores tan bajos como 1 m³/s y picos de crecida del orden de 850 m³/s o mayores. El caudal módulo ha sido estimado en 4.65 m³/s, con un derrame promedio anual de 147 hm³. El caudal específico resulta ser 3.28 litros/s/km².

² Sauma Haddad, Juan Carlos et al: Estudio de la Contaminación Hídrica en la Cuenca del Río Piraí. Informe final preparado por DHI, Water & Environment para la Prefectura de Santa Cruz, Junio de 2000.

³ SEARPI. Programa de Protección contra las Inundaciones – Plan Directivo de la Cuenca del Río Piraí. Estudio de Hidrología – Anexo II. Junio de 1991.

- **Espejos⁴:** Entre La Angostura y la ciudad de Santa Cruz se encuentra el río Espejos que tiene sus nacientes en el Parque Nacional Amboró y su cuenca de aporte tiene un área aproximada de 222 km². Existe una estación de aforo muy próxima a la confluencia con el río Pirai y los registros de caudales permiten definir un caudal módulo de 3.84 m³/s, con un derrame promedio anual de 121 hm³. El caudal específico resulta ser 17.3 litros/s/km². Los caudales registrados varían entre un mínimo de 0.16 m³/s y un máximo de 645 m³/s. El análisis de los registros de caudales en la estación Espejos ha permitido identificar que si bien existen caudales extremos de crecida, también los caudales mínimos son tan agudos que deben ser considerados con mucha atención por las implicaciones que tiene esta variable en época seca en la zona de la ciudad de Santa Cruz y su área de influencia. La subcuenca Espejos tiene dos estaciones de registro de precipitaciones bastante próximas. La precipitación anual promedio en la estación que se encuentra más próxima al Parque Nacional Amboró es de 1745 mm y en la estación próxima a la desembocadura del río es de 1663 mm. La diferencia en los aportes de lluvias se debe a la altitud y sobre todo al tipo de vegetación de la parte alta de la subcuenca.

Por las características geológicas, de suelos y vegetación es razonable extrapolar en una primera aproximación la capacidad de producción de agua superficial de la cuenca Espejos a toda la cuenca alta que tiene características similares y se extiende desde La Angostura hasta Buena Vista.

Los derrames anuales estimados en la estación de aforo Espejos son:

AÑO HIDROLOGICO	DERRAME [hm³/año]
81/82	238
82/83	212
83/84	149
84/85	159
89/90	67

⁴ Sauma Haddad, Juan Carlos. Hidrología, Tomo III, Proyecto de Riego Espejos, realizado por Ingeniería del Agua SRL para la Pastoral Social Cáritas. Julio, 2003.

90/91	116
91/92	206
92/93	86
93/94	87
94/95	109
95/96	22
96/97	112
97/98	155
98/99	44
99/00	74

Se observa que los valores no son constantes, pues dependen del nivel de precipitaciones y de la cobertura vegetal. Al respecto se puede realizar los siguientes comentarios:

- ✚ La serie de tiempos varía entre un mínimo de 22 hm³/año y un máximo de 238 hm³/año. El máximo corresponde a un año lluvioso con precipitaciones de más de 2000 mm y el mínimo a un año seco con precipitaciones de menos de 1000 mm, registradas en las estaciones pluviométricas de la cuenca. Es decir que, existe una relación directa entre lluvia y caudales superficiales.
 - ✚ Por otro lado, se sabe que si bien la intervención antrópica en la cabecera de la cuenca Espejos es mínima, ha aumentado durante los últimos años. Sin embargo, a la fecha no ha sido cuantificada. Por tanto, no es posible emitir criterio sobre la influencia de ésta variable en la variación de los caudales superficiales.
 - ✚ En ausencia de otros datos, se sugiere adoptar la tabla anterior como una línea base de referencia, sujeta a ajustes con estudios posteriores.
-
- **Puente La Bélgica^{2, 3}**: El caudal módulo anual del río es próximo a 20 m³/s y el área de aporte de la cuenca hasta la estación de aforo es 2872 km². Es decir que se tiene un caudal específico del orden de 7 litros/s/km². Sin embargo, si se descuenta los aportes de La Angostura y Espejos y se ajustan las áreas de aporte respectivas se tiene un caudal de 11.51 m³/s y el área efectiva de aporte

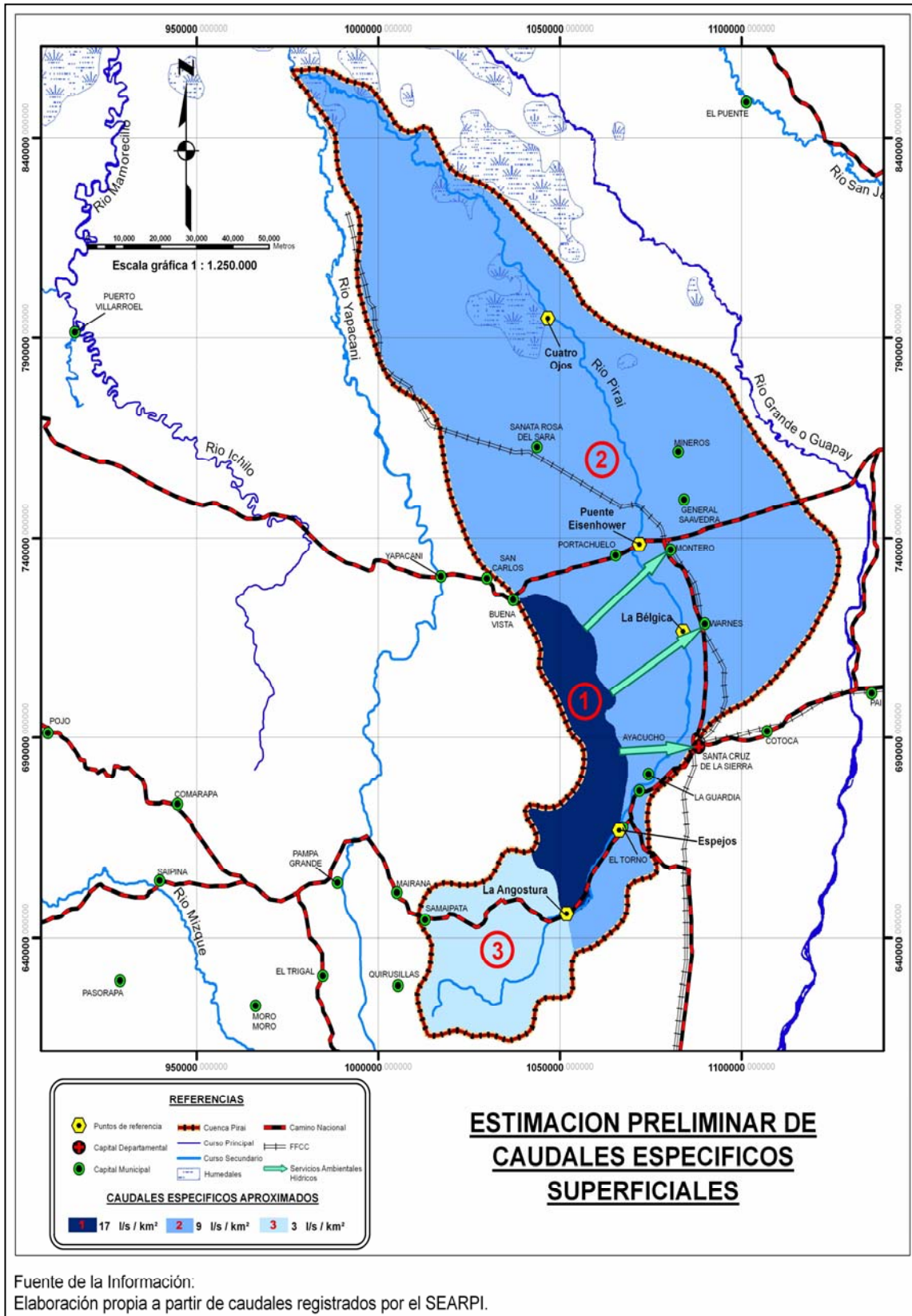
resulta ser 1234 km², con lo que el caudal específico es levemente superior e igual a 9.33 litros/s/km².

