

Chuo Kaihatsu Corporation
JNS Engenharia, Consultoria e Gerenciamento s/c Ltda..

**“ESTUDIO DE POLITICAS Y MANEJO AMBIENTAL DE AGUAS
SUBTERRANEAS EN EL ÁREA METROPOLITANA DE
ASUNCIÓN” (ACUÍFERO PATIÑO)**

**Informe técnico 2.13
Plan de Gestión del Acuífero Patiño**

**Fecha:
Mayo 2007**

**Preparado por:
JNS Engenharia, Consultoria e Gerenciamento s/c Ltda..**

**Autor:
Tobias Jerozolimski
Rolando Gaal**

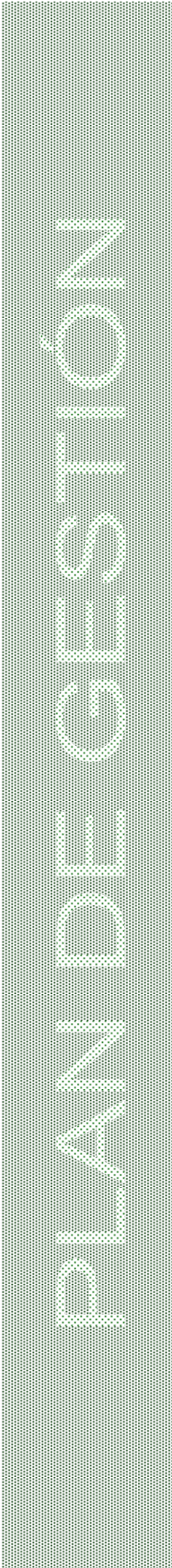
**Contrato:
Cooperación Técnica ATN/JC - 8228 – PR – SENASA - BID**

CONSORCIO CVC/JNS

INDICE

I.	DIAGNÓSTICO Y PRONÓSTICO DE LAS DEMANDAS HÍDRICAS	1
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	LOS USUARIOS EN EL ACUÍFERO	2
3.	LOS POTENCIALES CONTAMINANTES DEL ACUÍFERO	4
4.	SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIONES	5
4.1	POBLACIÓN Y VIVIENDAS	5
4.2	CONSUMOS DE AGUA	24
4.3	ALCANTARILLADO	28
4.4	BASURA	33
5.	CONCLUSIÓN	39
II.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN LEGAL E INSTITUCIONAL DEL AGUA.....	40
1.	INSTITUCIONES RELACIONADAS A LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	40
2.	MARCO LEGAL DEL AGUA	45
3.	PROCESO DE REVISIÓN DEL MARCO LEGAL DEL AGUA.....	48
4.	LISTA DE ACCIONES SOBRE EL MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL.....	50
III.	PLAN DE GESTIÓN.....	51
1.	INTRODUCCIÓN	51
2.	ESTABLECIMIENTO DEL CONSEJO DE GESTIÓN	53
3.	EL BALANCE HÍDRICO CUANTITATIVO DEL ACUÍFERO PATIÑO.....	54
4.	CONSIDERACIONES DE CARÁCTER CUALITATIVO.....	56
5.	PROTECCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA CONTRA LA CONTAMINACIÓN	60
6.	INSTRUMENTOS DE GESTIÓN	62
6.1	SISTEMA DE DERECHOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA (OTORGA).....	62
6.1.1	ADMINISTRACIÓN DE UN SISTEMA DE DERECHOS DE AGUA SUBTERRÁNEA .	64
6.1.2	LA TRANSICIÓN A UN SISTEMA DE DERECHOS.....	65
6.1.3	UN SISTEMA SUSTENTABLE DE DERECHOS.....	65
6.2	SISTEMA DE PERMISOS PARA DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES.....	66
6.3	PROGRAMA DE MONITOREO DEL AGUA SUBTERRÁNEA	68
6.4	PROGRAMA DE CONTROL Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE AGUA.....	69
6.5	PLAN MAESTRO DE AGUA	70
6.6	CONTROL Y PROTECCIÓN CONTRA LA CONTAMINACIÓN Y AMENAZAS A LA CALIDAD DEL AGUA	70
6.7	VALORIZACIÓN DEL AGUA POR MEDIO DE LA PARTICIPACIÓN.....	73
6.8	COBRO POR LOS RECURSOS DE AGUA SUBTERRÁNEA	74

6.9 COBRO AL CONTAMINADOR-PAGADOR.....	76
6.10 CONSIDERACIONES GENERALES.....	76
7. LEGISLACIÓN DEL ACUÍFERO PATIÑO	78
7.1 DISPOSICIONES ESPECÍFICAS	79



LISTA DE FIGURAS

Grafico 1: Paraguay – Evolución Poblacional	6
Grafico 2: Asunción – Evolución Poblacional.....	7
Grafico 3: Departamento Central – Evolución Poblacional	8
Grafico 4: Departamento Paraguari – Evolución Poblacional	9

LISTA DE TABLAS

Cuadro 1: Acuífero Patiño – Municipios y áreas	1
Cuadro 2: Población del Paraguay - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035	6
Cuadro 3: Población de Asunción - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035	7
Cuadro 4: Población del Departamento Central - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035.....	8
Cuadro 5: Población del Departamento Paraguari - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035.....	9
Cuadro 6: Datos Censales de Población en el Área del Acuífero.....	10
Cuadro 7: Participación de los Municipios en sus Departamentos	11
Cuadro 8: Tasas de Urbanización de los municipios	12
Cuadro 9: Área del Acuífero Patiño – Proyección de la Población Total	13
Cuadro 10: Área del Acuífero Patiño – Proyección de la Población Urbana	14
Cuadro 11: Área del Acuífero Patiño – Proyección de la Población Rural.....	15
Cuadro 12: Área del Acuífero Patiño – Porcentaje de Población Dependiente del Acuífero	16
Cuadro 13: Acuífero Patiño – Población Total Dependiente del Acuífero.....	17
Cuadro 14: Acuífero Patiño – Población Urbana Dependiente del Acuífero.....	18
Cuadro 14: Acuífero Patiño – Población Rural Dependiente del Acuífero.....	19
Cuadro 15: Acuífero Patiño – Relación Personas por Vivienda.....	20
Cuadro 16: Acuífero Patiño – Proyección de Viviendas Totales (urbanas y rurales) Dependientes del Acuífero.....	21
Cuadro 16: Acuífero Patiño – Proyección de Viviendas Urbanas Dependientes del Acuífero.....	22
Cuadro 16: Acuífero Patiño – Proyección de Viviendas Rurales Dependientes del Acuífero.....	23
Cuadro 17: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua Total (urbana y rural).....	24
Cuadro 18: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua en el Área Urbana	25
Cuadro 19: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua en el Área Rural.....	25
Cuadro 20: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua Actual y Proyectada.....	26
Cuadro 21: Acuífero Patiño – Población Atendida por Agua Actual y Proyectada	26
Cuadro 22: Gran Asunción – Indicadores de Agua Potable	27
Cuadro 23: Acuífero Patiño – Volumen Producido de Agua (m3/día).....	27

Cuadro 24: Acuífero Patiño – Cobertura Actual por Alcantarillado	28
Cuadro 25: Acuífero Patiño – Cobertura Proyectada por Alcantarillado	28
Cuadro 26: Acuífero Patiño – Población Atendida por Alcantarillado	29
Cuadro 27: Acuífero Patiño – Volumen de Alcantarillado (m3/día).....	30
Cuadro 28: Acuífero Patiño – Volumen de Alcantarillado (l/s)	30
Cuadro 29: Alcantarillado – Carga Orgánica Potencial (Kg DBO/día)	31
Cuadro 30: Alcantarillado – Carga Potencial (Kg NT/día).....	32
Cuadro 31: Alcantarillado – Carga Potencial (Kg PT/día).....	32
Cuadro 32: Acuífero Patiño – Cobertura por Basura Total (urbana y rural).....	33
Cuadro 33: Acuífero Patiño – Cobertura por Basura en Área Urbana	34
Cuadro 34: Acuífero Patiño – Cobertura por Basura en Área Rural	34
Cuadro 35: Acuífero Patiño – Población Total Atendida por Basura	35
Cuadro 36: Acuífero Patiño – Población Urbana Atendida por Basura.....	35
Cuadro 37: Acuífero Patiño – Población Rural Atendida por Basura.....	36
Cuadro 38: Acuífero Patiño – Basura Total Generada (T/día).....	37
Cuadro 39: Acuífero Patiño – Basura Generada en el Área Urbana (T/día).....	37
Cuadro 40: Acuífero Patiño – Basura Generada en el Área Rural (T/día).....	38
Cuadro 40: Balance Hídrico Integrado Año 2005	54
Cuadro 41: Proyección del Balance Hídrico Integrado hasta el año 2035.....	55
Cuadro 42: Fuentes de Contaminación de Aguas Subterráneas y contaminantes Asociados.....	58
Cuadro 43: Niveles de herramientas, Instrumentos e intervenciones de Gestión de Agua subterránea necesarios para una etapa específica del desarrollo del recurso..	77

I. Diagnóstico y Pronóstico de las Demandas Hídricas

1. Introducción

El área del Acuífero Patiño tiene una forma triangular, bordeada en el Norte y Oeste por el Río Paraguay, abarcando una zona de 1176 km² de extensión, e incluye en su territorio la ciudad de Asunción y la zona conurbana constituida por las ciudades lindantes de San Lorenzo, Mariano R. Alonso, Luque, Fernando de La Mora, Lambaré, Ñemby, Villa Elisa, Limpio y Capiatá, además de otra decena de municipalidades ubicadas en la parte Norte del Departamento Central y en una pequeña parte del Departamento de Paraguari.

El siguiente Cuadro presenta las municipalidades ubicadas en el acuífero con sus respectivas áreas.

Municipio	Departamento	Área Total (Ha)	Área Patiño (Ha)	Porcentaje del Municipio
Aregua	Central	8.468,99	4.464,57	52,72%
Asunción	Asunción	11.344,37	11.344,37	100,00%
Capiatá	Central	8.227,60	8.227,60	100,00%
Fernando de la Mora	Central	2.077,47	2.077,47	100,00%
Guarambaré	Central	2.917,91	2.453,79	84,09%
Itá Central	Central	18.141,05	12.090,17	66,65%
Itaugua	Central	10.654,21	9.909,37	93,01%
J. Augusto Saldivar	Central	3.789,54	3.789,54	100,00%
Lambaré	Central	2.391,42	2.391,42	100,00%
Limpio	Central	9.056,95	7.116,38	78,57%
Luque	Central	15.284,29	10.917,36	71,43%
Mariano	Central	3.729,08	3.729,08	100,00%
Ñemby	Central	2.524,66	2.524,66	100,00%
Paraguarí	Paraguarí	46.205,48	3.372,30	7,30%
Pirayú	Paraguarí	17.408,67	6.700,33	38,49%
San Antonio	Central	1.927,18	1.927,18	100,00%
San Lorenzo	Central	5.668,04	5.668,04	100,00%
Villa Elisa	Central	1.779,35	1.779,35	100,00%
Villeta	Central	84.199,69	301,17	0,36%
Yaguarón	Paraguarí	23.109,31	10.926,28	47,28%
Ypacarai	Central	9.754,18	3.053,02	31,30%
Ypané	Central	4.786,33	2.849,60	59,54%
Total		293.445,77	117.613,05	40,08%

Cuadro 1: Acuífero Patiño – Municipios y áreas

Se debe resaltar el impacto provocado por la dinámica económica que, de manera desordenada, impulsa la ocupación del Área Metropolitana de Asunción, intensificando la degradación del agua superficial en los arroyos, y el riesgo potencial y efectivo de contaminación del Acuífero Patiño. Es notoria la descarga de efluentes industriales, de aguas negras domésticas y de desechos sólidos en general, descargados sin control en los cuerpos del agua superficial. Además, las prácticas y operaciones, sin ningún control o monitoreo, de estaciones de servicio, talleres y fábricas, aumenta el riesgo al Acuífero por los posibles derrames y disposición en el suelo y en los cauces de arroyos de desechos resultantes de sus actividades.

El Área Metropolitana de Asunción es la zona de mayor importancia socio-económica del Paraguay porque en la misma se desarrolla la mayor actividad social, económica y política de la República, donde, a pesar del clima con abundante lluvia, corre el riesgo de sufrir una severa escasez de agua para el consumo humano – en el corto y mediano plazo – necesaria para satisfacer las demandas de agua de una población de casi 2.000.000 habitantes y con permanente migración de personas del interior hacia la capital política del país. Los esfuerzos permanentes por aumentar el aprovechamiento de los recursos de agua disponibles han resultado en la presencia de alrededor de 1.500 pozos tubulares profundos para decenas de sistemas de abastecimientos públicos, industrias de consumo intensivo de agua, viviendas y pequeñas áreas de riegos alimentados por algunos embalses de aguas superficiales.

Con respecto a los pozos, se puede observar que el uso de las aguas subterráneas ha ganado mucha importancia durante los últimos 20 a 25 años, debido a los programas de exploración de las aguas subterráneas y a la promoción simultánea de pozos perforados, a cuya consecuencia se bombean actualmente cantidades considerables de agua para distintos usos. Sin embargo, no hay registros ni controles o coordinación en relación a la explotación de las aguas subterráneas, además faltan previsiones tendientes a protegerlas contra la polución y para controlar impactos ambientales relacionados con la explotación de estos recursos. Dada la importancia y la intensidad de la explotación de las aguas subterráneas, tales deficiencias acarrearán inseguridad y constituyen riesgos significativos para el desarrollo óptimo y sostenible de la región.

La identificación de los principales usuarios del Acuífero con sus respectivos consumos además de sus proyecciones en el horizonte de proyecto es fundamental para la elaboración del Plan de Gestión del Acuífero Patiño, con el énfasis en el uso sostenible y protección del Agua Potable a ser utilizado como instrumento del planeamiento.

2. Los Usuarios en el Acuífero

El suministro de agua potable para la población del área es el objetivo prioritario del Acuífero Patiño, caracterizándose como su principal usuario.

Hasta el año 2000, el sector de agua potable carecía de una regulación específica y presentaba una estructura centralizada en los organismos del Gobierno, principalmente en el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, sin que existiera un organismo rector que planificara su desarrollo. Con la promulgación de la “Ley General del Marco Regulatorio y Tarifario del Servicio Público de Provisión de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”¹, tal situación cambió. Esta Ley reorganizó el sector

¹ Ley 1.614/2000.

y creó el Ente Regulador de los Servicios Sanitarios (ERSSAN) tornando posible en Paraguay la separación de las funciones normativas y fiscalizadoras de aquellas productivas.

Las principales competencias del ERSSAN son: a) regular y supervisar las condiciones de prestación de los servicios sanitarios; b) reglamentar el régimen tarifario que establece la Ley 1614; c) proteger los intereses de la comunidad y los usuarios; y d) controlar y verificar la aplicación de las disposiciones normativas.

Además, la Ley atribuyó genéricamente al Poder Ejecutivo la titularidad de las políticas sectoriales, el cual, eventualmente, podría delegarla a los Gobiernos Municipales o Departamentales. Las principales atribuciones del titular son: a) determinar las políticas y planes sectoriales; b) proveer los servicios por sí o por medio de permisionarios o concesionarios; c) establecer las condiciones de los permisos o concesiones y, celebrar, prorrogar y extinguir dichos actos; d) establecer los valores tarifarios del servicio; y e) aplicar a los prestadores las sanciones establecidas en los documentos de concesión o de permiso.

El Decreto 18.880/2002, que reglamenta la Ley 1.614/2000, estableció que el Poder Ejecutivo, en el ejercicio de su titularidad, será asistido por el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). Así, el MOPC es el responsable de proponer y diseñar las políticas sectoriales, incluyendo las de financiamiento con destino al desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario.

Hasta el año 2000 el SENASA (organismo técnico dependiente del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social) era el encargado de elaborar las normas técnicas, sin embargo, el ERSSAN asumió esta atribución a partir de la reforma implementada en dicho año. Sin embargo, la Secretaría del Ambiente (SEAM) creada el año 2000 en el contexto del Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM), tiene injerencia en el sector a través de las normas relacionadas con los niveles y estándares ambientales y, adicionalmente, fiscaliza la gestión y cumplimiento de los planes, programas y proyectos con impacto medioambiental.

Las modalidades de prestación de servicios de agua potable están definidas según zonas de servicio. En los centros urbanos la prestación de servicios está a cargo de la empresa pública ESSAP S.A., mientras que en las zonas periurbanas predomina la prestación por medio del sector privado, los “aguateros”, que son pequeñas empresas que ofrecen servicios de agua potable a través de cañería (operando sus propios pozos) y, finalmente, las Juntas de Saneamiento (JS) que operan en las áreas rurales.

Cabe señalar que la provisión del servicio por parte del sector privado está regulada por permisos de 10 años en sistemas con menos de 2.000 conexiones y por concesiones de hasta 30 años en los sistemas que superan este número.

En resumen, en el área del Acuífero Patiño como en Paraguay proveen el servicio de agua potable los siguientes prestadores:

- Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay S.A. (ESSAP SA).
- Juntas y Comisiones de Saneamiento.
- Aguaterías Privadas.
- Otros (municipalidades, comunidades de vecinos, y otros)

ESSAP S.A. resultó de la transformación de la Corporación de Obras Sanitarias (CORPOSANA), la cual en virtud de la Ley 1.615/2000 fue declarada empresa pública en proceso de intervención y transformación, con vistas a la posterior concesión de sus servicios al sector privado.

De acuerdo a la Ley de creación de CORPOSANA, ésta tenía la responsabilidad de prestar el servicio de agua potable y alcantarillado en las poblaciones urbanas de más de 4.000 habitantes, y posteriormente con la Ley 1614/2000, en las poblaciones de más de 2.000 conexiones.

El SENASA promueve la creación de Juntas de Saneamiento (JS) que operan y administran los servicios de agua y saneamiento bajo su dirección y control para poblaciones con menos de 2000 conexiones. Las Juntas son entidades que se rigen por el derecho privado, cuyos miembros son elegidos por la propia comunidad. Cada JS se organiza en torno a una comisión directiva cuyos miembros son elegidos en asamblea de vecinos, a excepción de uno que es designado directamente por la municipalidad.