- **Puente Eisenhower^{2, 3}**: El caudal módulo anual del río es próximo a 35 m³/s y el área de aporte de la cuenca es 4251 km². El caudal específico es aproximadamente 8 litros/s/km². Sin embargo, si se descuenta los aportes de La Angostura, Espejos y La Bélgica y se ajustan las áreas de aporte respectivas se tiene un caudal de 15 m³/s y el área efectiva de aporte resulta ser 1379 km², con lo que el caudal específico es levemente superior e igual a 10.88 litros/s/km². Se observa un importante aumento del caudal módulo debido al aporte del río Guendá. Sin embargo, en términos de caudal específico el valor se mantiene aproximadamente constante.

En época seca los caudales aforados en el puente Eisenhower son menores a los aforados en La Bélgica, pues la infiltración y evaporación en ese tramo del río son importantes. No obstante, el aporte del río Guendá en época de crecidas es determinante en la definición del caudal módulo y en la constancia aproximada del caudal específico.

Aguas abajo del Puente Eisenhower no se tienen datos de caudales para estimar las disponibilidades de agua. Debido a la similitud en la conformación geológica regional, en la vegetación y en el patrón del uso del suelo, los caudales específicos deberían mantenerse relativamente constantes y ser próximos a 9 litros/s/km².

A partir del análisis realizado, a continuación se presenta un mapa con la distribución preliminar de los caudales específicos en la cuenca, que podrá ser optimizado en el tiempo a medida de que se disponga de mayor información. Como primera aproximación y con la finalidad de definir ordenes de magnitud, se han redondeado los valores a 3 litros/s/km²; 17 litros/s/km² y 9 litros/s/km².



Al finalizar la cuenca alta⁵, se forma un inmenso cono aluvial que se confunde con el cono aluvial del Río Grande y que da origen al acuífero que es fuente de agua potable de la ciudad de Santa Cruz y las localidades de la cuenca que se encuentran aguas abajo de la ciudad. El acuífero tiene como área de recarga los depósitos clásticos que se encuentran en las estribaciones de las serranías que conforman la cuenca alta. Además, el acuífero recibe agua de las precipitaciones y en menor medida de las infiltraciones del río Piraí y sus tributarios.

Desde el punto de vista de las crecidas³, los caudales máximos de los hidrogramas de crecida con 100 años de recurrencia han sido estimados en:

- ❖ Angostura: 3960 m³ / s.
- ❖ Santa Cruz: 4970 m³ / s.
- ❖ La Bélgica: 5160 m³ / s.
- ❖ Eisenhower: 5640 m³ / s.

2.3. Suelos⁶

Hay una considerable variación de suelos. En las colinas son de textura mediana poco profundos y gravosos, con pH ligeramente ácido, fósforo y nitrógeno bajos. Los suelos aluviales son de textura liviana a mediana, pedregosos, pero relativamente fértiles, sin problemas de sal. En la llanura los suelos aluviales son de textura liviana, arenosos, que alternan con suelos de textura media a pesada, arcillosos. El nitrógeno y el fósforo son deficientes, en el norte donde a menudo se producen estancamientos de agua o inundaciones (Mapa No. 3).

2.4. Vegetación⁶

- **Bosque Pluvial Montano:** Es un bosque mediano siempre verde lauroide, caracterizado por el pino amarillo, pino colorado, granadillo, arrayán, espinillo y lapacho.

⁵ Cooperativa de Servicios Públicos Santa Cruz Ltda, British Geological Survey, Technical Report WC/94/37, Impact of Urbanisation on Groundwater in Santa Cruz, Bolivia, Final Report, 1995.

⁶ Ripa Marconi, María et al: Caracterización ecológica y recursos naturales de las unidades de gestión de cuencas – Bolivia. Programa Nacional de Cuencas, Dirección General de Cuencas y Recursos Hídricos, Ministerio de Desarrollo Sostenible, Bolivia, Enero 2005

- **Bosque Semidecíduo Subandino:** Es un bosque mediano semidecíduo, distribuido en las laderas subandinas de la cuenca alta del Río Piraí. Estos bosques se caracterizan por el predominio de elementos chiquitanos, tales como el jichituriqui colorado, yesquero, cedro, gallito, tipa, lapacho, sipapote, curupaú, momoqui y pequi blanco.
- **Bosque Bajo Esclerófilo:** Es un típico bosque bajo siempre verde esclerófilo denso o ralo según el impacto de la ganadería y las quemadas. Se caracteriza por la presencia de isichogo, chaaco, utobo, sucupira, pequi, ocoro, tipa de la pampa, aliso blanco, laurel, trompillo, cuta de la pampa, alcornoque, arca y tutumillo.

2.5 Fauna⁶

- **Mamíferos:** Entre los micromamíferos destaca las ratas espinosas (*Proechimys* spp.), las ratas pigmeas (*Oligoryzomys* spp., *Oryzomys capito*), los ratones (*Oecomys trinitatum*, *Proechimys simonsi* y *Okodon* spp.). Entre los roedores grandes están especies importantes como fuente de proteína, como el jochi colorado (*Dasyprocta variegata*), el jochi pintado (*Agouti paca*); el puerco espín (*Coendou prehensilis*), con alta presión de cacería. Es importante mencionar especies de marsupiales como las carachupas (*Didelphys marsupialis*, *D. albiventris*), asociadas a ambientes antrópicos y que pueden actuar como controladores de animales pequeños como lagartijas y roedores.

Entre los quirópteros destacan el hematófago (*Desmodus rotundus*), los insectívoros (*Myotis nigricans*, *M. albescens*), los frugívoros (*Molossus molossus*, *Carolia* spp., *Sturnira* spp., *Artibeus* spp., *Phyllostomus* spp.) y el nectarívoro (*Glossophaga soricina*).

Entre los carnívoros destacan el puma (*Puma concolor*), el jaguar (*Pantera onca*), el tigrecillo (*Leopardus pardalis*), los zorros (*Pseudolopex gymnocercus* y *Cerdocyon thous*), el borochi (*Chrysocyon brachyurus*), cuyas poblaciones naturales han sido influenciadas por la destrucción de hábitat. Los prociónidos como el mapache (*Procyon cranecrivorus*), el tejón (*Nasua nasua*), también cazado para alimentación y mustélidos como el melero (*Eira barbara*), el mono michi (*Potos flavus*) y la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*), esta última cazada para la obtención de su piel.

Entre los primates se pueden mencionar al marimono (*Ateles chamek*), mono araña (*Ateles paniscus*), los que son apetecidos por la población local, el mono nocturno (*Aotus azarai*), el mono silbador (*Cebus apella*), y el manechi (*Alouatta caraya*) por encontrarse amenazados por cacería de consumo y destrucción de su hábitat.

Entre los xenartros se puede nombrar al tatú de nueve bandas (*Dasyopus novemcintus*), y entre los mirmecofágidos el oso bandera (*Myrmecophaga tridactyla*), el oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*) y el osito de oro (*Ciclopes didactylus*), este último afectado por pérdida de hábitat.

Entre los ungulados destaca la presencia del ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), el venado de las pampas (*Ozotocercus bezoarticus*), la urina (*Mazama gouazobira*), especies importantes para la dieta de la población local, lo que ha conducido a algunos de ellos a estados críticos para su conservación. Se encuentran poblaciones de chancho como el tropero (*Tayassu pecari*) y el chancho de monte (*Tayassu tajacu*), también se encuentra el anta (*Tapirus terrestris*).

- **Aves:** Se destacan las perdices, la charata chaqueña (*Ortalis cunicollis*), el mitoe o pava mutún (*Crax fasciolata*), cazadas esporádicamente para alimentación; carroñeros como los gallinazos (*Cathartes aura* y *Coragys atratus*) y rapaces como las águilas, importantes controladores de roedores y otros animales pequeños. También se encuentra el ave de mayor tamaño latinoamericano el piyo (*Rhea americana*), afectada por la cacería para la obtención de carne, plumas y huevos.

Importantes son las especies utilizadas en la dieta local, destacando las pavas y palomas. Por la prioridad de conservación se destacan el tuyuyú-guazú (*Ciconia maguari*), la pava (*Pipile pipile*), el jabirú (*Jabiru mycteria*), tuyuyú (*Mycteria americana*), la pava mutun (*Crax fasciolata*), el pato (*Cairina moschata*), el águila migrante boreal (*Pandion haliaetus*) que se alimenta de peces y depende de ríos y lagunas saludables para su sobrevivencia, el águila crestada (*Morphnus guianensis*), las parabas (*Ara auricollis*, *A. chloroptera*, *Amazona aestiva*), el loro (*Pyrrhura molinae*), el picaflor (*Phaethornis subochraceus*), el cardenal crestado (*Paroaria coronata*), y la especie playera (*Arenaria interpes*); los tiránidos

restringidos a pantanos (*Xenopsaris albinucha* y *Pseudocoloteryx sclateri*). Particularmente, es importante la paloma totaqui (*Zenaidia auriculata*), que debido a la facilidad para obtener alimentos en los campos de soya ha aumentado sus población hasta convertirse en una plaga; se está desarrollando un programa de control mediante la promoción de cacería deportiva.

- **Reptiles:** Están representados por especies de pequeño porte. Entre las serpientes se pueden citar a las venenosas como la coral (*Mycrurus micrurus*) y la yopejorobobo (*Bothrops* sp.); entre las culebras (*Imantodes* sp., *Dipsas* sp.), constituyen importantes controladores de roedores y otros animales pequeños. Entre las lagartijas se reporta al jausi (*Ameiva ameiva*), el peni (*Tupinambis teguixin*), especie ampliamente explotada en otras zonas es frecuentemente observada en esta región.

Se presentan especies de tortugas de las familias Testudinidae como la petas (*Geochelone carbonaria* y *G. denticulata*) amenazadas por la cacería y recolección de huevos, y la tortuga del chaco (*Acanthochelys pallidipecto*).

También se encuentran serpientes de las familias Boidae como el boyé o boa (*Boa constrictor*), la sicurí (*Eunectes notaeus*), así como especies de las familias Colubridae, Elapidae y Viperidae, como *Hydrodynastes gigas* y *Clelia clelia*.

- **Anfibios:** Están caracterizados por especies de las familias Leptodactylidae, Pseudidae, Bufonidae, Hylidae. Destacan las ranitas (*Hyla* spp., *Phylomedusa* spp.), las ranas (*Eleutherodactylus* sp., *Leptodactylus* sp., *Dendrobates* sp.); los sapos (*Bufo* spp.) y los endemismos yungueños (*Phrynopus laplakai*, *Centrolenela bejaranoi*, *Epipedobates bolivianus*, *Eleutherodactylus fraudator* y *E. mercedesae*), todas altamente susceptibles o vulnerables a la destrucción de sus hábitats.
- **Peces:** Están representados por especies utilizadas selectivamente como el pacú (*Colossoma* sp.), surubí (*Pseudoplatystoma fasciatum*), chuncuina (*P. tigrinum*), pebas (*Mylossoma* spp.), el dorado (*Salminus* sp) y el tambaqui (*Piaractus* spp.). Por otro lado destacan las pirañas o palometas (*Serrasalmus* spp., *Pygocentrus nattereri* y *Astronotus ocellatus*), que también son explotadas como recursos alimenticios.