SENASA, ejecuta las obras y las Juntas se responsabilizan por la administración, operación, mantenimiento y ampliación de los sistemas. Una vez construido el sistema de abastecimiento de agua potable la J. S. se hace cargo de la operación del sistema y cobra a los usuarios las tarifas correspondientes, incluso para pagar al SENASA una proporción del costo de construcción del sistema. En la mayoría de los casos el SENASA continúa prestándoles asistencia técnica durante la fase de explotación.

Las aguaterías privadas surgieron en el primer quinquenio de los años 80 por la falta de cobertura de CORPOSANA (actual ESSAP) y del SENASA en determinadas áreas. Los aguateros son empresarios privados, con personería jurídica propia, organizados como empresas unipersonales o sociedades, que prestan exclusivamente servicios de agua potable mediante la explotación de pozos subterráneos. Están agremiados a la Cámara Paraguaya del Agua (CAPA).

Sin embargo, en el área del Gran Asunción se verifica una superposición de redes de distintos prestadores privados que compiten en las zonas periféricas de sus respectivos sistemas por la captación de clientes, como consecuencia de la falta de planificación integral y de normalización del sector en varias áreas urbanas.

Además de estos usuarios, en el área del Acuífero Patiño hay que señalar la presencia de grandes consumidores de agua industriales que tienen sus propios pozos destacándose las industrias de gaseosas y las cervecerías. Como consumidores también debemos incluir los mataderos y los agricultores.

3. Los Potenciales Contaminantes del Acuífero

El efluente generado por la población que se ubica en el área del Acuífero Patiño es uno de los mayores responsables de poner en riesgo el Acuífero Patiño con vistas a su utilización como manantial de agua potable.

En lo que se refiere al saneamiento en localidades rurales, actualmente existen Juntas de Saneamiento de mayor tamaño que ya planifican la prestación del servicio de alcantarillado.

Respecto a soluciones individuales de saneamiento, el SENASA y las JS desarrollan programas de educación para los usuarios sobre el uso y conservación de los servicios de saneamiento y la preservación del medioambiente. No hay todavía una cultura de preservación de la calidad del agua del acuífero, indicando una falta de armonización entre los valores sociales, ambientales, políticos y económicos, que hicieron que el agua haya sido considerada “desde siempre” con un bien inagotable, simplemente a disposición de quien lo necesite.

Además de los efluentes domésticos, también se caracteriza como una importante fuente de polución los efluentes industriales, en especial los de mataderos, industrias químicas, siderúrgicas, entre otras.

Merecen destaque igualmente los vertederos de basura, que pueden poner en riesgo la calidad del agua del acuífero.

La caracterización del balance hídrico y las potenciales fuentes de contaminación y la configuración de un escenario futuro de estos aspectos deben alimentar la elaboración de simulaciones que irán justificar las medidas correctivas y mitigadoras del Plan de Gestión.

Así, a partir de datos de la situación actual es posible elaborar proyecciones de los más importantes parámetros relacionados con la cantidad y calidad del agua del acuífero.

4. Situación Actual y Proyecciones

Los cuadros siguientes resumen los principales elementos que fueron utilizados para elaborar las proyecciones de las necesidades del agua del Acuífero Patiño, caracterizando la situación actual y la evolución de los mismos.

4.1 Población y Viviendas

Fueron utilizados los datos censales disponibilizados por DGEEC para determinar los parámetros que permitieron proyectar la evolución poblacional en el área del Acuífero Patiño. Las proyecciones tienen como objetivo tener una estimación de la evolución futura de la población y de las viviendas para posibilitar estimar la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de la población ubicada en el área del acuífero, no teniendo una precisión demográfica más elaborada.

Los parámetros que se utilizaron fueron: tasas de crecimiento, porcentajes de participación de los Departamentos en el total de Paraguay, tasas de urbanización y personas por vivienda.

A partir de la evolución de las tasas de crecimiento de Paraguay se proyectó la evolución de esas tasas en el período de proyecto y la evolución poblacional, presentada en el cuadro

PARAGUAY

AÑO	POBLACION (hab.)			TASA DE CRECIMIENTO (%)		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
1962	1.819.103	651.869	1.167.234			
1967	2.088.529	767.107	1.321.422	2,63%	3,07%	2,37%
1972	2.357.955	882.345	1.475.610	2,63%	3,07%	2,37%
1977	2.693.893	1.088.845	1.605.048	2,54%	3,91%	1,63%
1982	3.029.830	1.295.345	1.734.485	2,54%	3,91%	1,63%
1987	3.591.209	1.692.517	1.898.693	3,20%	4,90%	1,75%
1992	4.152.588	2.089.688	2.062.900	3,20%	4,90%	1,75%
1997	4.657.893	2.509.063	2.148.831	2,20%	3,43%	0,80%
2002	5.163.198	2.928.437	2.234.761	2,20%	3,43%	0,80%
2005	5.503.436	3.221.415	2.282.020	2,15%	3,23%	0,70%
2010	6.115.058	3.757.901	2.357.156	2,13%	3,13%	0,65%
2015	6.784.678	4.355.954	2.428.725	2,10%	3,00%	0,60%
2020	7.527.625	5.027.645	2.499.980	2,10%	2,91%	0,58%
2025	8.347.838	5.777.070	2.570.767	2,09%	2,82%	0,56%
2030	9.252.888	6.610.642	2.642.245	2,08%	2,73%	0,55%
2035	10.251.039	7.535.328	2.715.711	2,07%	2,65%	0,55%

Cuadro 2: Población del Paraguay - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035

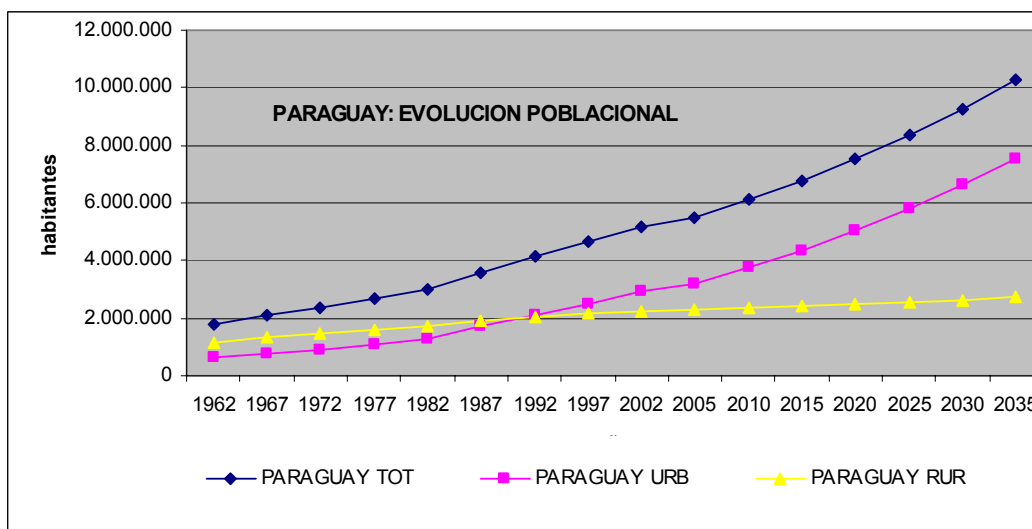


Grafico 1: Paraguay – Evolución Poblacional

Con la evolución poblacional de Paraguay se elaboran las proyecciones para Asunción y los Departamentos Central y Paraguari, utilizándose las tasas de crecimiento y la participación de ellos en el total de Paraguay, los cuales son presentados en los cuadros y gráficos siguientes.

ASUNCION

AÑO	POBLACION (hab.)		TASA DE CRECIMIENTO (%)			PARTICIPACION (%)	
	TOTAL	URBANA	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA
1962	288.882	288.882				15,88%	44,32%
1967	338.920	338.920	3,02%	3,02%	0,00%		
1972	388.958	388.958	3,02%	3,02%	0,00%	16,50%	44,08%
1977	421.920	421.920	1,58%	1,58%	0,00%		
1982	454.881	454.881	1,58%	1,58%	0,00%	15,01%	35,12%
1987	477.910	477.910	0,97%	0,97%	0,00%		
1992	500.938	500.938	0,97%	0,97%	0,00%	12,06%	23,97%
1997	506.525	506.525	0,22%	0,22%	0,00%		
2002	512.112	512.112	0,22%	0,22%	0,00%	9,92%	17,49%
2005	527.630	527.630	1,00%	1,00%	0,00%	9,59%	16,38%
2010	554.544	554.544	1,00%	1,00%	0,00%	9,07%	14,76%
2015	582.831	582.831	1,00%	0,50%	0,00%	8,59%	13,38%
2020	612.561	612.561	1,00%	0,50%	0,00%	8,14%	12,18%
2025	643.808	643.808	1,00%	0,50%	0,00%	7,71%	11,14%
2030	676.649	676.649	1,00%	0,50%	0,00%	7,31%	10,24%
2035	711.165	711.165	1,00%	0,50%	0,00%	6,94%	9,44%

Cuadro 3: Población de Asunción - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035

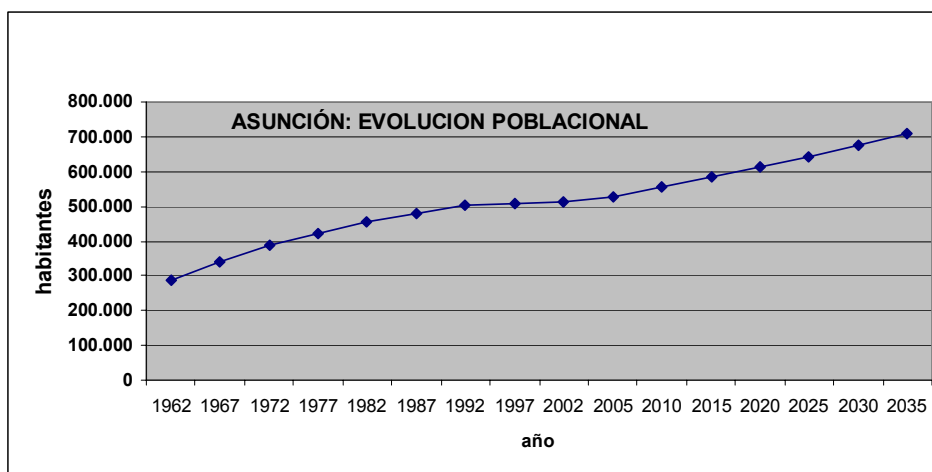


Grafico 2: Asunción – Evolución Poblacional

CENTRAL

AÑO	POBLACION (hab.)			TASA DE CRECIMIENTO (%)			PARTICIPACION (%)		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
1962	229.073	75.674	153.399				12,6%	11,6%	13,1%
1967	269.732	106.249	163.483						
1972	310.390	136.824	173.566	3,1%	6,1%	1,2%	13,2%	15,5%	11,8%
1977	403.889	217.432	186.457						
1982	497.388	298.040	199.348	4,8%	8,1%	1,4%	16,4%	23,0%	11,5%
1987	682.122	494.031	188.092						
1992	866.856	690.021	176.835	5,7%	8,8%	-1,2%	20,9%	33,0%	8,6%
1997	1.114.875	933.880	180.995						
2002	1.362.893	1.177.738	185.155	4,6%	5,5%	0,5%	26,4%	40,2%	8,3%
2005	1.533.069	1.345.684	187.386	4,0%	4,5%	0,4%	27,9%	41,8%	8,2%
2010	1.820.805	1.629.642	191.164	3,5%	3,9%	0,4%	29,8%	43,4%	8,1%
2015	2.121.079	1.926.061	195.018	3,1%	3,4%	0,4%	31,3%	44,2%	8,0%
2020	2.435.132	2.236.182	198.949	2,8%	3,0%	0,4%	32,3%	44,5%	8,0%
2025	2.768.594	2.565.634	202.960	2,6%	2,8%	0,4%	33,2%	44,4%	7,9%
2030	3.132.410	2.925.358	207.052	2,5%	2,7%	0,4%	33,9%	44,3%	7,8%
2035	3.544.034	3.332.808	211.226	2,5%	2,6%	0,4%	34,6%	44,2%	7,8%

Cuadro 4: Población del Departamento Central - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035

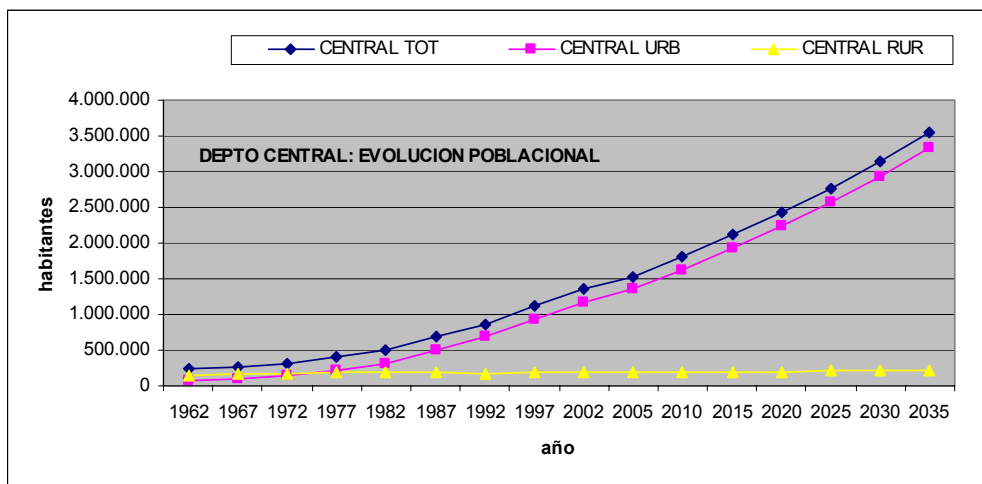


Grafico 3: Departamento Central – Evolución Poblacional

PARAGUARI

AÑO	POBLACION (hab.)			TASA DE CRECIMIENTO (%)			PARTICIPACION (%)		
	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL
1962	203.012	35.187	167.825				11,2%	5,4%	14,4%
	207.495	33.843	173.652						
1972	211.977	32.498	179.479	0,4%	-0,8%	0,7%	9,0%	3,7%	12,2%
	208.188	36.889	171.300						
1982	204.399	41.279	163.120	-0,4%	2,4%	-1,0%	6,7%	3,2%	9,4%
	206.463	42.867	163.597						
1992	208.527	44.454	164.073	0,2%	0,7%	0,1%	5,0%	2,1%	8,0%
	215.230	47.802	167.428						
2002	221.932	51.150	170.782	0,6%	1,4%	0,4%	4,3%	1,7%	7,6%
2005	228.657	55.817	172.840	1,0%	3,0%	0,4%	4,2%	1,7%	7,6%
2010	240.321	63.996	176.324	1,0%	2,8%	0,4%	3,9%	1,7%	7,5%
2015	252.579	72.700	179.879	1,0%	2,6%	0,4%	3,7%	1,7%	7,4%
2020	265.463	81.958	183.505	1,0%	2,4%	0,4%	3,5%	1,6%	7,3%
2025	279.005	91.800	187.205	1,0%	2,3%	0,4%	3,3%	1,6%	7,3%
2030	293.237	102.258	190.979	1,0%	2,2%	0,4%	3,2%	1,5%	7,2%
2035	308.195	113.365	194.829	1,0%	2,1%	0,4%	3,0%	1,5%	7,2%

Cuadro 5: Población del Departamento Paraguari - Evolución de 1962 hasta 2002 y Proyección hasta 2035

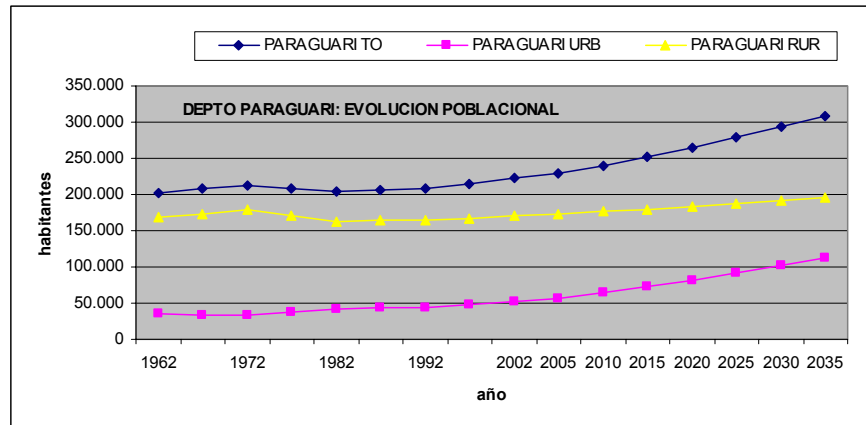


Grafico 4: Departamento Paraguari – Evolución Poblacional

Para proyectar la evolución de la población en los municipios que se ubican en el área del Acuífero se utilizaron los índices de participación de los mismos en sus respectivos departamentos, mientras que con las tasas de urbanización se proyectó la población urbana y rural. Los resultados de las proyecciones se presentan en los cuadros siguientes. Esos valores corresponden a la población total del municipio, que después se utilizó para estimar la población que se ubica en el área o que utiliza agua del acuífero.

Para cada municipio se estimaron los porcentuales de población urbana y rural dependientes del agua del Acuífero Patiño, que se utilizó para llegar a los valores de población dependiente del Acuífero en cada municipio.