Entre las especies de tallas pequeñas se encuentran *Oligosarcus bolivianus*, que se encuentra en la categoría de Menor Riesgo casi amenazada, *Acrobrycon sp.*, *Ixanandria sp.* *Heptarterus sp* categorizadas en Menor riesgo.

3. DIAGNOSTICO DE LAS INTERVENCIONES EN LA CUENCA DEL RIO PIRAI

3.1. Antecedentes históricos

La ciudad de Santa Cruz fue fundada por Ñuflo de Chávez en 1561 a orillas del arroyo Sutó donde hoy se encuentra la ciudad de San José de Chiquitos. Curiosamente, varios años después la ciudad tuvo que ser trasladada a su ubicación actual por la presión de los indígenas y también por la falta de agua en época de estiaje. La nueva ubicación contempló la abundante disponibilidad de agua en el río Pirai y la presencia de agua subterránea fácilmente accesible a través de la excavación de pozos de poca profundidad, denominados en el lenguaje local norias.

La ciudad de Santa Cruz de la Sierra fue creciendo lentamente hasta la década del cincuenta del siglo XX, donde se concreta la carretera La Paz – Santa Cruz y se promueve la industrialización del Norte Integrado con la instalación de importantes ingenios azucareros (Guabirá, La Bélgica, Unagro, Nueva Esperanza, Santa Cecilia), la Planta Industrializadora de Leche (PIL Santa Cruz) y otras industrias menores que acompañaron este desarrollo. En la década del setenta, la ciudad establece el Parque Industrial, aspecto que genera un crecimiento exponencial de la actividad económica en la región hasta el día de hoy. De hecho, la cuenca del río Pirai con sus recursos naturales privilegiados (agua, suelo, vegetación, biodiversidad) ha sido la que en gran medida sustentó el desarrollo regional de los últimos 25 años y ha permitido que Bolivia inicie el proceso de diversificación de sus exportaciones (Mapa No. 4).

En particular, el crecimiento de la ciudad hacia el Oeste se ha desarrollado sobre parte de la planicie de inundación del río, aspecto que claramente se puede apreciar por la distorsión que presentan los anillos de circunvalación en ésta zona. Cabe mencionar también que la invasión de la planicie de inundación del río se fue dando gradualmente aguas abajo de la ciudad a medida que se ampliaba la frontera agrícola sin planificación alguna.

La invasión de la planicie de inundación por la mancha urbana y aguas abajo de ella, tuvo consecuencias fatales⁷. En Marzo de 1983, fuertes lluvias en la cuenca alta y media produjeron crecientes severas que destruyeron parte de la ciudad, y generaron el cambio del curso del río cerca de la ciudad de Montero. 100 personas murieron y cerca de 900 fueron declaradas desaparecidas. Los daños a la infraestructura, viviendas y tierras agrícolas fueron estimados en \$us 37 millones. Este desastre natural generó la creación del Servicio de Encauzamiento y Regulación de Aguas del Río Piraí (SEARPI).

El SEARPI fue creado mediante la Ley 550 del 15 de mayo de 1983 como un ente autónomo y descentralizado, encargado de la coordinación y planificación del desarrollo social y económico de la cuenca del río y en particular su preservación y aprovechamiento. En el periodo 1986 a 1991 con el financiamiento de la Unión Europea se realizaron obras de defensa para la ciudad de Santa Cruz y se desarrolló el plan director de manejo de la cuenca. Desde 1992, con el apoyo de la FAO se llevó a cabo un proyecto piloto de forestación y manejo de la cuenca alta del río Piraí. En la práctica, SEARPI concentró literalmente sus actividades en el control del curso principal, es decir el río Piraí, por ser el problema inmediato a resolver. Además, tiene una red hidro – meteorológica con registros de precipitaciones, temperaturas, caudales y niveles en la cuenca alta y media (Mapa No. 5).

La expansión de la frontera agrícola en el Norte Integrado, demanda el drenaje de extensas zonas incluidas en las subcuencas de los tributarios Chané y Pailón, aspecto que dio origen a principios de los años 90 al Proyecto Drenaje Norte de la Prefectura de Santa Cruz, iniciativa que contó en su fase de preinversión con el apoyo de la Cooperación Japonesa (JICA). A la fecha todavía no se ha ejecutado acciones en campo. Curiosamente, este proyecto nunca estuvo bajo tuición del SEARPI, hecho se mantiene hasta el día de hoy.

⁷ SEARPI. Programa de Protección contra las Inundaciones – Plan Directivo de la Cuenca del Río Piraí. Junio de 1991.

3.2. Actividad económica en la cuenca⁸

Como ya se manifestó, la actividad económica representa la demanda y la presión sobre los recursos naturales de la cuenca y puede ser caracterizada a través de la estructura del Producto Interno Bruto (PIB). Al respecto, los datos disponibles y que se consideran una primera aproximación con fines de análisis conceptual son:

- Población ocupada: 174112 habitantes. Población migrante ocupada: 36356 habitantes.
- PIB total estimado en \$us 479 millones. Distribución porcentual del PIB: 25 % agropecuaria, 21 % manufactura, 10 % comercio, 6 % hidrocarburos, 1 % minería y 37 % otras actividades.

Más allá de la exactitud de los datos y considerando los valores como indicadores de órdenes de magnitud, la información es reveladora, pues permite realizar las siguientes precisiones:

- Considerando 5 habitantes por familia, en la cuenca se encuentran aproximadamente 870560 personas que representan aproximadamente el 43 % de la población del departamento.
- El PIB de la cuenca es del orden del 5 % del PIB nacional.
- La principal actividad económica de la cuenca es la agroindustria, pues representa casi el 50 % del PIB de la cuenca. Esto tiene una directa relación con la expansión de la frontera agrícola y la deforestación respectiva, sobre todo en la cuenca baja. Luego se tiene el comercio, concentrado en la ciudad de Santa Cruz y localidades menores del norte integrado.
- La actividad económica en la cuenca alta es mínima. Se trata de pequeños agricultores dedicados a la producción de subsistencia y la producción de hortalizas que comercializan en la ciudad de Santa Cruz. Situación similar se

⁸ Rolando Morales et al: Estimación del PIB por Municipios y Cuencas según ramas de actividad e identificación de las principales tendencias económico – migratorias. Programa Nacional de Cuencas, Dirección General de Cuencas y Recursos Hídricos, Ministerio de Desarrollo Sostenible, Bolivia, Enero 2005

tiene en la zona de la Angostura y Espejos, donde la agricultura se da en la ribera del río y sus tributarios. Debe mencionarse un creciente turismo hacia la cuenca alta durante los últimos años.

- En la cuenca media y baja predomina la actividad agropecuaria e industrial, con importantes insumos tecnológicos, como ser utilización de maquinaria, híbridos, transgénicos, agroquímicos, fertilizantes, etc. Acompañando éstas actividades se encuentra el comercio respectivo concentrado en las ciudades de Santa Cruz, Warnes y Montero.
- La actividad industrial gira en torno a la transformación de productos agropecuarios (Ingenios azucareros, arroceras, algodonerías, industrias lácteas, curtiembres, mataderos, laminadoras de madera, etc.) La industria pesada es prácticamente inexistente en la cuenca y a la fecha se cuenta con metalmecánicas que también tienen como misión apoyar la actividad agroindustrial. Por supuesto, también existen innumerables industrias menores de diverso tipo, pero que en términos de impacto sobre los recursos naturales son despreciables cuando se las compara con el impacto que genera la agroindustria². Por supuesto, ésta última afirmación debe considerarse en términos relativos y no absolutos.

3.3. Protección de ciudades contra inundaciones⁷

La crecida de Marzo de 1983 y que dio lugar a la creación del SEARPI generó el programa de protección contra las inundaciones de las ciudades de Santa Cruz y Montero. A la fecha se identifican intervenciones en cuatro fases:

Fase I: La protección de la ciudad de Montero se inició con la construcción del canal Juan Latino, cambiando el cauce del río para alejarlo de la ciudad de Montero. Sólo la margen derecha fue revestida con colchonetas Reno. El dragado del canal contó con la asistencia de la Cooperación Alemana que finalizó en 1988, con una inversión desconocida.

Fase II: Para la protección de la ciudad de Santa Cruz durante los años 1990 y 1991 se gastaron aproximadamente \$us 17.8 millones con las siguientes fuentes de

financiamiento: \$us 14.3 millones Unión Europea, \$us 1.5 millones Países Bajos en asistencia técnica y \$us 2 millones de contraparte local. Las obras de protección abarcan una longitud de 15 kilómetros a lo largo del río, que se pueden identificar desde el km 8 carretera antigua a Cochabamba, hasta el km 7.5 carretera al norte. Las obras pueden ser divididas en obras de defensa, obras de regularización y obras de drenaje para evacuar las aguas pluviales de la ciudad hacia el río. Las obras de hidráulica fluvial básicamente consistieron en consolidar los márgenes con colchonetas Reno y reforestación de riberas. En algunos sectores se utilizó la técnica del pilotaje de madera u hormigón con malla de alambre galvanizado para generar zonas de deposición de sedimentos y permitir la consolidación de márgenes por regeneración de la vegetación.

Fase III: Concluidas las obras de protección de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, la Unión Europea financió el Programa de Protección de la ciudad de Montero contra las inundaciones con una inversión de 15.67 millones de Euros, para proteger 56000 habitantes y 15000 hectáreas de cultivo adicionales, trabajos que a la fecha se encuentran concluidos.

Fase IV: A las intervenciones anteriores se le debe sumar un proyecto piloto de reforestación llevado a cabo en la cuenca alta diseñado con la finalidad de contribuir al control de crecidas y que contó con el apoyo de la FAO. El proyecto fue orientado a lograr un manejo progresivo, integral y sustentable de los recursos naturales en las microcuencas de Samaipata, Paredones, Achiras y Laja, con énfasis en la participación comunitaria. Dentro del marco de los objetivos del proyecto, las actividades se orientaron a estimular y apoyar a la población rural y sus organizaciones de base en toda iniciativa tendiente a la conservación y manejo de los recursos naturales de la cuenca alta del río Piraí (suelo, agua y cobertura vegetal) en forma sostenida.

Más allá de la exactitud de los números que definen las inversiones realizadas para el control de crecidas en la cuenca del río Piraí, se considera oportuno mencionar que:

- Considerando que las pérdidas asociadas a la crecida de 1983 fueron estimadas en \$us 37 millones, es evidente que las inversiones en infraestructura realizadas han sido satisfactorias, pues garantizan la protección de vidas e infraestructura pública y privada que a la fecha puede ser valorizada en varias veces ese

- número. Se hace notar que la vida útil de las obras con el adecuado mantenimiento puede ser de 5 ó más décadas.
- Por las dimensiones geográficas de la cuenca y los caudales de crecida identificados (miles de metros cúbicos por segundo), en opinión del autor verdaderas protecciones de ciudades e infraestructura sólo es posible con obras de ingeniería, a menos que se tome la decisión de no invadir la planicie de inundación del río. En este contexto, las inversiones realizadas en Santa Cruz, Montero e inmediaciones se consideran inevitables, pues como alternativa se hubiera tenido declarar las áreas afectadas como de acceso restringido, aspecto que en la práctica no se dio.
 - La alternativa de reforestar o permitir la regeneración de las planicies de inundación en zonas con importante urbanización se considera muy difícil de materializar. De hecho, la protección de la ciudad generó también nuevas zonas residenciales con importante plusvalía privada, donde antes se tenía la planicie de inundación del río.
 - Una vez que las obras fueron construidas se requiere llevar adelante un adecuado programa de mantenimiento, aspecto que ha sido dejado de lado por falta de presupuesto en el SEARPI. La planificación inicial definió un impuesto adicional a la tierra protegida contra las inundaciones para financiar la recuperación de la inversión y el mantenimiento de las obras. A la fecha no se ha implementado el impuesto. En opinión del autor, la falta de voluntad política en la implementación del impuesto tiene que ver con que las obras a la fecha cumplen con su misión. En el momento en que se produzcan fallas y se requiera de reparaciones reales, el tema será nuevamente considerado.
 - Lamentablemente, se debe afirmar que la lección de 1983 no fue aprendida, pues el accionar humano en la cuenca baja está repitiendo los errores cometidos en la década de los años setenta en las inmediaciones de la ciudad de Santa Cruz. La expansión de la frontera agrícola sin respetar la servidumbre ecológica asociada a las márgenes del río y sus tributarios tendrá consecuencias inmediatas, pues deben esperarse en el corto plazo desbordes del río y los