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Censo 1962			Censo 1972			Censo 1982			Censo 1992			Censo 2002		
	total	población urbana	rural	total	población urbana	rural	total	población urbana	rural	total	población urbana	rural	total	población urbana	rural
Paraguay	1.819.103	851.889	1.167.234	2.367.955	882.345	1.475.610	3.029.830	1.295.345	1.734.485	4.152.588	2.089.868	2.062.900	5.163.198	2.928.437	2.234.761
Asunción Central	288.882	288.882	0	388.958	388.958	0	454.881	454.881	0	500.938	500.938	0	512.112	512.112	0
	229.073	75.674	153.399	310.390	136.824	173.566	497.388	298.040	199.348	866.866	690.021	176.835	1.362.893	1.177.738	185.155
	10.287	3.699	6.588	11.202	3.916	7.286	14.568	5.177	9.381	24.777	6.374	18.403	44.566	10.009	34.557
	20.892	2.062	18.830	26.417	2.811	23.606	44.629	4.456	40.173	83.773	83.773	0	154.274	154.274	0
	14.519	10.194	4.325	36.892	36.892	0	66.597	66.597	0	95.072	95.072	0	113.560	113.560	0
	6.490	3.467	3.023	6.809	3.696	3.113	8.648	4.499	4.149	12.298	6.995	5.303	16.657	8.846	7.841
	23.863	6.265	17.598	25.201	7.069	18.132	28.419	9.311	19.108	36.886	14.259	22.627	50.391	17.469	32.922
	17.645	3.064	14.581	20.209	3.762	16.447	25.959	5.382	20.577	37.664	13.910	23.754	60.601	45.577	15.024
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.132	2.013	19.119	37.374	3.977	33.397
	20.778	8.300	12.478	31.732	31.732	0	67.168	67.168	0	99.572	99.572	0	119.795	119.795	0
	10.126	1.438	8.688	12.767	2.232	10.535	16.036	3.288	12.748	36.297	26.177	9.120	73.158	73.158	0
	30.834	11.008	19.826	40.677	13.945	26.732	64.288	25.896	38.392	116.600	84.877	31.723	185.127	170.986	14.141
	5.686	796	4.890	7.388	1.486	5.902	14.636	2.681	11.955	39.289	39.289	0	65.229	65.229	0
	5.984	796	5.188	6.899	861	6.038	11.994	2.566	9.438	38.516	26.999	11.517	71.909	71.909	0
	5.965	4.247	1.718	7.321	4.891	2.430	8.293	5.320	2.973	14.919	7.371	7.548	37.795	37.795	0
	18.573	8.593	9.980	36.811	11.621	25.190	74.552	74.552	0	133.395	133.395	0	204.356	204.356	0
	3.214	526	2.688	4.774	609	4.165	12.038	6.784	5.254	29.796	29.796	0	53.166	53.166	0
	12.795	3.020	9.775	13.474	3.164	10.310	15.107	5.250	9.857	16.908	7.439	9.469	22.429	10.106	12.323
	10.102	5.281	4.821	10.493	5.211	5.282	12.057	5.719	6.338	14.495	7.160	7.335	18.530	9.073	9.457
	5.389	1.469	3.920	5.472	1.488	3.984	6.392	2.229	4.163	9.341	3.901	5.440	25.421	5.972	19.449
Paraguari	203.012	35.187	167.825	211.977	32.498	179.479	204.399	41.279	163.120	208.527	44.454	164.073	221.932	51.150	170.782
	13.028	4.880	8.148	13.724	4.990	8.734	13.644	6.592	7.052	19.278	7.269	12.009	22.154	8.307	13.847
	10.871	2.753	8.118	10.934	2.698	8.236	11.905	3.308	8.597	12.816	3.132	9.684	15.003	3.856	11.147
	17.094	2.763	14.331	19.312	3.386	15.926	21.301	4.476	16.825	21.815	5.325	16.490	25.984	6.788	19.196
Acuífero Patiño	553.017	373.503	179.514	737.466	536.418	202.048	993.102	766.122	226.980	1.414.577	1.205.036	209.541	1.929.621	1.706.320	223.301

Cuadro 6: Datos Censales de Población en el Área del Acuífero

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	CENSO					ADOPTADO						
		1962	1972	1982	1992	2002	2.005	2.010	2.015	2.020	2.025	2.030	2.035
Central	Aregua	36,0%	35,0%	35,6%	25,7%	22,5%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%
	Capiatá	9,9%	10,6%	10,0%	100,0%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Fernando de la Mora	70,2%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Guarambaré	53,4%	54,3%	52,0%	56,9%	53,0%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%	52,00%
	Itá Central	26,3%	28,1%	32,8%	38,7%	34,7%	34,00%	34,00%	34,00%	34,00%	34,00%	34,00%	34,00%
	Itaugua	17,4%	18,6%	20,7%	36,9%	75,2%	80,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	J. Augusto Saldívar				9,5%	10,6%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%
	Lambaré	39,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Limpio	14,2%	17,5%	20,5%	74,2%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Luque	35,7%	34,3%	40,3%	72,8%	92,4%	94,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Mariano	14,0%	20,1%	18,3%	100,0%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Nemby	13,3%	12,5%	21,3%	70,1%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	San Antonio	71,2%	66,8%	64,2%	49,4%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	San Lorenzo	46,3%	31,6%	100,0%	100,0%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Villa Elisa	16,4%	12,8%	56,4%	100,0%	100,0%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Villeta Central	23,6%	23,5%	34,8%	44,0%	45,1%	46,00%	46,00%	46,00%	46,00%	46,00%	46,00%	46,00%
	Ypacarai	52,3%	49,7%	47,4%	49,4%	49,0%	49,00%	49,00%	49,00%	49,00%	49,00%	49,00%	49,00%
Ypané	27,3%	27,2%	34,9%	41,8%	23,5%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	
Paraguari	Paraguari	16,2%	17,5%	21,0%	24,4%	26,1%	28,00%	28,00%	28,00%	28,00%	28,00%	28,00%	28,00%
	Pirayú	37,5%	36,4%	48,3%	37,7%	37,5%	38,00%	38,00%	38,00%	38,00%	38,00%	38,00%	38,00%
	Yaguarón	25,3%	24,7%	27,8%	24,4%	25,7%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%

Cuadro 8: Tasas de Urbanización de los municipios

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay	Asunción Central	5.163.198	5.503.436	6.115.058	6.784.678	7.527.625	8.347.838	9.252.888	10.251.039
		512.112	527.630	554.544	582.831	612.561	643.808	676.649	711.165
		1.362.893	1.533.069	1.820.805	2.121.079	2.435.132	2.768.594	3.132.410	3.544.034
		44.566	50.591	60.087	69.996	80.359	91.364	103.370	116.953
		154.274	176.303	209.393	243.924	280.040	318.388	360.227	407.564
		113.560	122.646	145.664	169.686	194.811	221.487	250.593	283.523
		16.687	18.397	21.850	25.453	29.222	33.223	37.589	42.528
		50.391	53.657	63.728	74.238	85.230	96.901	109.634	124.041
		60.601	67.455	80.115	93.327	107.146	121.818	137.826	155.937
		37.374	42.926	50.983	59.390	68.184	77.521	87.707	99.233
		119.795	128.778	152.948	178.171	204.551	232.582	263.122	297.699
		73.158	85.852	101.965	118.780	136.367	155.041	175.415	198.466
		185.127	208.497	247.630	288.467	331.178	376.529	426.008	481.989
		65.229	73.587	87.399	101.812	116.886	132.892	150.356	170.114
		71.909	84.319	100.144	116.659	133.932	152.273	172.283	194.922
		37.795	45.992	54.624	63.632	73.054	83.058	93.972	106.321
204.356	229.960	273.121	318.162	365.270	415.289	469.861	531.605		
53.166	61.323	72.832	84.843	97.405	110.744	125.296	141.761		
22.429	24.529	29.133	33.937	38.962	44.297	50.119	56.705		
18.530	21.463	25.491	29.695	34.092	38.760	43.854	49.616		
25.421	30.661	36.416	42.422	48.703	55.372	62.648	70.881		
221.932	228.657	240.321	252.579	265.463	279.005	293.237	308.195		
Paraguari	Paraguari	22.154	23.323	24.513	25.763	27.077	28.458	29.910	31.436
	Pirayú	15.003	16.006	16.822	17.681	18.582	19.530	20.527	21.574
	Yaguaron	25.984	27.210	28.598	30.057	31.590	33.202	34.895	36.675
Acuífero Patiño		1.880.487	2.067.435	2.377.183	2.699.344	3.036.447	3.394.031	3.782.780	4.219.694

Cuadro 9: Área del Acuífero Patiño – Proyección de la Población Total

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2.002	2.005	2.010	2.015	2.020	2.025	2.030	2.035
Paraguay		2.928.437	3.221.415	3.757.901	4.355.954	5.027.645	5.777.070	6.610.642	7.535.328
Asunción Central	Asunción	512.112	527.630	554.544	582.831	612.561	643.808	676.649	711.165
	Aregua	1.177.738	1.345.684	1.629.642	1.926.061	2.236.182	2.565.634	2.925.358	3.332.808
	Capiatá	10.009	10.624	12.618	14.699	16.875	19.186	21.708	24.560
	Fernando de la Mora	154.274	176.303	209.393	243.924	280.040	318.388	360.227	407.564
	Guarambaré	113.560	122.646	145.664	169.686	194.811	221.487	250.593	283.523
	Itá Central	8.846	9.566	11.362	13.236	15.195	17.276	19.546	22.115
	Itaugua	17.469	18.244	21.668	25.241	28.978	32.946	37.276	42.174
	J. Augusto Saldívar	45.577	53.964	80.115	93.327	107.146	121.818	137.826	155.937
	Lambaré	3.977	4.722	5.608	6.533	7.500	8.527	9.648	10.916
	Limpio	119.795	128.778	152.948	178.171	204.551	232.562	263.122	297.699
	Luque	73.158	85.852	101.965	118.780	136.367	155.041	175.415	198.466
	Mariano	170.986	195.988	247.630	288.467	331.178	376.529	426.008	481.989
	Nemby	65.229	73.587	87.399	101.812	116.886	132.892	150.356	170.114
	San Antonio	71.909	84.319	100.144	116.659	133.932	152.273	172.283	194.922
	San Lorenzo	37.795	45.992	54.624	63.632	73.054	83.058	93.972	106.321
	Villa Elisa	204.356	229.960	273.121	318.162	365.270	415.289	469.861	531.605
	Villeta Central	53.166	61.323	72.832	84.843	97.405	110.744	125.296	141.761
	Ypacarai	10.106	11.283	13.401	15.611	17.923	20.377	23.055	26.084
	Ypané	9.073	10.517	12.491	14.551	16.705	18.993	21.488	24.312
Paraguari		5.972	7.665	9.104	10.605	12.176	13.843	15.662	17.720
	Paraguari	51.150	55.817	63.996	72.700	81.958	91.800	102.258	113.365
	Pirayú	8.307	8.863	9.315	9.790	10.289	10.814	11.366	11.946
	Yaguarón	3.856	4.322	4.542	4.774	5.017	5.273	5.542	5.825
		6.788	7.619	8.007	8.416	8.845	9.296	9.771	10.269
Acuífero Patiño		1.696.214	1.868.482	2.175.094	2.468.140	2.774.783	3.100.045	3.453.615	3.850.902

Cuadro 10: Área del Acuífero Patiño – Proyección de la Población Urbana

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay		2.234.761	2.282.020	2.357.156	2.428.725	2.499.980	2.570.767	2.642.245	2.715.711
Asunción	Asunción	0	0	0	0	0	0	0	0
Central	Aregua	185.155	187.386	191.164	195.018	198.949	202.960	207.052	211.226
	Capiatá	34.557	39.967	47.468	55.297	63.484	72.177	81.662	92.393
	Fernando de la Mora	0	0	0	0	0	0	0	0
	Guarambaré	7.841	8.830	10.488	12.217	14.026	15.947	18.043	20.414
	Itá Central	32.922	35.414	42.061	48.997	56.252	63.955	72.359	81.867
	Itaugua	15.024	13.491	0	0	0	0	0	0
	J. Augusto Saldívar	33.397	38.204	45.374	52.857	60.683	68.993	78.060	88.317
	Lambaré	0	0	0	0	0	0	0	0
	Limpio	0	0	0	0	0	0	0	0
	Luque	14.141	12.510	0	0	0	0	0	0
	Mariano	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nemby	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Antonio	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Lorenzo	0	0	0	0	0	0	0	0
	Villa Elisa	0	0	0	0	0	0	0	0
	Villeta Central	12.323	13.246	15.732	18.326	21.040	23.921	27.064	30.620
	Ypacarai	9.457	10.946	13.001	15.145	17.387	19.768	22.365	25.304
	Ypané	19.449	22.996	27.312	31.816	36.527	41.529	46.986	53.161
Paraguari		170.782	172.840	176.324	179.879	183.505	187.205	190.979	194.829
	Paraguari	13.847	14.460	15.198	15.973	16.788	17.644	18.544	19.490
	Pirayú	11.147	11.684	12.280	12.907	13.565	14.257	14.984	15.749
	Yaguarón	19.196	19.591	20.591	21.641	22.745	23.905	25.125	26.406
Acuífero Patiño		184.273	198.953	202.090	231.204	261.664	293.985	329.165	368.792

Cuadro 11: Área del Acuífero Patiño – Proyección de la Población Rural

		Porcentaje de Población Dependiente	
Departamento	Municipalidades	urbana	rural
Paraguay			
Asunción	Asunción	100,00%	0,00%
Central			
	Aregua	100,00%	90,00%
	Capiatá	100,00%	0,00%
	Fernando de la Mora	100,00%	0,00%
	Guarambaré	100,00%	90,00%
	Itá Central	100,00%	90,00%
	Itaugua	100,00%	100,00%
	J. Augusto Saldívar	100,00%	100,00%
	Lambaré	100,00%	0,00%
	Limpio	100,00%	0,00%
	Luque	100,00%	90,00%
	Mariano	100,00%	0,00%
	Ñemby	100,00%	0,00%
	San Antonio	100,00%	0,00%
	San Lorenzo	100,00%	0,00%
	Villa Elisa	100,00%	0,00%
	Villeta Central	0,00%	0,00%
	Ypacarai	100,00%	50,00%
	Ypané	100,00%	85,00%
Paraguari			
	Paraguari	100,00%	50,00%
	Pirayú	100,00%	80,00%
	Yaguarón	100,00%	95,00%

Cuadro 12: Área del Acuífero Patiño – Porcentaje de Población Dependiente del Acuífero

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay		1.880.487	2.067.435	2.377.183	2.699.344	3.036.447	3.394.031	3.782.780	4.219.694
Asunción	Asunción	512.112	527.630	554.544	582.831	612.561	643.808	676.649	711.165
Central		1.315.347	1.483.813	1.763.791	2.054.662	2.358.880	2.681.901	3.034.325	3.433.060
	Aregua	41.110	46.595	55.340	64.466	74.011	84.146	95.203	107.714
	Capiatá	154.274	176.303	209.393	243.924	280.040	318.388	360.227	407.564
	Fernando de la Mora	113.560	122.646	145.664	169.686	194.811	221.487	250.593	283.523
	Guarambaré	15.903	17.514	20.801	24.231	27.819	31.628	35.785	40.487
	Itá Central	47.099	50.116	59.522	69.338	79.604	90.505	102.398	115.854
	Itaugua	60.601	67.455	80.115	93.327	107.146	121.818	137.826	155.937
	J. Augusto Saldivar	37.374	42.926	50.983	59.390	68.184	77.521	87.707	99.233
	Lambaré	119.795	128.778	152.948	178.171	204.551	232.562	263.122	297.699
	Limpio	73.158	85.852	101.965	118.780	136.367	155.041	175.415	198.466
	Luque	183.713	207.246	247.630	288.467	331.178	376.529	426.008	481.989
	Mariano	65.229	73.587	87.399	101.812	116.886	132.892	150.356	170.114
	Ñemby	71.909	84.319	100.144	116.659	133.932	152.273	172.283	194.922
	San Antonio	37.795	45.992	54.624	63.632	73.054	83.058	93.972	106.321
	San Lorenzo	204.356	229.960	273.121	318.162	365.270	415.289	469.861	531.605
	Villa Elisa	53.166	61.323	72.832	84.843	97.405	110.744	125.296	141.761
	Villeta Central	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ypacarai	13.802	15.990	18.991	22.123	25.398	28.876	32.671	36.964
	Ypané	22.504	27.212	32.319	37.649	43.224	49.143	55.600	62.907
Paraguari		53.028	55.993	58.849	61.851	65.006	68.322	71.807	75.470
	Paraguari	15.231	16.093	16.914	17.777	18.683	19.636	20.638	21.691
	Pirayú	12.774	13.669	14.366	15.099	15.869	16.679	17.530	18.424
	Yaguarón	25.024	26.231	27.569	28.975	30.453	32.006	33.639	35.355
Acuífero Patiño		1.880.487	2.067.435	2.377.183	2.699.344	3.036.447	3.394.031	3.782.780	4.219.694

Cuadro 13: Acuífero Patiño – Población Total Dependiente del Acuífero

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2.002	2.005	2.010	2.015	2.020	2.025	2.030	2.035
Paraguay		1.696.214	1.868.482	2.175.094	2.468.140	2.774.783	3.100.045	3.453.615	3.850.902
Asunción	Asunción	512.112	527.630	554.544	582.831	612.561	643.808	676.649	711.165
Central		1.165.151	1.320.049	1.598.685	1.862.329	2.138.070	2.430.853	2.750.287	3.111.697
	Aregua	10.009	10.624	12.618	14.699	16.875	19.186	21.708	24.560
	Capiatá	154.274	176.303	209.393	243.924	280.040	318.388	360.227	407.564
	Fernando de la Mora	113.560	122.646	145.664	169.686	194.811	221.487	250.593	283.523
	Guarambaré	8.846	9.566	11.362	13.236	15.195	17.276	19.546	22.115
	Itá Central	17.469	18.244	21.668	25.241	28.978	32.946	37.276	42.174
	Itaugua	45.577	53.964	80.115	93.327	107.146	121.818	137.826	155.937
	J. Augusto Saldivar	3.977	4.722	5.608	6.533	7.500	8.527	9.648	10.916
	Lambaré	119.795	128.778	152.948	178.171	204.551	232.562	263.122	297.699
	Limpio	73.158	85.852	101.965	118.780	136.367	155.041	175.415	198.466
	Luque	170.986	195.988	247.630	288.467	331.178	376.529	426.008	481.989
	Mariano	65.229	73.587	87.399	101.812	116.886	132.892	150.356	170.114
	Nemby	71.909	84.319	100.144	116.659	133.932	152.273	172.283	194.922
	San Antonio	37.795	45.992	54.624	63.632	73.054	83.058	93.972	106.321
	San Lorenzo	204.356	229.960	273.121	318.162	365.270	415.289	469.861	531.605
	Villa Elisa	53.166	61.323	72.832	84.843	97.405	110.744	125.296	141.761
	Villeta Central	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ypacarai	9.073	10.517	12.491	14.551	16.705	18.993	21.488	24.312
	Ypané	5.972	7.665	9.104	10.605	12.176	13.843	15.662	17.720
Paraguari		18.951	20.803	21.864	22.980	24.152	25.384	26.679	28.040
	Paraguari	8.307	8.863	9.315	9.790	10.289	10.814	11.366	11.946
	Pirayú	3.856	4.322	4.542	4.774	5.017	5.273	5.542	5.825
	Yaguarón	6.788	7.619	8.007	8.416	8.845	9.296	9.771	10.269
Acuífero Patiño		1.696.214	1.868.482	2.175.094	2.468.140	2.774.783	3.100.045	3.453.615	3.850.902

Cuadro 14: Acuífero Patiño – Población Urbana Dependiente del Acuífero

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay		184.273	198.953	202.090	231.204	261.664	293.985	329.165	368.792
	Asunción	0	0	0	0	0	0	0	0
Central	Aregua	150.196	163.764	165.105	192.333	220.810	251.048	284.038	321.362
	Capiatá	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fernando de la Mora	0	0	0	0	0	0	0	0
	Guarambaré	7.057	7.947	9.439	10.996	12.624	14.352	16.238	18.372
	Itá Central	29.630	31.873	37.855	44.097	50.626	57.559	65.123	73.680
	Itaugua	15.024	13.491	0	0	0	0	0	0
	J. Augusto Saldivar	33.397	38.204	45.374	52.857	60.683	68.993	78.060	88.317
	Lambaré	0	0	0	0	0	0	0	0
	Limpio	0	0	0	0	0	0	0	0
	Luque	12.727	11.259	0	0	0	0	0	0
	Mariano	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nemby	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Antonio	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Lorenzo	0	0	0	0	0	0	0	0
	Villa Elisa	0	0	0	0	0	0	0	0
	Villeta Central	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ypacarai	4.729	5.473	6.500	7.572	8.693	9.884	11.183	12.652
	Ypané	16.532	19.547	23.215	27.044	31.048	35.300	39.938	45.186
	Paraguari		34.077	35.189	36.984	38.871	40.854	42.938	45.128
Paraguari		6.924	7.230	7.599	7.987	8.394	8.822	9.272	9.745
Pirayú		8.918	9.347	9.824	10.325	10.852	11.406	11.988	12.599
Acuífero Patiño	Yaguarón	18.236	18.612	19.561	20.559	21.608	22.710	23.868	25.086
		184.273	198.953	202.090	231.204	261.664	293.985	329.165	368.792

Cuadro 14: Acuífero Patiño – Población Rural Dependiente del Acuífero

Para la proyección del número de viviendas en el área del Acuífero se utilizó la relación personas por vivienda ocurrida en 2002 adoptándola constante en el tiempo.

ACUIFERO PATIÑO		total	urbano	rural
Paraguay		4,700	4,700	4,700
Asunción	Asunción	4,455	4,455	
Central		4,600	4,600	4,600
	Aregua	4,764	4,732	4,774
	Capiatá	4,660	4,660	0,000
	Fernando de la Mora	4,463	4,463	0,000
	Guarambaré	4,894	4,847	4,947
	Itá Central	4,668	4,626	4,690
	Itaugua	4,515	4,456	4,702
	J. Augusto Saldivar	4,781	4,729	4,787
	Lambaré	4,718	4,718	0,000
	Limpio	4,620	4,620	0,000
	Luque	4,736	4,752	4,551
	Mariano	4,662	4,662	0,000
	Ñemby	4,668	4,668	0,000
	San Antonio	4,603	4,603	0,000
	San Lorenzo	4,583	4,583	0,000
	Villa Elisa	4,690	4,690	0,000
	Villeta Central	4,380	4,403	4,361
	Ypacarai	4,509	4,541	4,478
	Ypané	4,619	5,083	4,493
Paraguarí		4,558	4,340	4,628
	Paraguarí	4,558	4,340	4,628
	Pirayú	4,410	4,352	4,430
	Yaguarón	4,715	4,571	4,768

Cuadro 15: Acuífero Patiño – Relación Personas por Vivienda

Con los valores del cuadro anterior fue elaborada la evolución del número de viviendas en el período de proyección, como se muestra a continuación:

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay Asunción Central	Asunción	114.954	118.437	124.479	130.828	137.502	144.516	151.888	159.635
	Aregua	8.630	9.780	11.616	13.531	15.535	17.662	19.983	22.609
	Capiatá	33.105	37.832	44.933	52.343	60.093	68.322	77.300	87.457
	Fernando de la Mora	25.445	27.481	32.639	38.021	43.651	49.628	56.149	63.528
	Guarambaré	3.252	3.580	4.252	4.953	5.687	6.465	7.315	8.276
	Itá Central	10.093	10.739	12.754	14.857	17.057	19.393	21.942	24.825
	Itaugua	13.423	14.979	17.979	20.944	24.045	27.337	30.930	34.994
	J. Augusto Saldívar	7.818	8.980	10.665	12.424	14.263	16.217	18.348	20.759
	Lambaré	25.391	27.295	32.418	37.764	43.355	49.292	55.770	63.098
	Limpio	15.834	18.581	22.069	25.708	29.515	33.556	37.966	42.955
	Luque	38.775	43.714	52.106	60.699	69.687	79.229	89.641	101.420
	Mariano	13.991	15.784	18.746	21.838	25.071	28.504	32.250	36.488
	Nemby	15.404	18.062	21.452	24.990	28.690	32.619	36.906	41.755
	San Antonio	8.211	9.992	11.867	13.824	15.871	18.044	20.416	23.098
San Lorenzo	44.588	50.175	59.592	69.419	79.697	90.611	102.518	115.990	
Villa Elisa	11.336	13.075	15.529	18.090	20.769	23.613	26.716	30.226	
Villeta Central	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ypacarai	3.054	3.538	4.202	4.895	5.620	6.390	7.229	8.179	
Ypané	4.855	5.859	6.959	8.106	9.306	10.581	11.971	13.544	
Paraguari	Paraguari	11.619	12.277	12.904	13.562	14.254	14.981	15.745	16.548
	Pirayú	3.410	3.604	3.788	3.981	4.184	4.398	4.622	4.858
	Pirayú	2.899	3.103	3.261	3.427	3.602	3.786	3.979	4.182
Acuífero Patiño	Yaguaron	5.310	5.570	5.854	6.153	6.467	6.797	7.143	7.508
	Total	409.777	450.160	517.160	586.798	659.667	736.961	820.980	915.386

Cuadro 16: Acuífero Patiño – Proyección de Viviendas Totales (urbanas y rurales) Dependientes del Acuífero

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay Asunción Central	Asunción	370.481	407.751	474.172	537.627	604.029	674.459	751.008	837.000
	Aregua	251.242	284.612	344.751	401.605	461.068	524.206	593.091	671.028
	Capiatá	2.115	2.245	2.666	3.106	3.566	4.054	4.587	5.190
	Fernando de la Mora	33.105	37.832	44.933	52.343	60.093	68.322	77.300	87.457
	Guarambaré	25.445	27.481	32.639	38.021	43.651	49.628	56.149	63.528
	Itá Central	1.825	1.974	2.344	2.731	3.135	3.564	4.033	4.562
	Itaugua	3.776	3.943	4.684	5.456	6.264	7.121	8.057	9.116
	J. Augusto Saldívar	10.228	12.110	17.979	20.944	24.045	27.337	30.930	34.994
	Lambaré	841	999	1.186	1.381	1.586	1.803	2.040	2.308
	Limpio	25.391	27.295	32.418	37.764	43.355	49.292	55.770	63.098
	Luque	15.834	18.581	22.069	25.708	29.515	33.556	37.966	42.955
	Mariano	35.979	41.240	52.106	60.699	69.687	79.229	89.641	101.420
	Nemby	13.991	15.784	18.746	21.838	25.071	28.504	32.250	36.488
	San Antonio	15.404	18.062	21.452	24.990	28.690	32.619	36.906	41.755
	San Lorenzo	8.211	9.992	11.867	13.824	15.871	18.044	20.416	23.098
	Villa Elisa	44.588	50.175	59.592	69.419	79.697	90.611	102.518	115.990
	Villeta Central	11.336	13.075	15.529	18.090	20.769	23.613	26.716	30.226
	Ypacarai	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ypané	1.998	2.316	2.751	3.204	3.679	4.182	4.732	5.354
Paraguari	1.175	1.508	1.791	2.087	2.396	2.724	3.082	3.486	
Paraguari	4.285	4.702	4.942	5.194	5.459	5.737	6.030	6.337	
Pirayú	1.914	2.042	2.146	2.256	2.371	2.492	2.619	2.752	
Yaguarón	886	993	1.044	1.097	1.153	1.212	1.273	1.338	
Yaguarón	1.485	1.667	1.752	1.841	1.935	2.034	2.138	2.247	
Acuífero Patiño		370.481	407.751	474.172	537.627	604.029	674.459	751.008	837.000

Cuadro 16: Acuífero Patiño – Proyección de Viviendas Urbanas Dependientes del Acuífero

PLAN DE GESTIÓN

Departamento	Municipalidades	2002	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Paraguay Asunción Central	Asunción	39.296	42.409	42.988	49.171	55.639	62.502	69.972	78.386
	Aregua	31.963	34.834	35.026	40.802	46.844	53.258	60.257	68.175
	Capiatá	6.515	7.535	8.949	10.425	11.969	13.608	15.396	17.419
	Fernando de la Mora	0	0	0	0	0	0	0	0
	Guarambaré	1.427	1.607	1.908	2.223	2.552	2.901	3.282	3.714
	Itá Central	6.317	6.795	8.071	9.402	10.794	12.272	13.884	15.709
	Itaugua	3.195	2.869	0	0	0	0	0	0
	J. Augusto Saldivar	6.977	7.981	9.479	11.042	12.677	14.413	16.308	18.450
	Lambaré	0	0	0	0	0	0	0	0
	Limpio	0	0	0	0	0	0	0	0
	Luque	2.796	2.474	0	0	0	0	0	0
Paraguari	Mariano	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nemby	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Antonio	0	0	0	0	0	0	0	0
	San Lorenzo	0	0	0	0	0	0	0	0
	Villa Elisa	0	0	0	0	0	0	0	0
	Villeta Central	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ypacarai	1.056	1.222	1.452	1.691	1.941	2.207	2.497	2.826
	Ypané	3.680	4.351	5.167	6.019	6.911	7.857	8.890	10.058
	Paraguari	7.334	7.576	7.962	8.368	8.795	9.244	9.715	10.211
	Pirayú	1.496	1.562	1.642	1.726	1.814	1.906	2.003	2.106
	Yaguaron	2.013	2.110	2.217	2.331	2.449	2.574	2.706	2.844
Acuífero Patiño	39.296	42.409	42.988	49.171	55.639	62.502	69.972	78.386	

Cuadro 16: Acuífero Patiño – Proyección de Viviendas Rurales Dependientes del Acuífero

4.2 Consumos de Agua

Tomándose como referencias los valores proyectados de población y viviendas se estimó, a partir de informaciones de conexiones de ESSAP y ERSAN, las coberturas de agua potable (cuadros 17 a 19).

En secuencia se estimó la evolución de cobertura de agua y de la demanda por agua en el horizonte de proyecto (2035), presentados en los cuadros siguientes.

TOTAIS		COBERTURA AGUA 2005				TOTAL
Departamento	Municipalidades	AG. SUP	ACUIFERO			
		ESSAP	JS	OTROS	SUBTOT	
Paraguay						
Asunción	Asunción	96,3%	0,0%	0,1%	0,1%	96,4%
Central						
	Aregua	0,0%	70,1%	14,6%	84,7%	84,7%
	Capiatá	0,0%	26,3%	52,7%	79,0%	79,0%
	Fernando de la Mora	77,8%	0,0%	9,3%	9,3%	87,1%
	Guarambaré	0,0%	70,4%	7,5%	77,9%	77,9%
	Itá Central	15,9%	28,9%	14,2%	43,1%	59,1%
	Itaugua	0,0%	62,1%	19,4%	81,5%	81,5%
	J. Augusto Saldívar	0,0%	60,8%	28,0%	88,8%	88,8%
	Lambaré	78,2%	0,0%	11,9%	11,9%	90,1%
	Limpio	0,8%	33,0%	45,1%	78,1%	78,9%
	Luque	25,1%	12,2%	26,9%	39,1%	64,2%
	Mariano	81,0%	0,0%	3,7%	3,7%	84,7%
	Nemby	0,0%	53,9%	36,7%	90,6%	90,6%
	San Antonio	8,8%	56,9%	25,6%	82,5%	91,2%
	San Lorenzo	24,7%	1,1%	50,2%	51,4%	76,1%
	Villa Elisa	9,2%	0,0%	75,9%	75,9%	85,0%
	Villeta Central	0,0%	83,0%	0,0%	83,0%	83,0%
	Ypacarai	0,0%	44,4%	19,2%	63,6%	63,6%
	Ypané	0,0%	25,4%	48,9%	74,4%	74,4%
Paraguari						
	Paraguari	31,3%	26,1%	4,9%	31,0%	62,3%
	Pirayú	0,0%	56,9%	12,1%	69,0%	69,0%
	Yaguarón	0,0%	34,6%	9,7%	44,3%	44,3%
Acuífero Patiño		48,5%	14,0%	22,3%	36,37%	84,9%

Cuadro 17: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua Total (urbana y rural)

URBANO		COBERTURA AGUA 2005				
Departamento	Municipalidades	AG. SUP	ACUIFERO			TOTAL
		ESSAP	JS	OTROS	SUBTOT	
Paraguay						
Asunción		96,3%	0,0%	0,1%	0,1%	96,4%
Central						
	Aregua	0,0%	79,4%	8,9%	88,3%	88,3%
	Capiatá	0,0%	26,3%	52,7%	79,0%	79,0%
	Fernando de la Mora	77,8%	0,0%	9,3%	9,3%	87,1%
	Guarambaré	0,0%	82,5%	8,2%	90,7%	90,7%
	Itá Central	45,6%	16,8%	0,0%	16,8%	62,4%
	Itaugua	0,0%	64,3%	20,0%	84,3%	84,3%
	J. Augusto Saldívar	0,0%	56,7%	26,2%	82,9%	82,9%
	Lambaré	78,2%	0,0%	11,9%	11,9%	90,1%
	Limpio	0,8%	33,0%	45,1%	78,1%	78,9%
	Luque	27,3%	13,2%	24,0%	37,2%	64,5%
	Mariano	81,0%	0,0%	3,7%	3,7%	84,7%
	Nemby	0,0%	53,9%	36,7%	90,6%	90,6%
	San Antonio	8,8%	56,9%	25,6%	82,5%	91,2%
	San Lorenzo	24,7%	1,1%	50,2%	51,4%	76,1%
	Villa Elisa	9,2%	0,0%	75,9%	75,9%	85,0%
	Villeta Central	0,0%	89,3%	0,0%	89,3%	89,3%
	Ypacarai	0,0%	64,3%	14,5%	78,8%	78,8%
	Ypané	0	0	0,931064	93,1%	0,931064
Paraguari						
	Paraguari	79,4%	5,2%	9,8%	15,0%	94,5%
	Pirayú	0,0%	79,8%	12,6%	92,4%	92,4%
	Yaguarón	0,0%	63,1%	15,1%	78,1%	78,2%
Acuífero Patiño		50,3%	15,6%	19,0%	34,5%	84,9%

Cuadro 18: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua en el Área Urbana

RURAL		COBERTURA AGUA 2005				
Departamento	Municipalidades	AG. SUP	ACUIFERO			TOTAL
		ESSAP	JS	OTROS	SUBTOT	
Paraguay						
Asunción						
	Asunción	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Central						
	Aregua	0,0%	67,3%	16,3%	83,6%	83,6%
	Capiatá	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Fernando de la Mora	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Guarambaré	0,0%	56,5%	6,6%	63,1%	63,1%
	Itá Central	0,0%	35,4%	21,9%	57,3%	57,3%
	Itaugua	0,0%	55,2%	17,2%	72,4%	72,4%
	J. Augusto Saldívar	0,0%	61,2%	28,2%	89,5%	89,5%
	Lambaré	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Limpio	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Luque	0,0%	0,0%	60,8%	60,8%	60,8%
	Mariano	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Nemby	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	San Antonio	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	San Lorenzo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Villa Elisa	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Villeta Central	0,0%	77,8%	0,0%	77,8%	77,8%
	Ypacarai	0,0%	25,6%	23,7%	49,2%	49,2%
	Ypané	0,0%	32,3%	37,0%	69,3%	69,3%
Paraguari						
	Paraguari	0,0%	39,1%	1,7%	40,8%	40,8%
	Pirayú	0,0%	48,9%	11,9%	60,8%	60,8%
	Yaguarón	0,0%	24,1%	7,7%	31,8%	31,8%
Acuífero Patiño		0,0%	47,9%	20,8%	68,70%	68,7%

Cuadro 19: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua en el Área Rural

TOTAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	MANANTIAL SUPERFIC	ACUIFERO PATIÑO	TOTAL	MANANTIAL SUPERFIC	ACUIFERO PATIÑO	TOTAL
Paraguay							
Asunción	Asunción	96,3%	0,1%	96,4%	96,3%	3,7%	100,0%
Central							
	Aregua	0,0%	84,7%	84,7%	0,0%	92,1%	92,1%
	Capiatá	0,0%	79,0%	79,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	Fernando de la Mora	77,8%	9,3%	87,1%	77,8%	22,2%	100,0%
	Guarambaré	0,0%	77,9%	77,9%	0,0%	95,2%	95,2%
	Itá Central	15,9%	43,1%	59,1%	15,5%	77,9%	93,4%
	Itaugua	0,0%	81,5%	81,5%	0,0%	100,0%	100,0%
	J. Augusto Saldívar	0,0%	88,8%	88,8%	0,0%	91,1%	91,1%
	Lambaré	78,2%	11,9%	90,1%	78,2%	21,8%	100,0%
	Limpio	0,8%	78,1%	78,9%	0,8%	99,2%	100,0%
	Luque	25,1%	39,1%	64,2%	27,3%	72,7%	100,0%
	Mariano	81,0%	3,7%	84,7%	81,0%	19,0%	100,0%
	Nemby	0,0%	90,6%	90,6%	0,0%	100,0%	100,0%
	San Antonio	8,8%	82,5%	91,2%	8,8%	91,2%	100,0%
	San Lorenzo	24,7%	51,4%	76,1%	24,7%	75,3%	100,0%
	Villa Elisa	9,2%	75,9%	85,0%	9,2%	90,8%	100,0%
	Villeta Central	0,0%	83,0%	83,0%	0,0%	94,6%	94,6%
	Ypacarai	0,0%	63,6%	63,6%	0,0%	94,9%	94,9%
	Ypané	0,0%	74,4%	74,4%	0,0%	92,5%	92,5%
Paraguari							
	Paraguari	31,3%	31,0%	62,3%	30,2%	63,6%	93,8%
	Pirayú	0,0%	69,0%	69,0%	0,0%	92,7%	92,7%
	Yaguarón	0,0%	44,3%	44,3%	0,0%	92,8%	92,8%
Acuífero Patiño		42,4%	40,4%	82,8%	36,7%	62,2%	99,0%

Cuadro 20: Acuífero Patiño – Cobertura de Agua Actual y Proyectada

TOTAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	MANANTIAL SUPERFIC	ACUIFERO PATIÑO	TOTAL	MANANTIAL SUPERFIC	ACUIFERO PATIÑO	TOTAL
Paraguay							
Asunción	Asunción	508.104	505	508.609	684.847	26.317	711.165
Central							
	Aregua	0	42.813	42.813	0	107.714	107.714
	Capiatá	0	139.317	139.317	0	407.564	407.564
	Fernando de la Mora	95.436	11.423	106.860	220.623	62.900	283.523
	Guarambaré	0	14.246	14.246	0	40.487	40.487
	Itá Central	8.310	23.351	31.661	19.211	96.643	115.854
	Itaugua	0	55.284	55.284	0	155.937	155.937
	J. Augusto Saldívar	0	38.098	38.098	0	90.402	90.402
	Lambaré	100.716	15.266	115.982	232.827	64.872	297.699
	Limpio	705	67.070	67.775	1.629	196.836	198.466
	Luque	53.492	80.549	134.041	131.553	350.436	481.989
	Mariano	59.591	2.735	62.326	137.759	32.355	170.114
	Nemby	0	76.360	76.360	0	194.922	194.922
	San Antonio	4.033	37.921	41.954	9.323	96.998	106.321
	San Lorenzo	56.784	118.106	174.889	131.268	400.337	531.605
	Villa Elisa	5.626	46.522	52.148	13.006	128.756	141.761
	Villeta Central	0	20.391	20.391	0	53.642	53.642
	Ypacarai	0	13.680	13.680	0	47.086	47.086
	Ypané	0	23.073	23.073	0	65.564	65.564
Paraguari							
	Paraguari	7.038	7.230	14.268	9.487	20.000	29.487
	Pirayú	0	11.100	11.100	0	19.999	19.999
	Yaguarón	0	12.186	12.186	0	34.035	34.035
Acuífero Patiño		899.835	857.226	1.757.061	1.591.533	2.693.802	4.285.336

Cuadro 21: Acuífero Patiño – Población Atendida por Agua Actual y Proyectada

Para calcular el volumen producido, que corresponde a la necesidad de agua el área del Acuífero Patiño fueron utilizados los siguientes parámetros:

Dotación por persona de 228,8 l/hab.día correspondiente al valor promedio de los datos de ESSAP para los años de 2002 a 2005 del área del Gran Asunción. Esa dotación incluye todos los consumos no residenciales del área.

	INDICADORES	UNIDAD	AÑO			
			2002	2003	2004	2005
1	Volumen Facturado	Miles m3	55008,5	55101,5	55299,5	55585,5
2	Conexiones Facturadas (1)	conex	161086	164366	166259	169106
3	Relación conex resid / conex totales	%	89%	89%	89%	89%
4	Conexiones residenciales	conex	143367	146286	147971	150504
5	dotación por conexión residencial (2)	m3/día/conex	1,051206	1,031972	1,0238863	1,0118604
6	persona / vivienda	nro.	4,52	4,51	4,49	4,48
7	dotación por persona (2)	l/hab/día	232,6	228,8	228,0	225,9
			dotación adoptada		228,8 l/hab.día	

(1) promedio anual
(2) incluye consumos no residenciales
Fuentes: ítem 1 y 2 ESSAP; ítem 4 BID

Cuadro 22: Gran Asunción – Indicadores de Agua Potable

Agua No Contabilizada de 35% así considerada.

AGUA NO CONTABILIZADA (%)

perdidas en producción
perdidas en redes distribución
perdidas comerciales
agua no contabilizada

	ESSAP	OTROS
perdidas en producción	5%	0%
perdidas en redes distribución	10%	15%
perdidas comerciales	20%	20%
agua no contabilizada	35%	35%

Los valores de volúmenes producidos para los años de 2005 y 2035 son los siguientes.

TOTAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	MANANTIAL SUPERFIC	ACUÍFERO PATIÑO	TOTAL	MANANTIAL SUPERFIC	ACUÍFERO PATIÑO	TOTAL
Paraguay							
Asunción	Asunción	178.869	178	179.047	241.089	9.264	250.353
Central							
	Aregua	0	15.072	15.072	0	37.919	37.919
	Capiatá	0	49.044	49.044	0	143.476	143.476
	Fernando de la Mora	33.597	4.021	37.618	77.667	22.143	99.809
	Guarambaré	0	5.015	5.015	0	14.253	14.253
	Itá Central	2.925	8.220	11.146	6.763	34.021	40.784
	Itaugua	0	19.462	19.462	0	54.895	54.895
	J. Augusto Saldívar	0	13.412	13.412	0	31.824	31.824
	Lambaré	35.455	5.374	40.829	81.963	22.837	104.800
	Limpio	248	23.611	23.859	573	69.293	69.866
	Luque	18.831	28.356	47.187	46.311	123.365	169.676
	Mariano	20.978	963	21.941	48.496	11.390	59.886
	Nemby	0	26.881	26.881	0	68.619	68.619
	San Antonio	1.420	13.349	14.769	3.282	34.146	37.428
	San Lorenzo	19.990	41.577	61.567	46.211	140.932	187.142
	Villa Elisa	1.981	16.377	18.358	4.579	45.326	49.905
	Villeta Central	0	7.178	7.178	0	18.884	18.884
	Ypacarai	0	4.816	4.816	0	16.576	16.576
	Ypané	0	8.122	8.122	0	23.081	23.081
Paraguari							
	Paraguari	2.478	2.545	5.023	3.340	7.041	10.380
	Pirayú	0	3.908	3.908	0	7.040	7.040
	Yaguarón	0	4.290	4.290	0	11.981	11.981
Acuífero Patiño		316.771	301.772	618.543	560.272	948.306	1.508.578

Cuadro 23: Acuífero Patiño – Volumen Producido de Agua (m3/día)

4.3 Alcantarillado

Para las proyecciones referentes a alcantarillado se estimó las coberturas de alcantarillado en el área del Acuífero Patiño, actual y admitida en las proyecciones, son presentadas en los cuadros 24 y 25.

2005		TOTAL		URBANO		RURAL	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	85,2%	14,8%	85,2%	14,8%	0,0%	100,0%
Central							
	Aregua	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Capiatá	0,5%	99,5%	0,5%	99,5%	0,0%	100,0%
	Fernando de la Mora	5,0%	95,0%	5,0%	95,0%	0,0%	100,0%
	Guarambaré	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Itá Central	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Itaugua	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	J. Augusto Saldívar	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Lambaré	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Limpio	6,5%	93,5%	6,5%	93,5%	0,0%	100,0%
	Luque	9,2%	90,8%	9,7%	90,3%	0,0%	100,0%
	Mariano	0,1%	99,9%	0,1%	99,9%	0,0%	100,0%
	Nemby	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	San Antonio	8,6%	91,4%	8,6%	91,4%	0,0%	100,0%
	San Lorenzo	8,9%	91,1%	8,9%	91,1%	0,0%	100,0%
	Villa Elisa	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Villeta Central	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Ypacarai	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Ypané	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Paraguarí							
	Paraguarí	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Pirayú	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	Yaguarón	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Acuífero Patiño		24,5%	75,5%	27,1%	72,9%	0,0%	100,0%

Cuadro 24: Acuífero Patiño – Cobertura Actual por Alcantarillado

2035		TOTAL		URBANO		RURAL	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	90,0%	10,0%	90,0%	10,0%	0,0%	100,0%
Central							
	Aregua	3,4%	96,6%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Capiatá	15,0%	85,0%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Fernando de la Mora	25,0%	75,0%	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
	Guarambaré	8,2%	91,8%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Itá Central	5,5%	94,5%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Itaugua	15,0%	85,0%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	J. Augusto Saldívar	1,7%	98,4%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Lambaré	45,0%	55,0%	45,0%	55,0%	0,0%	100,0%
	Limpio	25,0%	75,0%	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
	Luque	25,0%	75,0%	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
	Mariano	15,0%	85,0%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Nemby	15,0%	85,0%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	San Antonio	25,0%	75,0%	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
	San Lorenzo	25,0%	75,0%	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%
	Villa Elisa	15,0%	85,0%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Villeta Central	0,0%	100,0%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Ypacarai	9,9%	90,1%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Ypané	4,2%	95,8%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
Paraguarí							
	Paraguarí	8,3%	91,7%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Pirayú	4,7%	95,3%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
	Yaguarón	4,4%	95,6%	15,0%	85,0%	0,0%	100,0%
Acuífero Patiño		32,2%	67,8%	35,3%	64,7%	0,0%	100,0%

Cuadro 25: Acuífero Patiño – Cobertura Proyectada por Alcantarillado

Como resultado se obtuvo que las poblaciones atendidas y las estimativas de volúmenes de efluentes generados, son los presentados a continuación en los cuadros 26 hasta 31. Para las estimaciones de volúmenes generados se admitió que 20% del agua consumida sea efectivamente consumida y que 80% retorne al sistema de alcantarillado o sea encaminado a las fosas sépticas.

Además, fue considerado un incremento de consumo correspondiente a un 20% del agua no contabilizada, correspondiente a las pérdidas comerciales. Estos volúmenes son efectivamente consumos no contabilizados y deben ser considerados en los cálculos.

Como la dotación por persona adoptada fue de 228,8 l/hab.día, tendremos:

Perdidas comerciales = 20% (del total de 35% del agua no contabilizada)

Dotación incluyendo pérdidas comerciales = $228,8 / (1-20\%) = 286,0$ l/hab.día

Retorno considerado = 80% de 286,0 l/hab.día = **228,8 l/hab.día**

TOTAL		2005		2035	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay					
Asunción	Asunción	449.583	78.047	640.048	71.116
Central					
	Aregua	0	50.591	3.684	113.269
	Capiatá	799	175.504	61.135	346.429
	Fernando de la Mora	6.121	116.524	70.881	212.642
	Guarambaré	0	18.397	3.317	39.211
	Itá Central	5	53.653	6.326	117.715
	Itaugua	0	67.455	23.391	132.547
	J. Augusto Saldívar	0	42.926	1.637	97.596
	Lambaré	0	128.778	133.964	163.734
	Limpio	5.612	80.240	49.616	148.849
	Luque	19.093	189.405	120.497	361.491
	Mariano	47	73.540	25.517	144.597
	Nemby	0	84.319	29.238	165.684
	San Antonio	3.977	42.015	26.580	79.741
	San Lorenzo	20.578	209.382	132.901	398.704
	Villa Elisa	0	61.323	21.264	120.497
	Villeta Central	0	24.529	3.913	52.792
	Ypacarai	0	21.463	3.647	45.970
	Ypané	0	30.661	2.658	68.223
Paraguarí					
	Paraguarí	0	23.323	1.792	29.644
	Pirayú	0	16.006	874	20.700
	Yaguarón	0	27.210	1.540	35.135
Acuífero Patiño		505.815	1.615.291	1.364.422	2.966.286

Cuadro 26: Acuífero Patiño – Población Atendida por Alcantarillado

TOTAL		2005		2035	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay					
Asunción	Asunción	102.874	17.859	146.457	16.273
Central		0	0	0	0
	Aregua	0	11.576	843	25.918
	Capiatá	183	40.159	13.989	79.270
	Fernando de la Mora	1.401	26.663	16.219	48.657
	Guarambaré	0	4.210	759	8.972
	Itá Central	1	12.277	1.448	26.936
	Itaugua	0	15.435	5.352	30.330
	J. Augusto Saldívar	0	9.822	375	22.332
	Lambaré	0	29.467	30.654	37.466
	Limpio	1.284	18.361	11.353	34.060
	Luque	4.369	43.340	27.572	82.717
	Mariano	11	16.828	5.839	33.087
	Nemby	0	19.294	6.690	37.912
	San Antonio	910	9.614	6.082	18.246
	San Lorenzo	4.709	47.911	30.411	91.232
	Villa Elisa	0	14.032	4.866	27.572
	Villeta Central	0	5.613	895	12.080
	Ypacarai	0	4.911	834	10.519
	Ypané	0	7.016	608	15.611
Paraguarí		0	0	0	0
	Paraguarí	0	5.337	410	6.783
	Pirayú	0	3.663	200	4.737
	Yaguarón	0	6.226	352	8.040
Acuífero Patiño		115.741	369.613	312.209	678.749

Cuadro 27: Acuífero Patiño – Volumen de Alcantarillado (m3/día)

TOTAL		2005		2035	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay					
Asunción	Asunción	1.191	207	1.695	188
Central		0	0	0	0
	Aregua	0	134	10	300
	Capiatá	2	465	162	917
	Fernando de la Mora	16	309	188	563
	Guarambaré	0	49	9	104
	Itá Central	0	142	17	312
	Itaugua	0	179	62	351
	J. Augusto Saldívar	0	114	4	258
	Lambaré	0	341	355	434
	Limpio	15	213	131	394
	Luque	51	502	319	957
	Mariano	0	195	68	383
	Nemby	0	223	77	439
	San Antonio	11	111	70	211
	San Lorenzo	54	555	352	1.056
	Villa Elisa	0	162	56	319
	Villeta Central	0	65	10	140
	Ypacarai	0	57	10	122
	Ypané	0	81	7	181
Paraguarí		0	0	0	0
	Paraguarí	0	62	5	79
	Pirayú	0	42	2	55
	Yaguarón	0	72	4	93
Acuífero Patiño		1.340	4.278	3.614	7.856

Cuadro 28: Acuífero Patiño – Volumen de Alcantarillado (l/s)

A partir de los volúmenes fueron estimadas las cargas potenciales en DBO, NT y PT, adoptándose los siguientes parámetros: (i) 54 g DBO/hab.día; (ii) 10 g NT/hab.día, y (iii) 1,5 g PT/hab.día. Los resultados son presentados en los cuadros 28, 29 y 30.

TOTAL		2005		2035	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay					
Asunción	Asunción	24.277	4.215	34.563	3.840
Central					
	Aregua	0	2.732	199	6.117
	Capiatá	43	9.477	3.301	18.707
	Fernando de la Mora	331	6.292	3.828	11.483
	Guarambaré	0	993	179	2.117
	Itá Central	0	2.897	342	6.357
	Itaugua	0	3.643	1.263	7.158
	J. Augusto Saldivar	0	2.318	88	5.270
	Lambaré	0	6.954	7.234	8.842
	Limpio	303	4.333	2.679	8.038
	Luque	1.031	10.228	6.507	19.521
	Mariano	3	3.971	1.378	7.808
	Nemby	0	4.553	1.579	8.947
	San Antonio	215	2.269	1.435	4.306
	San Lorenzo	1.111	11.307	7.177	21.530
	Villa Elisa	0	3.311	1.148	6.507
	Villeta Central	0	1.325	211	2.851
	Ypacarai	0	1.159	197	2.482
	Ypané	0	1.656	144	3.684
Paraguarí					
	Paraguarí	0	1.259	97	1.601
	Pirayú	0	864	47	1.118
	Yaguarón	0	1.469	83	1.897
Acuífero Patiño		27.314	87.226	73.679	160.179

Cuadro 29: Alcantarillado – Carga Orgánica Potencial (Kg DBO/día)

TOTAL		2005		2035	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay					
Asunción	Asunción	4.496	780	6.400	711
Central					
	Aregua	0	506	37	1.133
	Capiatá	8	1.755	611	3.464
	Fernando de la Mora	61	1.165	709	2.126
	Guarambaré	0	184	33	392
	Itá Central	0	537	63	1.177
	Itaugua	0	675	234	1.325
	J. Augusto Saldívar	0	429	16	976
	Lambaré	0	1.288	1.340	1.637
	Limpio	56	802	496	1.488
	Luque	191	1.894	1.205	3.615
	Mariano	0	735	255	1.446
	Nemby	0	843	292	1.657
	San Antonio	40	420	266	797
	San Lorenzo	206	2.094	1.329	3.987
	Villa Elisa	0	613	213	1.205
	Villeta Central	0	245	39	528
	Ypacarai	0	215	36	460
	Ypané	0	307	27	682
Paraguari					
	Paraguari	0	233	18	296
	Pirayú	0	160	9	207
	Yaguarón	0	272	15	351
Acuífero Patiño		5.058	16.153	13.644	29.663

Cuadro 30: Alcantarillado – Carga Potencial (Kg NT/día)

TOTAL		2005		2035	
Departamento	Municipalidades	RED PÚBLICA	OTROS	RED PÚBLICA	OTROS
Paraguay					
Asunción	Asunción	674	117	960	107
Central					
	Aregua	0	76	6	170
	Capiatá	1	263	92	520
	Fernando de la Mora	9	175	106	319
	Guarambaré	0	28	5	59
	Itá Central	0	80	9	177
	Itaugua	0	101	35	199
	J. Augusto Saldívar	0	64	2	146
	Lambaré	0	193	201	246
	Limpio	8	120	74	223
	Luque	29	284	181	542
	Mariano	0	110	38	217
	Nemby	0	126	44	249
	San Antonio	6	63	40	120
	San Lorenzo	31	314	199	598
	Villa Elisa	0	92	32	181
	Villeta Central	0	37	6	79
	Ypacarai	0	32	5	69
	Ypané	0	46	4	102
Paraguari					
	Paraguari	0	35	3	44
	Pirayú	0	24	1	31
	Yaguarón	0	41	2	53
Acuífero Patiño		759	2.423	2.047	4.449

Cuadro 31: Alcantarillado – Carga Potencial (Kg PT/día)

4.4 Basura

Para estimar los riesgos de contaminación por basura en el área del Acuífero Patiño fueron utilizados los datos de basura del censo, distinguiendo basura recogida por camiones, basura quemada y otros destinos. Para las proyecciones fueron hechos pequeños ajustes.