- tributarios y también eventualmente cambios de curso, con lo que esto implica en posibles pérdidas de vidas humanas e infraestructura como ya sucedió en el pasado. Esta falta de conciencia tiene que ver con que los responsables del daño ambiental no participan económicamente en la solución del problema y también con que existen nuevos actores en la cuenca, por fenómenos migratorios, pero también por cambio generacional.
- La preservación de servidumbres ecológicas en las márgenes de los ríos esta establecida claramente en el Plan de Uso del Suelo con que cuenta Santa Cruz. Pese a que se dispone del instrumento legal, el problema ya es crónico en la cuenca del río Piraí y en el resto del departamento por la debilidad institucional de la Prefectura de Santa Cruz, como instancia responsable de aplicar la ley..
 - Cualquier programa de reforestación de la cuenca alta, que se mantiene relativamente inalterada como se puede apreciar en el Mapa No. 4, no modificará sustancialmente los órdenes de magnitud de los picos de los caudales de crecida, que tienen que ver con la forma de la cuenca, las pendientes y los tipos de tormentas que generan el escurrimiento superficial⁹. Sin embargo, deforestaciones importantes pueden agudizar e incrementar éstos picos y también incrementar la tasa de transporte de sedimentos hacia la cuenca media y baja.

3.4. Extracción de áridos para la construcción

Prácticamente el 100 % de los áridos utilizados para la construcción en la ciudad de Santa Cruz y sus alrededores provienen del lecho del río Piraí. La fuente de áridos es la cuenca alta y mientras la explotación sea planificada y respete la Ley del Medio Ambiente no debería experimentarse problemas, pues luego de cada crecida del río, la reposición de los áridos extraídos es prácticamente total y la fuente de provisión de materiales es la cordillera, que desde el punto de vista práctico y considerando tiempos de escala humana, presenta volúmenes inconmensurables.

⁹ Ven te Chow, Maidment, David; Mays, Larry: Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill, 1994.

3.5. Explotación del acuífero de la cuenca media y baja⁵

El uso del agua subterránea como fuente de agua potable en la cuenca es una constante. Excepto casos aislados en las nacientes, que utilizan captaciones de vertientes como Samaipata, el resto de la población consume agua del importante acuífero que existe desde la zona de El Torno hasta la desembocadura del río.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la gran llanura aluvial (Mapa No. 1) está formada por capas de espesor variable de arena limosa (SM) intercaladas con arcilla de baja compresibilidad (CL), generando acuíferos confinados que en la zona de General Saavedra presentan características artesianas. El agua es de excelente calidad para consumo humano e industrial y las cooperativas de servicios públicos e industrias sólo proceden a clorarla para su utilización.

En el caso particular de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, donde está concentrada una buena parte de la demanda, la ausencia durante años de alcantarillado sanitario ha generado la contaminación de los acuíferos más próximos a la superficie debido a la infiltración del agua residual doméstica sin tratamiento. Esto ha generado que sea necesario captar agua de mayores profundidades y actualmente se tienen perforaciones de más de 300 m de profundidad con el incremento en los consumos de energía para bombear el agua hasta la superficie.

El análisis realizado para la ciudad de Santa Cruz de la Sierra es válido para todas las otras localidades de menor población en la cuenca. La única variable que se modifica es el tiempo en el que estos problemas tardarán en presentarse, aspecto que depende básicamente del crecimiento poblacional e industrial.

No se conoce que existan sistemas de riego importantes en operación en la cuenca. Sin embargo, en la zona de los ríos Chané y Pailón (Colonias Japonesas Okinawa I, II y III) ya se han realizado pruebas para explotar el acuífero con fines agrícolas para apoyar las siembras de invierno.

Sólo la Cooperativa de Servicios Públicos Santa Cruz Ltda. (SAGUAPAC) tiene información sobre el acuífero en su área de influencia y cuenta con planes de explotación sostenible, es decir de extracción controlada con medidores y seguimiento

de la recarga del acuífero, que establecen que en el mediano plazo la ciudad deberá contar con fuentes superficiales de abastecimiento de agua alternativas para satisfacer la demanda.

Estimaciones preliminares establecen que el acuífero que abastece la ciudad ya no será suficiente para satisfacer la demanda alrededor del año 2025. Si bien ésta es una primera aproximación sujeta a optimizaciones mediante estudios futuros, lo importante y digno de rescatar es que ya el problema ha sido detectado y se reconoce a las fuentes superficiales como alternativa para resolverlo.

3.6 Red de medición de variables hidrológicas

La cuenca del río Piraí se caracteriza por contar con registros de longitud y continuidad variables de precipitaciones, evaporaciones, temperaturas, caudales, niveles y concentración de sedimentos desde los años 70 y que almacena SEARPI. A estos registros se le debe sumar los recopilados de manera sistemática por la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA) desde los años 40. El Mapa No. 5 sintetiza la ubicación de las estaciones y que mide cada una. Los datos recopilados son almacenados sin control de calidad y a la fecha no se ha realizado un trabajo sistemático de evaluación e interpretación de las mediciones.

También se observa que la red de estaciones cubre razonablemente bien la cuenca hasta el puente Eisenhower. Aguas abajo hay muy pocas estaciones y se requiere densificar los puntos de registro.

Con los datos ya obtenidos a la fecha, es deseable en el futuro realizar un trabajo de evaluación integral de esta información, para obtener los principales parámetros hidrológicos que caracterizan la cuenca y adoptar ésta información como línea base para evaluaciones futuras relativas a nuevas intervenciones humanas.

La utilización de ésta información ha sido puntual y con la finalidad de apoyar el diseño de proyectos específicos. SEARPI utiliza los datos de caudales y niveles para alimentar un sistema de alerta temprana contra crecidas que funciona a partir de la transmisión de datos a la oficina central vía radio desde las estaciones de aforo.