Los cuadros 32 hasta 37 presentan las coberturas y población atendida por municipio en el área del Acuífero Patiño, en las áreas urbanas, rurales y en el total de cada municipio.

TOTAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	87,96%	6,03%	6,01%	90,00%	5,00%	5,00%
Central							
	Aregua	20,39%	62,67%	16,94%	25,70%	64,30%	10,00%
	Capiatá	39,67%	50,23%	10,10%	45,00%	50,00%	5,00%
	Fernando de la Mora	94,53%	3,96%	1,51%	95,00%	4,00%	1,00%
	Guarambaré	18,59%	67,88%	13,52%	24,12%	65,88%	10,00%
	Itá Central	14,00%	69,39%	16,61%	17,74%	72,26%	10,00%
	Itaugua	22,54%	65,35%	12,11%	40,00%	50,00%	10,00%
	J. Augusto Saldivar	14,66%	74,17%	11,17%	22,75%	72,25%	5,00%
	Lambaré	88,67%	7,45%	3,88%	90,00%	8,00%	2,00%
	Limpio	20,95%	70,23%	8,82%	30,00%	65,00%	5,00%
	Luque	57,30%	36,62%	6,08%	70,00%	25,00%	5,00%
	Mariano	48,25%	43,20%	8,55%	50,00%	45,00%	5,00%
	Nemby	42,70%	45,35%	11,95%	50,00%	45,00%	5,00%
	San Antonio	22,92%	60,27%	16,81%	30,00%	60,00%	10,00%
	San Lorenzo	65,02%	28,62%	6,36%	70,00%	25,00%	5,00%
	Villa Elisa	63,42%	23,52%	13,06%	70,00%	25,00%	5,00%
	Villeta Central	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Ypacarai	35,27%	48,58%	16,15%	36,31%	55,27%	8,42%
	Ypané	12,14%	67,76%	20,10%	15,63%	72,18%	12,18%
Paraguari							
	Paraguari	15,75%	70,58%	13,67%	20,20%	71,70%	8,10%
	Pirayú	2,08%	78,79%	19,13%	12,90%	77,10%	10,00%
	Yaguarón	11,69%	59,50%	28,81%	15,17%	67,74%	17,10%
Acuífero Patiño		59,46%	32,07%	8,47%	62,19%	32,39%	5,42%

Cuadro 32: Acuífero Patiño – Cobertura por Basura Total (urbana y rural)

URBANO		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	88,0%	6,0%	6,0%	90,0%	5,0%	5,0%
Central							
	Aregua	42,13%	43,50%	14,37%	45,00%	45,00%	10,00%
	Capiatá	39,7%	50,2%	10,1%	45,0%	50,0%	5,0%
	Fernando de la Mora	94,5%	4,0%	1,5%	95,0%	4,0%	1,0%
	Guarambaré	31,84%	56,88%	11,29%	40,00%	50,00%	10,00%
	Itá Central	31,65%	52,12%	16,23%	40,00%	50,00%	10,00%
	Itaugua	27,47%	60,84%	11,68%	40,00%	50,00%	10,00%
	J. Augusto Saldivar	34,48%	56,72%	8,80%	45,00%	50,00%	5,00%
	Lambaré	88,7%	7,5%	3,9%	90,0%	8,0%	2,0%
	Limpio	20,9%	70,2%	8,8%	30,0%	65,0%	5,0%
	Luque	60,38%	33,73%	5,89%	70,00%	25,00%	5,00%
	Mariano	48,3%	43,2%	8,5%	50,0%	45,0%	5,0%
	Ñemby	42,7%	45,3%	12,0%	50,0%	45,0%	5,0%
	San Antonio	22,9%	60,3%	16,8%	30,0%	60,0%	10,0%
	San Lorenzo	65,0%	28,6%	6,4%	70,0%	25,0%	5,0%
	Villa Elisa	63,4%	23,5%	13,1%	70,0%	25,0%	5,0%
	Villeta Central	46,11%	43,12%	10,77%	50,00%	45,00%	5,00%
	Ypacarai	50,05%	36,39%	13,56%	50,00%	45,00%	5,00%
	Ypané	19,83%	60,43%	19,74%	30,00%	65,00%	5,00%
Paraguari							
	Paraguari	37,29%	52,35%	10,36%	45,00%	50,00%	5,00%
	Pirayú	5,98%	75,28%	18,74%	30,00%	60,00%	10,00%
	Yaguarón	33,33%	47,21%	19,46%	40,00%	50,00%	10,00%
Acuífero Patiño		58,6%	24,8%	16,6%	61,0%	25,6%	13,4%

Cuadro 33: Acuífero Patiño – Cobertura por Basura en Área Urbana

RURAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Central							
	Aregua	13,97%	68,34%	17,70%	20,00%	70,00%	10,00%
	Capiatá	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Fernando de la Mora	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Guarambaré	2,65%	81,14%	16,21%	5,00%	85,00%	10,00%
	Itá Central	3,90%	79,27%	16,83%	5,00%	85,00%	10,00%
	Itaugua	2,79%	83,38%	13,83%	5,00%	85,00%	10,00%
	J. Augusto Saldivar	12,21%	76,32%	11,47%	20,00%	75,00%	5,00%
	Lambaré	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Limpio	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Luque	3,60%	87,00%	9,40%	5,00%	90,00%	5,00%
	Mariano	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Nemby	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	San Antonio	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	San Lorenzo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Villa Elisa	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Villeta Central	6,89%	77,26%	15,85%	10,00%	75,00%	15,00%
	Ypacarai	6,87%	72,02%	21,12%	10,00%	75,00%	15,00%
	Ypané	9,12%	70,64%	20,24%	10,00%	75,00%	15,00%
Paraguari							
	Paraguari	2,54%	81,76%	15,70%	5,00%	85,00%	10,00%
	Pirayú	0,28%	80,41%	19,32%	5,00%	85,00%	10,00%
	Yaguarón	2,83%	64,53%	32,64%	5,00%	75,00%	20,00%
Acuífero Patiño		7,4%	75,2%	17,3%	12,8%	77,0%	10,3%

Cuadro 34: Acuífero Patiño – Cobertura por Basura en Área Rural

TOTAL		2.005			2.035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	464.096	31.817	31.716	640.048	35.558	35.558
Central							
	Aregua	9.499	29.203	7.892	27.683	69.260	10.771
	Capiatá	69.935	88.554	17.814	183.404	203.782	20.378
	Fernando de la Mora	115.931	4.859	1.856	269.347	11.341	2.835
	Guarambaré	3.256	11.889	2.368	9.765	26.674	4.049
	Itá Central	7.018	34.774	8.324	20.554	83.715	11.585
	Itaugua	15.202	44.082	8.171	62.375	77.969	15.594
	J. Augusto Saldivar	6.294	31.836	4.796	22.575	71.696	4.962
	Lambaré	114.181	9.596	5.001	267.929	23.816	5.954
	Limpio	17.985	60.293	7.575	59.540	129.003	9.923
	Luque	118.742	75.898	12.606	337.392	120.497	24.099
	Mariano	35.508	31.789	6.291	85.057	76.551	8.506
	Nemby	36.007	38.235	10.077	97.461	87.715	9.746
	San Antonio	10.542	27.721	7.730	31.896	63.793	10.632
	San Lorenzo	149.509	65.814	14.637	372.124	132.901	26.580
	Villa Elisa	38.889	14.422	8.012	99.233	35.440	7.088
	Villeta Central	0	0	0	0	0	0
	Ypacarai	5.639	7.768	2.582	13.421	20.430	3.113
	Ypané	3.304	18.440	5.469	9.835	45.408	7.664
Paraguari							
	Paraguari	1.836	8.231	1.595	3.175	11.270	1.273
	Pirayú	285	10.769	2.615	2.377	14.204	1.842
	Yaguarón	3.067	15.607	7.557	5.362	23.949	6.044
Acuífero Patiño		1.226.724	661.595	174.685	2.620.552	1.364.971	228.199

Cuadro 35: Acuífero Patiño – Población Total Atendida por Basura

URBANO		2.005			2.035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	464.096	31.817	31.716	640.048	35.558	35.558
Central							
	Aregua	4.476	4.621	1.527	11.052	11.052	2.456
	Capiatá	69.935	88.554	17.814	183.404	203.782	20.378
	Fernando de la Mora	115.931	4.859	1.856	269.347	11.341	2.835
	Guarambaré	3.046	5.441	1.080	8.846	11.057	2.211
	Itá Central	5.774	9.508	2.962	16.870	21.087	4.217
	Itaugua	14.826	32.833	6.305	62.375	77.969	15.594
	J. Augusto Saldivar	1.628	2.678	415	4.912	5.458	546
	Lambaré	114.181	9.596	5.001	267.929	23.816	5.954
	Limpio	17.985	60.293	7.575	59.540	129.003	9.923
	Luque	118.337	66.103	11.548	337.392	120.497	24.099
	Mariano	35.508	31.789	6.291	85.057	76.551	8.506
	Nemby	36.007	38.235	10.077	97.461	87.715	9.746
	San Antonio	10.542	27.721	7.730	31.896	63.793	10.632
	San Lorenzo	149.509	65.814	14.637	372.124	132.901	26.580
	Villa Elisa	38.889	14.422	8.012	99.233	35.440	7.088
	Villeta Central	0	0	0	0	0	0
	Ypacarai	5.264	3.827	1.426	12.156	10.940	1.216
	Ypané	1.520	4.632	1.513	5.316	11.518	886
Paraguari							
	Paraguari	1.652	2.320	459	2.688	2.986	299
	Pirayú	259	3.253	810	1.747	3.495	582
	Yaguarón	2.540	3.597	1.483	4.108	5.135	1.027
Acuífero Patiño		1.211.903	511.911	140.236	2.573.500	1.081.095	190.335

Cuadro 36: Acuífero Patiño – Población Urbana Atendida por Basura

TOTAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Asunción	Asunción	302	21	21	416	23	23
Central							
	Aregua	5	14	4	13	34	5
	Capiatá	38	49	10	101	112	11
	Fernando de la Mora	64	3	1	148	6	2
	Guarambaré	1	6	1	4	13	2
	Itá Central	4	21	5	12	50	7
	Itaugua	8	24	4	34	43	9
	J. Augusto Saldívar	3	14	2	10	32	2
	Lambaré	63	5	3	147	13	3
	Limpio	10	33	4	33	71	5
	Luque	77	50	8	219	78	16
	Mariano	20	17	3	47	42	5
	Nemby	20	21	6	54	48	5
	San Antonio	5	12	3	14	29	5
	San Lorenzo	97	43	10	242	86	17
	Villa Elisa	21	8	4	55	19	4
	Villeta Central	3	7	1	7	16	3
	Ypacarai	3	5	2	7	13	2
	Ypané	2	9	3	5	23	4
Paraguari							
	Paraguari	2	7	1	3	10	1
	Pirayú	0	6	1	1	8	1
	Yaguarón	1	7	4	2	11	3
Acuífero Patiño		748	383	102	1.574	782	135

Cuadro 38: Acuífero Patiño – Basura Total Generada (T/día)

URBANO		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Paraguay							
Asunción	Asunción	302	21	21	416	23	23
Central							
	Aregua	2	2	1	5	5	1
	Capiatá	38	49	10	101	112	11
	Fernando de la Mora	64	3	1	148	6	2
	Guarambaré	1	2	0	4	5	1
	Itá Central	3	5	2	9	12	2
	Itaugua	8	18	3	34	43	9
	J. Augusto Saldívar	1	1	0	2	2	0
	Lambaré	63	5	3	147	13	3
	Limpio	10	33	4	33	71	5
	Luque	77	43	8	219	78	16
	Mariano	20	17	3	47	42	5
	Nemby	20	21	6	54	48	5
	San Antonio	5	12	3	14	29	5
	San Lorenzo	97	43	10	242	86	17
	Villa Elisa	21	8	4	55	19	4
	Villeta Central	2	2	1	6	5	1
	Ypacarai	2	2	1	5	5	1
	Ypané	1	2	1	2	5	0
Paraguari							
	Paraguari	1	2	0	2	3	0
	Pirayú	0	1	0	1	2	0
	Yaguarón	1	2	1	2	2	0
Acuífero Patiño		740	295	82	1.549	618	112

Cuadro 39: Acuífero Patiño – Basura Generada en el Área Urbana (T/día)

RURAL		2005			2035		
Departamento	Municipalidades	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS	LE RECORE CAMIÓN	QUEMA	OTROS
Paraguay							
Paraguay							
Asunción	Asunción	0	0	0	0	0	0
Central							
	Aregua	3	12	3	8	29	4
	Capiatá	0	0	0	0	0	0
	Fernando de la Mora	0	0	0	0	0	0
	Guarambaré	0	3	1	0	8	1
	Itá Central	1	15	3	2	38	5
	Itaugua	0	6	1	0	0	0
	J. Augusto Saldívar	2	13	2	8	30	2
	Lambaré	0	0	0	0	0	0
	Limpio	0	0	0	0	0	0
	Luque	0	7	1	0	0	0
	Mariano	0	0	0	0	0	0
	Nemby	0	0	0	0	0	0
	San Antonio	0	0	0	0	0	0
	San Lorenzo	0	0	0	0	0	0
	Villa Elisa	0	0	0	0	0	0
	Villeta Central	0	5	1	1	10	2
	Ypacarai	0	4	1	1	9	2
	Ypané	1	7	2	2	18	4
Paraguari							
	Paraguari	0	5	1	0	7	1
	Pirayú	0	4	1	0	6	1
	Yaguarón	0	6	3	1	9	2
Acuífero Patiño		8	88	20	25	164	23

Cuadro 40: Acuífero Patiño – Basura Generada en el Área Rural (T/día)

5. Conclusión

Las proyecciones efectuadas tienen como objetivo establecer escenarios para las simulaciones del modelo matemático y posibilitar prever los problemas que ocurrirán y permitir que se establezcan medidas de mitigación e instrumentos institucionales que lleven a garantizar la explotación segura del Acuífero Patiño.

En resumen, por las proyecciones efectuadas se prevé, con las premisas adoptadas, que la explotación actual del agua del acuífero para consumo humano pase de los actuales 300.000 metros cúbicos por día (3.500 l/s) para cerca de 950.000 m³/día (11.000 l/s) en el año de 2035. En paralelo la utilización de aguas superficiales evolucionará de los actuales 320.000 m³/día (3.700 l/s) para aproximadamente 560.000 m³/día (6.500 l/s).

En el total del área del Acuífero el volumen de efluentes domésticos generados pasará de los actuales 5.600 l/s (1.340 l/s por red pública) para cerca de 11.500 l/s en 2035, siendo 3.600 l/s por red pública y el restante por fosas. Estas estimativas generarán una carga orgánica potencial en el fin de plan (2035) de cerca de 230 T DBO/día, 70 T DBO/día provenientes de la red y 160 provenientes de otros medios de disposición en el suelo. Las cargas potenciales de Nitrógeno Totales en 2035 serán de 43 T NT/día, de los cuales 13,5 T NT/día de la red de alcantarillado e 29,5 T NT/día de otras formas de disposición. Además, se estima que las cargas potenciales de Fósforo Totales deberán llegar a aproximadamente 6,5 T PT/día, siendo 2,0 T PT/día provenientes de la red pública de alcantarillado.

En cuanto a las basuras, se estima una evolución en el área del Acuífero de una generación de los actuales 1.233 T/día de basura doméstica (748 T/día recogida por camión o carrito, 383 T/día quemada y 102 T/día por otras formas de disposición) para cerca de 2.500 T/día en el año de 2035, siendo 1.580 T/día de basura recogida por camión, 780 T/día quemada y 140 T/día por otras formas).

A estos valores deberán ser agregadas las demandas y cargas de contaminación de las industrias en el área del Acuífero para que se estime las consecuencias y se definan las medidas mitigadoras o restrictivas para el Plan de Gestión.

II. Diagnóstico de la Situación Legal e Institucional Del Agua

1. Instituciones Relacionadas a los Recursos Hídricos

En la República del Paraguay existen varias instituciones relacionadas a los recursos hídricos, algunas realizan sus tareas en ámbito oficial mientras que otras la operan en el ámbito no gubernamental.

Instituciones Gubernamentales Componentes del Sector de los Recursos Hídricos

Dentro del ámbito oficial existen más de 15 instituciones relacionadas directamente con el recurso agua en el Paraguay, algunos en forma autárquica y otras en relación de dependencia directa de algún Ministerio:

Secretaría del Ambiente – SEAM

Tiene por objetivo la formulación, coordinación, ejecución y fiscalización de la política ambiental nacional. Con relación a los recursos hídricos con la ley 1561/00 se establece la estructura de la **Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos - DGPCRH**, como la máxima instancia que debe delinear la política nacional del sector hídrico en el país. En lo institucional, el país se encuentra en uno de los momentos más estratégicos para el abordaje del tema ambiental. La creación de la SEAM marcó un hito sin precedentes y abrió numerosas oportunidades que no pueden ser desaprovechadas. Se hace énfasis en el fortalecimiento de las instituciones nacionales y locales que intervienen en el cuidado y manejo directo de los recursos naturales practicando la descentralización de los temas ambientales, a través de los Municipios y las Gobernaciones, fortaleciendo sus capacidades técnicas con la transferencia de tecnología sobre los diferentes temas para la protección de los recursos naturales y de la diversidad biológica, tanto en lo que se refiere a infraestructura, capacitación de sus recursos humanos y mejoramiento de su capacidad de gestión.

Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social – MSPBS

Desarrolla varios programas sanitarios, incluyendo servicios públicos generales, salud pública, saneamiento ambiental, erradicación de vectores, ciencia y tecnología. Es la autoridad del Código Sanitario.

Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental – SENASA

Es un organismo técnico del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. Sus principales funciones son: la planificación, ejecución y supervisión de las actividades de saneamiento ambiental, relacionadas con la provisión de agua potable y saneamiento ambiental en zonas rurales y en poblaciones que tengan un número igual o menor a 10.000 habitantes sean estas urbanas o rurales.

Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA

De reciente creación es un organismo técnico del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social y cuyas tareas son la disposición de residuos hospitalarios, higiene y seguridad ocupacional, monitoreo ambiental.

Ente Regulador de Servicios Sanitarios del Paraguay (ERSSAN)

Es una entidad autárquica con personería jurídica, dependiente del Poder Ejecutivo, establece entre sus facultades y obligaciones regular la prestación del servicio, supervisar el nivel de calidad y de eficiencia del servicio, proteger los intereses de la

comunidad y de los usuarios, controlar y verificar la correcta aplicación de las disposiciones vigentes en lo que corresponda a su competencia. Es la autoridad de aplicación de la Ley 1615/00 del marco regulatorio y tarifario de los servicios de agua potable y alcantarillado.

Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay – ESSAP

Es una sociedad anónima instaurada a partir de una institución estatal. Tiene varios objetivos a saber:

- La provisión de servicios de agua potable para ciudades con población mayor a 10.000 habitantes, incluyendo la captación y tratamiento de agua cruda, almacenamiento, transporte, conducción, distribución y comercialización de agua potable.
- La disposición de los residuos de tratamiento.
- La provisión de servicios de alcantarillado, incluyendo su recolección y tratamiento.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC)

Dentro del ámbito del Ministerio de Obras públicas y comunicaciones e encuentran las siguientes instituciones

Dirección de Recursos Minerales (Vice Ministerio de Minas y Energía).

A través de su Departamento de Recursos Hídricos realiza el acopio de informaciones relacionadas con los recursos hídricos, apoyando – con la información procesada - a otras entidades en diversos proyectos.

Centro Multiuso de Monitoreo Ambiental e Hidrológico (CMAAH)

Cuenta con una red de monitoreo automatizado, encargado del manejo y control de datos hidrológicos.

Administración Nacional de Navegación y Puertos

Esta encargada del monitoreo hidrológico, opera las redes de recursos hídricos superficiales y la navegación fluvial.

Administración Nacional de Electricidad – ANDE

Opera y administra aprovechamientos hidroeléctricos nacionales, además tiene redes de monitoreo hidrológico.

Comisión Acueducto

Se encarga de los estudios tendientes a dotar de agua a regiones del chaco, a través de acueductos u otras soluciones.

Ministerio de Defensa Nacional

Dentro del ámbito del Ministerio de Defensa Nacional desarrollan sus actividades las siguientes instituciones:

Dirección de Meteorología e Hidrología

Organismo dependiente de la DINAC (Dirección Nacional de Aviación Civil), responsable a nivel nacional del monitoreo atmosférico y climático, administra y opera redes meteorológicas.

Dirección de Medio Ambiente

Realiza tareas de acopio de informaciones relacionadas al medio ambiente, coordina actividades donde se necesite intervención de la Fuerzas Armadas en cuestiones del medio ambiente

Dirección de hidrografía (Armada Nacional)

Se encarga del monitoreo de los ríos nacionales e internacionales en la jurisdicción nacional.

Ministerio de Agricultura y Ganadería

Dentro del ámbito del Ministerio de Agricultura y Ganadería desarrollan sus actividades las siguientes instituciones:

Instituto Agronómico Nacional (IAN)

Opera redes de observación atmosférica con fines agro meteorológicos.

Dirección de Extensión Agraria (DEAG)

Posee estaciones de registro de lluvias.

Dirección de Riego

Planifica y ejecuta programas de riego a nivel nacional, utilizando como fuente pozos tubulares profundos, cuenta con el equipamiento necesario para la perforación de pozos en todo el territorio nacional.

Entidades Binacionales

Entidad Itaipu Binacional

Entidad conformada con la República Federativa del Brasil para el aprovechamiento del Río Paraná. Genera energía hidráulica, administra una red monitoreo hidrológico.

Entidad Binacional Yacyreta

Entidad conformada con la Republica argentina para el aprovechamiento integral el río Paraná, genera energía hidráulica, administra un red de monitoreo hidrológico

Los Municipios

Sus funciones son las de aprovisionamiento de agua y alcantarillado sanitario en los casos en que estos servicios no fueren prestados por otros organismos públicos, y el establecimiento de un régimen local de servidumbre y de delimitación de riberas de ríos, lagos y arroyos, conforme a lo establecido en el Código Civil y a la propia Ley Orgánica Municipal N° 1294/87.

Las Gobernaciones

Fueron creadas con la Constitución Nacional. Están en proceso de organización institucional con la creación de Secretarías de Medio Ambiente. Algunas de las Gobernaciones coordinan y apoyan económicamente la perforación de pozos e instalación de sistemas de agua potable en compañías o barrios. En el sector de disposición de efluentes coordinan con las Instituciones responsables del control de la contaminación ambiental las acciones de monitoreo y control.

Dirección de Recursos Hídricos de Boquerón

Es un organismo dependiente de la Gobernación de Boquerón, en el Chaco Paraguayo, realiza trabajos de investigación y perforación de pozos para abastecimiento de la población.

Organizaciones no gubernamentales

Las entidades que operan en el ámbito no gubernamental son varias y diversas en su conformación, son personas o organizaciones que se aglutinan detrás de un objetivo común, la gestión de cuencas, la provisión de agua potable, la preocupación mutua sobre el tema de los recursos hídricos, en tal sentido el ámbito no gubernamental del sector hídrico está integrado de los siguientes grupos de entidades.

Organismos de cuenca

Se puede destacar que las organizaciones existentes al nivel de cuencas y micro cuencas son incipientes, sin embargo se pueden mencionar algunas como ser:

Cuenca Nacional del Río Pilcomayo

Que conforma con la Argentina, la Comisión Binacional y con Bolivia, la Trinacional del Río Pilcomayo.

Cuencas de los Arroyos Rory y Rory-mi (La Colmena)

Son administradas a través de una autoridad conformada por los usuarios de la cuenca. Esta misma autoridad administra desde las cuencas altas, las tomas de agua, represas, cantidad y uso tanto del agua potable como del uso para riego. Esta organización (japonesa – paraguaya) es una excepción, dado que, si bien está relacionada con la comunidad y el gobierno local, no lo está con el gobierno departamental, ni del gobierno central. Sin embargo, es una muestra real, de una administración eficiente para su desarrollo socio-económico.

Organización de productores de arroz (Misiones)

Son organizaciones creadas a fin de aprovechar los recursos hídricos para la irrigación de rubros agrícolas con alta demanda de agua.

Juntas Vecinales de Conservación de Recursos Naturales:

Son organismos civiles (con personería jurídica), conformados en el Proyecto Administración de Recursos Naturales de la Zona Alto Paraná-Itapúa Norte. Se organizan por micro cuencas con la intención de planificar conjuntamente las prácticas de manejo y administrar los recursos financieros destinados al proyecto.

Juntas y Comisiones de Saneamiento, Comisiones Vecinales

Las Juntas y Comisiones de Saneamiento, así como la Comisiones Vecinales pro agua corriente, son organizaciones comunitarias cuyo objetivo es el acceso al agua potable y el saneamiento, las dos primeras son consideradas como modelos exitosos para comunidades urbanas menores y rurales que sin la presencia del subsidio, no podrían acceder al derecho de todo habitante de consumir agua potable. Las Juntas de Saneamiento son un modelo muy utilizado por el Paraguay para la zona rural y que ha sido muy exitoso y galardonado en el ámbito internacional. Con los fondos actuales con que está trabajando de préstamos provenientes del Banco Mundial, BIRF IV, unos US\$ 40 millones se espera concluir 255 sistemas de agua y con fondos del BID unos US\$ 15 millones, unos 100 sistemas. Esto incrementara el número de nuevas Juntas de Saneamiento a 400 adicionales a las que ya existen. Lo interesante de este modelo de gestión es que las comunidades reciben los sistemas y son administrados a través las Juntas de Saneamiento – cuyos directivos son electos en asamblea de usuarios, poniendo bajo su responsabilidad la operación y mantenimiento de los Sistemas. Lo anterior estaría concluyendo con los fondos actuales alrededor del año 2007.

El SENASA considera apropiado que haya una Política de Estado sobre el Sector. La política del Sector Rural actualmente mantiene subsidios entre 30 y 40 % a los acueductos de las comunidades y en algunos casos puede oscilar entre 60 y 80%. La diferencia entre ESSAP y SENASA es que ESSAP administra sus sistemas y SENASA los entrega a la comunidad para su administración.

Otras organizaciones

Cámara Paraguaya del Agua - CAPA

Aglutina a los prestadores de servicios que suministran el agua a través de aguaterías contando con pozos tubulares profundos y redes de cañerías propios. Los precios del agua son fijados por los mismos propietarios y regulados por ERSSAN. Estos sistemas privados constituyen una importante participación del capital privado en agua potable. Actualmente están registrados en el ERSSAN aproximadamente 1400 aguaterías privadas que operan en diferentes municipios del país.

Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos (APRH)

Es una organización de profesionales multidisciplinarios del sector de los recursos hídricos.

Sociedad Paraguaya de Aguas Subterráneas

Es una organización de profesionales multidisciplinarios del sector de los recursos hídricos subterráneos

Unidades Académicas de Universitarias

Existen unidades académicas y laboratorios que llevan a cabo investigaciones en diversos aspectos de los recursos hídricos, además de servicios de laboratorios de calidad de agua.

Corporación Agua Para el Chaco

Recientemente creada, es un modelo de participación público-privado orientado a la gestión integrada de los recursos hídricos del Chaco.

PHI – UNESCO

El Comité Nacional del Programa Hidrológico Internacional del Programa de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (Unesco) tiene por objetivo desarrollar, a nivel país, los distintos programas internacionales de cooperación técnica y financiera, para impulsar acciones de conservación y protección de los recursos hídricos.

En el país existen numerosas organizaciones que trabajan en el área de recursos hídricos como ser: Alter Vida, Fundación AVINA, Fundación Moisés Bertoni, Fundación Vida Silvestre, Sobrevivencia entre otros.

2. Marco Legal del Agua

El análisis del panorama legal nacional de la República del Paraguay revela la inexistencia de una ley específica que regule los recursos hídricos. Los ordenamientos jurídicos relacionados a los recursos hídricos que existen son poco eficientes, siendo común las superposiciones de roles y la falta de claridad en la delimitación de competencias y atribuciones.

Existe la necesidad de definir e implementar el marco jurídico e institucional para la gestión integrada de los recursos hídricos. Existen estudios profundos sobre este tema y hay una Comisión de Recursos Hídricos del Consejo Nacional de Medio Ambiente que avanza hacia la solución para, a mediano plazo, establecer una política nacional y definir la estrategia para efectivizar la gestión integrada del agua. Este estudio incluyó la preparación de un proyecto de “Ley de Aguas” que considera la cuenca hidrográfica como unidad de planeamiento para la gestión del uso sostenible del agua. La ley se encuentra en el Parlamento hasta la fecha sin que haya un despacho favorable.

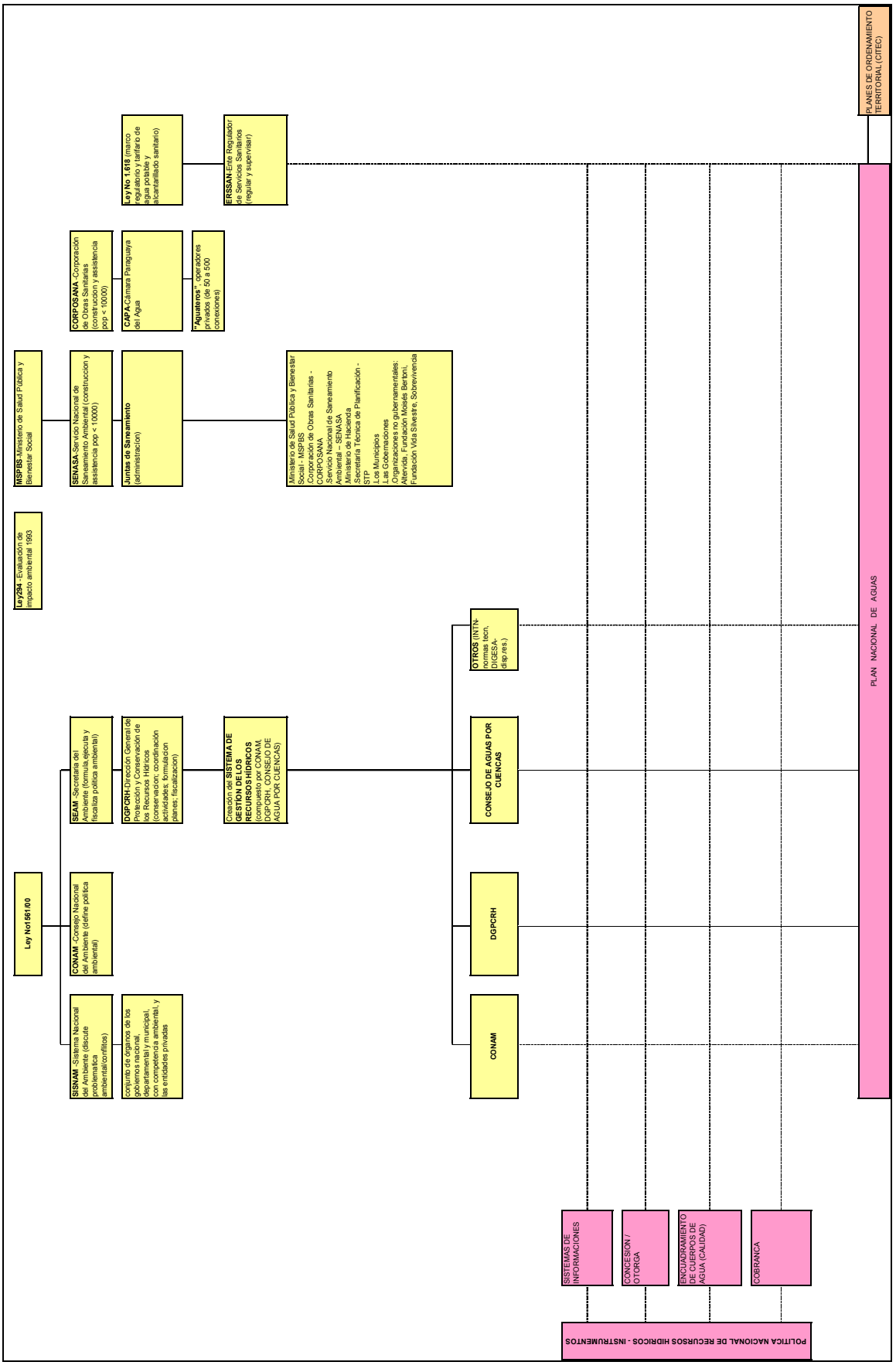
El Paraguay no tiene ninguna institución ni Ley que regule la explotación de acuíferos. La explotación de agua subterránea es realizada sin ningún control. Las instituciones como SENASA y SEAM no tienen el marco jurídico adecuado para implementar medidas apropiadas para el control, regulación o protección de los acuíferos. La SEAM, creada por la Ley No. 1561 en julio de 2000 con la misión de formulación, coordinación, ejecución y fiscalización de la política ambiental nacional, tiene entre sus unidades a la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos. Dicha Dirección tiene responsabilidad sobre las políticas de mantenimiento y conservación de recursos hídricos, incluyendo la capacidad de recarga de los acuíferos, pero no ha recibido en forma expresa la autoridad para el otorgamiento del recurso.

Respecto a la dominialidad del agua, la Constitución Nacional, considera que los recursos hídricos (minerales líquidos) son del dominio de Estado (artículo 112, Sección I, Capítulo IX), la ley 2.559/05, modifica el inciso B) del artículo 1.898 de la ley N° 1.185/85 “CODIGO CIVIL”, recuperando la dominialidad del Estado sobre las aguas subterráneas.

Si bien es cierto que existe el consenso sobre el manejo de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, aun falta la política nacional del agua, en la cual se sustente la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y que a su vez delimite las acciones que protejan y conserven el recurso agua en el marco de la descentralización y del desarrollo sostenible. Salvo la Cuenca del Pilcomayo y el inicio de la conformación del organismo de cuenca del Lago Ypacaraí en la República existe incipientes tareas de conformación de organización a nivel de Cuencas Hídricas Internas.

La Figura 1 incluye parte de la estructura institucional que relacionado con la gestión de los recursos hídricos.

PLAN DE REGULACIÓN



La promulgación de la Ley N° 1.561 en el año 2000, “Que crea el Sistema Nacional del Ambiente (SISNAM), el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) y la Secretaría del Ambiente (SEAM)”, representó la más reciente innovación en materia de gestión de los recursos hídricos en Paraguay, creando la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos.

Cabe destacar que en la actualidad se intenta, a través de la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos (DGPCRH) de la SEAM, autoridad encargada de formular, coordinar y evaluar políticas de mantenimiento y conservación de los recursos hídricos creada por Ley 1561/00, un ordenamiento del sector hídrico que permita orientar las acciones hacia el manejo integral del mismo, teniendo como unidad de gestión y desarrollo a las cuencas hidrográficas.

La DGPCRH deberá ser responsable por el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos, que estará compuesto por: (1) el CONAM, órgano deliberativo y consultivo, a través de la Comisión de Recursos Hídricos; (2) el DGPCRH, órgano ejecutivo y coordinador interinstitucional Central, encargada de la Política de gestión de los Recursos Hídricos Ley 1561/00 Art. 25 y; (3) CONSEJO DE AGUA POR CUENCAS, órganos sectoriales, municipales y de los gobiernos departamentales, conformados con los grande usuarios de agua en un área delimitadas por cuencas hídricas.