3.7. Servicios ambientales hídricos

Por lo expuesto, la pregunta: Los proyectos implementados han dejado las bases necesarias para establecer mecanismos de compensación por Servicios Ambientales Hídricos?, tiene una respuesta objetiva y concreta que a continuación se detalla:

Las intervenciones en la cuenca del río Piraí mencionadas han sido básicamente en infraestructura de protección contra las inundaciones, sin considerar de manera directa y explícita la preservación de los recursos naturales de la cuenca alta, que es la zona que puede ofertar servicios ambientales hídricos. No debe olvidarse que los servicios ambientales hídricos requieren definir una zona de demanda de agua y otra de oferta. Ninguno de los proyectos implementados en la cuenca del río Piraí ha considerado estos aspectos.

Sin embargo, podría pensarse que el proyecto piloto de reforestación que contó con el apoyo de la FAO permitiría la implementación de servicios ambientales hídricos, aspecto que también debe descartarse, por cuanto la zona en que fue implementado no tiene una oferta de agua importante y la zona de demanda (ciudad de Santa Cruz), no se encuentra próxima.

4. EVALUACION DEL MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA

4.1. Explotación sostenible de recursos naturales

La oferta de recursos naturales en la cuenca y la presión sobre ellos no es uniforme y presenta variaciones espaciales.

El Mapa No. 4 muestra el uso actual de la tierra obtenido a partir de imágenes de satélite Google Earth. La resolución de las imágenes no es uniforme para toda la cuenca y al respecto se debe mencionar:

- ✚ En la zona próxima a la ciudad de Santa Cruz se tiene una resolución de ± 10 m, pues se pueden apreciar las calles de la ciudad. En la cuenca alta y en la zona próxima a la desembocadura del río la resolución disminuye a ± 30 m.

- ✚ Debe diferenciarse la resolución de la imagen (± 30 m) con la escala de impresión para los mapas. La escala de impresión seleccionada ha sido

1:750.000, es decir que 1 mm en el mapa representa 750 m en el terreno. No obstante, si se toma la imagen y se la amplía, su resolución mejora hasta alcanzar ± 30 m.

El Mapa No. 4 permite apreciar las intervenciones humanas en la cuenca en general. En particular se observa con claridad los patrones de deforestación en la cuenca según el siguiente detalle:

- La cuenca aguas arriba de La Angostura se mantiene relativamente conservada, pues los tipos de suelos y las pendientes de los cerros no permiten con facilidad el trabajo de la tierra. Si bien en la zona los pobladores han deforestado, en términos relativos las superficies son muy pequeñas con relación a la superficie de la cabecera. A éste escenario se suma la migración campo – ciudad que reduce la densidad poblacional y la presión sobre la tierra. La zona de mayor vulnerabilidad resulta ser la fracción del Parque Nacional Amboró que se encuentra dentro de la cuenca.
- Aguas abajo de La Angostura y en las inmediaciones de la localidad El Torno, se observa actividad agropecuaria en las riberas de los ríos Pirai y su tributario Espejos, con deforestación de las laderas próximas a los ríos.
- Comparando los Mapas No. 3 y 4 se observa el respeto a la planificación realizada con el Plan del Uso del Suelo. El uso del suelo planificado coincide aproximadamente con el uso del suelo actual. No obstante, se considera oportuno realizar las siguientes apreciaciones:
 - Si bien las zonas a las que se les asignó el uso de forestal – maderable se mantienen bien conservadas, existe una incipiente presión para convertirlas a tierras agrícolas. En la cuenca baja la situación empieza a tornarse crítica.
 - La zona de agricultura intensiva no ha respetado las servidumbres ecológicas y tampoco la existencia de cortinas rompevientos de dimensiones y ubicación adecuadas.

- La contaminación de cursos de agua por el uso intensivo de agroquímicos se supone importante pese a que a la fecha no se cuenta con información cuantificable sobre éste tema.
- En la cuenca baja y en las proximidades de la desembocadura del río, antiguos bañados han sido convertidos a la agricultura intensiva.

Con relación a los recursos hídricos, las intervenciones han sido aisladas y orientadas a resolver problemas específicos con énfasis en protección de ciudades e infraestructura contra inundaciones y no existe una planificación integral para toda la cuenca. La planificación hídrica debería ser conceptual, siguiendo el ejemplo del Plan de Uso del Suelo. Es decir, se trata de definir de manera concertada con todos los actores lineamientos generales para el uso sostenible de los recursos hídricos. Esto significa cuantificar y ubicar geográficamente la demanda de agua y luego definir las políticas de explotación del recurso hídrico que se deben cumplir para garantizar su preservación. Por otro lado, se deberían definir e implementar zonas de servidumbre ecológica, para evitar el efecto dañino de inundaciones y su impacto sobre vidas humanas e infraestructura pública y privada.

4.2. Marco legal e institucional

Desde el punto de vista teórico, la cuenca está bajo control del SEARPI, como entidad autónoma y descentralizada, encargada de la coordinación y planificación del desarrollo social y económico de la cuenca del río y en particular su preservación y aprovechamiento.

Desde el punto de vista operativo, actualmente el SEARPI depende de la Prefectura de Santa Cruz, quien cubre el 100% de los recursos para su funcionamiento y en la práctica el SEARPI sólo ha concentrado su atención en el curso del río Piraí desde La Angostura hasta Cuatro Ojos, con intervenciones aisladas y puntuales en los tributarios y una sola experiencia de reforestación en la cuenca alta. En opinión del autor, el SEARPI concentró sus actividades en el curso principal del río y no en el resto de la cuenca, porque la institución fue creada para atender la emergencia generada por la gran crecida del año 1983, aspecto que limitó de inicio su proyección y campo de acción

pese a que de manera continua y reiterada se ha tratado de extender su accionar al manejo integral de la cuenca.

Como es de conocimiento público, la Ley de Aguas vigente de 1904 es obsoleta y los reiterados intentos por actualizarla no prosperaron por falta de acuerdos sociales. A este escenario se suma la Asamblea Constituyente y la posible implementación de Autonomías que seguramente cambiarán las competencias Prefecturales.

Esto significa que los cambios necesariamente alcanzaran al SEARPI y se considera razonable que sea absorbido por una instancia departamental que se haga cargo del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos y del Manejo Integral de Cuencas de todo el departamento.

5. IDENTIFICACION DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDRICOS

Para poder implementar un servicio ambiental hídrico se requiere en primera instancia disponer de una oferta de agua y la demanda respectiva. Además, es necesario lograr acuerdos entre los actores, es decir las personas que viven en la cuenca con capacidad de ofertar recursos hídricos y los pobladores que se benefician o podrían beneficiarse en el corto plazo con el recurso. Luego, los acuerdos deben reflejarse en documentos en el marco de la legislación sobre SAH. Ahora bien, se hace notar que a la fecha la ausencia de legislación específica en Bolivia sobre los SAH, ha sido sustituida por acuerdos voluntarios entre las partes.

A partir del análisis realizado en el presente trabajo y para el caso específico de la cuenca del río Piraí se puede mencionar:

Oferta: Del mapa de caudales específicos se tiene que la región con mayores valores (17 litros/s/km²) es una zona de oferta. Se trata de un espacio geográfico de la cuenca de características particulares que presenta una combinación óptima de geología (Mapa No. 1), vegetación (Mapa No. 2) y aptitud de uso del suelo (Mapa No. 3). Las rocas que se encuentran en el subsuelo presentan una elevada impermeabilidad, y si bien los suelos no son muy profundos, presentan suficiente materia orgánica como para sustentar un importante bosque con abundante cobertura vegetal y rico en biodiversidad. Estas características particulares, hacen que el espacio geográfico

identificado sea muy eficiente en regular el aporte de agua superficial a lo largo del ciclo hidrológico. Una importante fracción de la zona identificada pertenece al Parque Nacional Amboró, que es área protegida y se encuentra todavía prácticamente inalterada, como puede apreciarse en el Mapa No. 4. La zona identificada presenta una muy baja densidad poblacional y son pobladores que pertenecen a los municipios de El Torno, Porongo, Buena Vista y Portachuelo. Las cabeceras son prácticamente inaccesibles y son área protegida. En la zona próxima al río Piraí en El Torno y Porongo se practica de manera intensiva la fruticultura. En Buena Vista y Portachuelo la situación es similar, sólo que la actividad económica relevante es la agropecuaria de pequeña y mediana escala y durante los últimos años el turismo de aventura.

Demanda: Las ciudades de Santa Cruz con su área de influencia, Warnes y Montero concentran hoy una población de aproximadamente 1 millón de habitantes que actualmente consumen agua potable de los acuíferos subterráneos de la región. Las tres localidades se encuentran relativamente cerca de la zona de oferta de agua. De acuerdo a las estimaciones de demanda de agua fresca de Santa Cruz de la Sierra y dependiendo del ritmo de crecimiento de la ciudad, se estima que en el corto y mediano plazos será necesario considerar nuevas fuentes de agua para satisfacer la demanda y la situación óptima corresponde a captar agua del espacio geográfico identificado en el presente trabajo. La situación para Warnes y Montero es similar, sólo que a largo plazo. Como referencia sobre la demanda, se puede mencionar que SAGUAPAC¹⁰ durante la gestión 2005 produjo 51.1 millones de metros cúbicos de agua, que equivale a un caudal uniforme durante el año de 1.62 m³/s. A este valor se le debe sumar lo producido por las demás Cooperativas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario que operan en Santa Cruz, Warnes y Montero. Considerando un consumo promedio de 150 litros/habitante/día, la demanda anual de 1 millón de habitantes sería de 54.75 millones de metros cúbicos de agua por año.

Marco Institucional: Bolivia no cuenta con una legislación que permita implementar los Servicios Ambientales Hídricos. Por tanto, para avanzar existen tres alternativas: i) lograr acuerdos directamente entre las partes interesadas, ii) involucrar al estado a nivel prefectural y municipal y iii) encontrar acuerdos con la participación pública y privada. El Mapa No. 6 muestra la cuenca y los municipios que la conforman. También permite

¹⁰ <http://www.saguapac.com.bo>

identificar los municipios que incluyen la zona productora de agua. Se trata de: Porongo, El Torno, Buena Vista y Portachuelo. Los municipios demandantes de agua son: Santa Cruz, Warnes y Montero. Concentrando la atención sólo en Santa Cruz, porque será el municipio que demande agua con mayor prontitud, para iniciar la implementación del SAH, sólo será necesario lograr acuerdos entre Porongo y El Torno por un lado y Santa Cruz de la Sierra por el otro. En una segunda etapa pueden ingresar Buena Vista y Portachuelo, junto con Warnes y Montero.

Para poder implementar el servicio ambiental hídrico se considera necesario llevar adelante un trabajo que se estima en aproximadamente dos años de duración con los siguientes alcances:

- ❖ **Oferta:** Es necesario evaluar con mayor exactitud los caudales superficiales de la zona identificada. Un balance hídrico es deseable como línea base para el futuro. Para que la oferta sea real, se requiere disponer al menos de un planteamiento conceptual de captación y transporte de agua hasta la ciudad de Santa Cruz.

- ❖ **Demanda:** Se requiere conocer de manera cuantitativa el crecimiento de la demanda de agua de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra y establecer con mayor precisión cuando será necesario utilizar una fuente de agua diferente a la actual.

- ❖ **Identificación de actores y concertación social:** Es necesario presentar la idea del SAH a todos los actores y lograr mediante negociaciones abiertas y transparentes la concertación social respectiva. Por un lado se debe trabajar con los pobladores de El Torno y Porongo que habitan el área de interés y por otro con las cooperativas de prestación del servicio público de dotación de agua potable, en particular SAGUAPAC. La concertación social debe garantizar la provisión de agua, aspecto que implica clarificar los temas relativos a la propiedad de las fuentes de agua y el manejo de los fondos que se generen por la prestación del SAH.

- ❖ **Relaciones institucionales:** Considerando que una buena parte de la zona de interés es área protegida y que la dotación de agua potable es un servicio público, debe promoverse sólidos acuerdos entre los gobiernos municipales de Porongo y el Torno por un lado y Santa Cruz por el otro. Por las implicaciones futuras de una intervención de ésta naturaleza, necesariamente la Prefectura de Santa Cruz y las cooperativas de prestación de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario deben ser parte de todas las negociaciones.

- ❖ **Marco legal:** Considerando que Bolivia no cuenta con un marco legal específico para los SAH, se requiere que los acuerdos que se logren sean llevados por lo menos a rango de Ordenanzas Municipales. Altamente deseable es que el proceso sea avalado por una Resolución Prefectural.