No existe un eficiente control y fiscalización debido a las limitaciones presupuestarias en la autoridad de aplicación Secretaría del Ambiente (SEAM). Varias instituciones públicas cuentan con laboratorios para el monitoreo, pero dicha actividad no está coordinada en la actualidad.

La Ley N° 294/93 “De Evaluación de Impacto Ambiental” y su decreto reglamentario, instrumentos elaborados con el objetivo de mitigar los impactos ambientales originados por las acciones antrópicas, en la práctica y en lo referente a los recursos hídricos, particularmente las aguas superficiales, no se ha constituido tampoco en un instrumento verificablemente adecuado para inducir a una correcta gestión del agua.

Con referencia específica a las aguas superficiales, uno de los antecedentes jurídicos existentes en el país, de mayor relevancia, es la Resolución N° 585. del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social (MSPBS), que establecía unas categorías de uso de las mismas y designaba al SENASA (Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental) como autoridad de aplicación de dicha norma.

SENASA es un organismo técnico del MSPBS creado por la Ley 369 de 1972. Las funciones de SENASA son la planificación, promoción y supervisión de los programas de saneamiento ambiental, que incluyen los servicios de agua potable y saneamiento. No obstante, SENASA no presta directamente el servicio, sino que promueve la prestación del mismo a través de las Juntas de Saneamiento (JS), que son entidades que se rigen por el derecho privado, cuyos miembros son elegidos por la propia comunidad. Por esta razón se desarrolló en SENASA la capacidad de exploración de acuíferos y se formó un grupo de técnicos especializados en aguas subterráneas. El acuífero Patiño ha sido aprovechado por SENASA para el suministro de agua a comunidades cerca de Asunción y hoy esta siendo considerado como manantial para la propia ciudad de Asunción a través de la Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay SA (ESSAPSA) (anteriormente llamada CORPOSANA), por los aguateros, industrias y pequeñas empresas que utilizan el acuífero como manantial.

En lo referente a la concesión de aguas en el Paraguay la misma cae bajo la jurisdicción del Ente Regulador de los Servicios Sanitarios del Paraguay (ERSSAN) para la provisión de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario. Mientras que para el uso agrícola (riego) hace lo propio la Secretaría del Ambiente (SEAM). La misma implementó la Resolución 553/03 con la finalidad de catastrar a los usuarios

del agua a nivel nacional de una manera ordenada. Los otros usos (Industria, hidroenergía) del agua no cuentan con un Ente Regulador.

Cabe destacar que, en el marco de un programa de ordenamiento territorial del Paraguay en función de las Cuencas y Regiones Hidrográficas desarrollado por el Centro de Innovación Tecnológica – CITEC – de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, se propone formular un plan de reordenamiento físico nacional, aprovechando fortalezas y oportunidades que mejore el manejo de regiones con características socio económicas comunes, recursos naturales, y el aprovechamiento de los cursos de agua con el criterio de Cuencas Hidrográficas.

3. Proceso de Revisión del Marco Legal del Agua

En Paraguay, desde el 2002 se han iniciado procesos de diálogos en Gobernabilidad del Agua así como los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos a nivel de los Gobiernos Locales. Este proceso ha sido propiciado por la Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos – APRH - en alianza con instituciones del sector público y privado.

También se identifica a la Secretaría del Ambiente, responsable constitucional de formulación Política Ambiental Nacional como el nexo adecuado para propiciar un debate y construcción de la política del agua como parte de la política ambiental.

Un aspecto clave para el proceso es la instancia actual en el parlamento de un anteproyecto de Ley de Aguas con tratamiento de código, el cual actualmente se debate en la Cámara de Senadores, este anteproyecto, a instancia de la Vice presidencia fue sometido a un proceso de debate público en el 2004.

En ese contexto el programa se centra en actividades que contribuyan a establecer las condiciones adecuadas para:

- Establecer una plataforma de Debate o Foro y construcción de los elementos claves para un Plan Nacional del Agua.
- Acordar un nivel de dialogo adecuado entre los diferentes actores del gobierno, sociedad civil, ONGS, sector académico y usuarios del agua, a través de una Red de Trabajo, a ser instalado dentro del proceso.
- Facilitar mecanismos de difusión de la información generada en el proceso promoviendo el acceso público al debate

Se carece actualmente de legislación o reglamentación que regule o controle a los potenciales usos del suelo que puedan causar contaminación de las aguas subterráneas como superficiales. Actualmente se discute algunos Anteproyectos de Ley y Códigos de Agua, que de alguna manera tienen el manejo del agua como sus objetivos específicos.

La Vice-Presidencia de la República y la SEAM se encuentran liderando el proceso de análisis de las diversas propuestas de Ley de Agua, generando acciones estratégicas que deberían contemplar la Ley o Código de Aguas. Algunas de estas acciones son:

- Vinculación con los Tratados Internacionales firmados y ratificados por el país.
- Estar enmarcado en una Política Nacional de RH que oriente la Planificación, al uso, la fiscalización y la protección del recurso.

- Formulación clara y precisa del objeto de la misma y las definiciones para la interpretación clara de los términos y artículos que se planteen en la ley.
- Ordenamiento de las competencias, es decir ordenar lo presentado en estos cuatro proyectos.
- El dominio de las aguas debe ser de naturaleza pública.
- Gestión del agua por cuenca hidrográfica como unidad básica de gestión.
- Debe ser compatible con otros proyectos de Ley relacionados.
- Contemplar la evaluación del impacto ambiental en la utilización de los recursos y la protección necesaria para su uso sostenible.
- Debe contemplar el pago por el uso del agua e incluir el principio de contaminador pagador. El uso prevalente del agua debe ser la destinada a consumo humano.
- Insistir y promover la prevención de la contaminación estableciendo sanciones claras.
- Establecer un registro de fuentes de catastro y un sistema impositivo.
- Esquema regulador para el manejo de recursos subterráneos.
- Las instituciones plantean que se organice el sector de modo a no crear nuevas instituciones, sino fortalecer las existentes con una definición clara de sus facultades para el manejo integral de cuencas, eliminando las superposiciones. Identificando el Ente Rector, el Ente Regulador, Instituciones operadoras, usuarios. Crear Comisiones de Cuencas y subcuencas, prever e incluir oficinas regionales usuarias del agua.
- Prever mecanismos que permitan participación privada en Inversiones.
- Tiene que ser vinculantes con otras leyes.
- Se tiene que prever el reconocimiento del valor económico y social de los recursos hídricos.
- Reconocimiento del valor ambiental de los bosques sobre el recurso hídrico.
- Debe contener las sanciones a y los procedimientos administrativos de aplicación ante infracciones cometidas.
- Debe tener carácter preventivo antes que acusativo.

4. Lista de Acciones sobre el Marco Institucional y Legal

- Uniformizar la información registrada en las diferentes instituciones.
- Construir la Ley de agua en base a un dialogo participativo.
- Definir los roles institucionales y fortalecer la gestión integrada de los recursos hídricos.
- Fortalecer la descentralización de las cuestiones ambientales a través del manejo por cuencas.
- Diseñar en forma conjunta el marco institucional con el legal
- Revisar las leyes que interfieren entre las autoridades de aplicación
- Diseñar un sistema de información del agua abierto al publico
- Integrar todas las mediciones Hidrométricas e Hidrometeorológicas disponibles en el país en un solo sistema con libre acceso.
- Mejorar las mediciones hidrológicas en las subcuencas afluentes a los ríos Paraguay y Paraná.
- Uniformizar los lenguajes de los equipos de lectura utilizadas en las diferentes instituciones que realizan mediciones hidrometeorológicas e hidrométricas.
- Fortalecer las instituciones educacionales que se dedican a la investigación de los recursos hídricos.
- Promover la participación publica descentralizada, para la protección y conservación de los recursos hídricos
- Establecer programas de educación y concienciación de la necesidad de preservar los recursos hídricos.
- Aplicar los principios de la gestión integrada de los recursos hídricos.
- Actualizar las normativas de calidad de agua.
- Ampliar y sistematizar el conocimiento sobre los recursos hídricos y su potencial de aprovechamiento.
- Trazar planes de desarrollo sostenible con aprovechamiento múltiple de los recursos hídricos en base a las cuencas.
- Debe entenderse que el recurso agua es amplio, transversal, y tiene un valor económico y social y su uso debe servir para paliar la pobreza.
- Implementar subsidios para la descontaminación de los recursos hídricos

La Ley de Aguas deberá incluir la Política Nacional de Recursos Hídricos y sus instrumentos: (1) pago por el uso del agua (e incluir el principio de contaminador pagador); (2) sistema de informaciones; (3) normativas de calidad de agua; (4) otorga de uso de aguas.

La interacción de las instituciones del Sistema de Recursos Hídricos (CONAM, DGPCRH, Consejo de Aguas por Cuenca, y otros) con los instrumentos de la Política Nacional de Recursos Hídricos deberá posiblemente un Plano Nacional de Aguas. El Plan de Gestión del Acuífero Patiño que se propone, estará vinculado al Plan Nacional de Aguas.

III. Plan de Gestión

1. Introducción

El Plan de Gestión debe ser un instrumento de planeamiento, basado en fundamentos científicos, tecnológicos y legales, buscando promover las condiciones esenciales para el uso sostenible de los recursos hídricos, particularmente el agua subterránea del acuífero Patiño, recurso estratégico del desarrollo de la Región Metropolitana de Asunción, pero progresivamente escaso debido a su degradación cuantitativa y cualitativa.

Los principios básicos que deberán guiar la planificación del manejo del agua subterránea en el área del proyecto: (i) la adopción del acuífero Patiño como unidad de gestión; (ii) la interdependencia entre el acuífero y las aguas superficiales y meteóricas; (iii) el reconocimiento del agua subterránea como un recurso renovable pero finito y vulnerable a la degradación; (iv) la gestión integrada y participativa; (v) la adopción de los sistemas de subcuencas hidrográficas sobreyacentes al acuífero como las unidades de planeamiento diferenciado; (vi) la urgente necesidad de ordenamiento de la explotación del agua subterránea; (vii) el reconocimiento del valor económico del agua; (viii) la actual situación socio-económica adversa del país y, particularmente, de muchos de los usuarios del agua y de la mayoría de la población que vive en el área del proyecto.

El diseño y las articulaciones en la propuesta del Plan de Gestión considera al SENASA y la SEAM como los órganos competentes en la matriz institucional actual para desempeño de las atribuciones iniciales del Ente Gestor del agua en el área del proyecto.

La Secretaria del Ambiente a través de la Dirección General de Protección y Conservación ha iniciado un proceso de conciliación entre las diferentes instituciones públicas, para delinear una visión para la Política del Agua en el Paraguay (Proyecto de Ley de aguas).

El Plan prevé incluir dos importantes actividades: (i) Elaboración del plan de gestión de los recursos hídricos, con énfasis para el uso sostenible y protección del acuífero Patiño; y (ii) Estructuración legal e institucional para la sostenibilidad de la política de manejo de los recursos hídricos propuesta en el plan de gestión y los posibles escenarios, además de la organización de la movilización social, sobretodo de los mayores usuarios del agua, para participación en el sistema de gerenciamiento integrado del acuífero Patiño.

La estructuración incluye creación del **Consejo del Acuífero Patiño**. El Consejo sería Integrante del Sistema Nacional de Recursos Hídricos y vinculado al Consejo Nacional de Recursos Hídricos. Los objetivos del **Consejo** serían:

- promover la integración de la gestión de los recursos hídricos con la ambiental
- promover el desarrollo sustentable.
- promover el debate de los asuntos relacionados a recursos hídricos y articular la actuación de las entidades participantes
- arbitrar conflictos relacionados a los recursos hídricos
- aprobar el Plan de Recursos Hídricos respetando las directrices del Consejo y del Plan Nacional de Recursos Hídricos, compatibilizando, de forma articulada e integrada, los Planes de Recursos Hídricos de las Cuencas Hidrográficas del área del acuífero;
- acompañar la ejecución de los Planes de Recursos Hídricos de Cuencas

- establecer los mecanismos de cobranza
- promover la creación de la Comité Técnica
- apoyar iniciativas en educación ambiental

El **Consejo** probablemente deberá estar conformado por:

- Representantes del Poder Ejecutivo, a través de la Secretaria del Ambiente, y representación de las Gobernaciones que afecta el acuífero.
- Representantes del Congreso Nacional en el área de competencia ambiental.
- Representantes de los Municipios involucrados.
- Representantes de entidades de la sociedad civil relacionados con recursos hídricos, que incluyen: Cámara Paraguaya de Agua; Unidades académicas de universidades;; Sector privado; APRH; ONGs; Juntas de Saneamiento; Aguateros; Industrias; Frigoríficos; Sociedad Paraguaya de Aguas Subterráneas; ESSAP S.A.; Sociedad Civil.
- Cooperativas Representantes de los diferentes sectores de grande usuarios, de los recursos hídricos.

El Consejo tendrá como área de jurisdicción la totalidad de la Cuenca Acuífera identificada en el área de influencia.

La estructura organizacional deberá incluir Presidente, Vicepresidente y Secretario.

El presidente representa al Consejo y tendrá las siguientes atribuciones:

- a) convocar y presidir las reuniones del Consejo,
- b) ejercer la representación del Consejo,
- c) suscribir los documentos del Consejo, y
- d) decidir en caso de paridad en las votaciones.

El Vicepresidente ejercerá las mismas funciones y tendrá las mismas atribuciones del Presidente, en caso de ausencia o impedimento temporal de este.

El Secretario tendrá las siguientes atribuciones:

- a) redactar las actas de las reuniones del Consejo,
- b) redactar y refrendar las notas y documentos resueltos por el Consejo, y
- c) llevar los registros, y archivos del Consejo.

Los programas, proyectos y planes del Acuífero Patiño, serán sometidos a consideración del Consejo, que decidirá en cada caso, mediante resolución, para su cumplimiento obligatorio conforme a las disposiciones legales vigentes.

2. Establecimiento del Consejo de Gestión

En febrero de 2006 la SEAM a través de la Resolución 170/06 aprobó la reglamentación del Consejo de Agua por Cuencas Hídricas, la cual en su Art. 5 reglamenta el área de jurisdicción de las mismas que en forma textual dice:

Art. 5º. EL CONSEJO DE AGUAS POR CUENCAS, tendrá como área de jurisdicción

- 5.1 La Cuenca Hidrográfica determinada
- 5.2 Sub-cuencas hidrográficas de tributarios del curso de agua principal, de la cuenca y de otros tributarios de esta tributaria
- 5.3 La totalidad de las Cuencas Acuíferas identificadas en el área de influencia de la Cuenca Hidrográfica determinada
- 5.4 Grupos de cuencas o sub-cuencas contiguas, a través de representaciones.

En este contexto a partir del año de 2006 se están realizando reuniones para la conformación del Consejo de Cuenca del lago Ypacarai en cuya cuenca se encuentra parte significativa de la cuenca acuífera del Acuífero Patiño, por lo que teniendo en cuenta la reglamentación, dichas aguas estarán en la jurisdicción del Consejo de referencia.

En este Consejo se encuentran representados la gran mayoría de los actores que estarían involucrados dentro del Consejo de Gestión del Acuífero por lo cual el mismo podrá llevar a cabo también el Plan de Gestión del Acuífero incorporando en el Consejo a los actores faltantes.

En razón de reuniones que hubieron en SENASA con representantes de organismos públicos, asociaciones de usuarios, empresas privadas y ONGs, además de las nuevas resoluciones sobre el uso de los recursos hídricos distadas por la SEAM y de la evolución de la Ley de Aguas en el Congreso y su influencia en el Plan de Gestión del Acuífero, se planteó proponer al Consejo de la Cuenca del Lago Ypacarai la incorporación de los nuevos actores dentro del Consejo y ampliar el nombre del Consejo al de Consejo de la Cuenca del Lago Ypacarai y del Acuífero Patiño, teniendo en cuenta la importancia del acuífero en el aporte de agua a la cuenca del Lago y por ende al propio Lago Ypacarai.

Además, en la propuesta se sugiere la formación de un Comité Técnico dentro del Consejo el cual tendrá a su cargo el Plan de Gestión del acuífero, como un grupo impulsor de Gestión del Acuífero Patiño.

Esta propuesta fue llevada al Consejo del Lago y aprobado en 25 de agosto de 2006 el Estatuto de constitución del Consejo de la Cuenca del Lago Ypacarai, incorporando en el mismo a todos los Distritos que comprende el área del Acuífero Patiño, incluso los que no pertenecen a la cuenca misma. A posteriori, en el seno de dicho Consejo, SENASA, SEAM y ERSSAM deben proponer la constitución de un Comité Técnico del Acuífero Patiño.

3. El Balance Hídrico Cuantitativo del Acuífero Patiño

El conocimiento del Balance Hídrico cuantitativo del Acuífero Patiño es de suma importancia para su planeamiento y gestión. Las conclusiones del estudio “Investigación para la elaboración del Balance Hídrico Integrado del Acuífero Patiño”, encomendada por el Consorcio CKC –JNS, al Lic. Met. Julián Báez Benítez e Ing. Roger Monte Domecq, indican una **sobreexplotación incipiente** en área del Patiño.

El Balance Hídrico Integrado elaborado para el año 2005 indica una sobreexplotación de 73.200.000 de m³ en el Acuífero.

Item	Variables del Balance	Año 2005
Entradas		
1	Precipitación (P)	1624
2	Importación de Cuencas Ext. (Im)	105.6
3	Retornos (Cons. H, I, A) (R)	93.6
4	Retorno de ANC (R1)	37.1
5	Bombeos (B)	126.0
Salidas		
6	Evapotranspiración Real	1265
7	Escorrentía de caudal Base (Ess)	123
8	Escorrentía de lluvia (E _{ll})	211
9	Consumo Humano (Ch)	162.3
10	Consumo Industrial (Ci)	10
11	Consumo Agrícola (Ca)	10
12	Infiltración de retorno (Ir)	9.3
13	Infiltración de ANC (Ir1)	18.5
14	Infiltración de lluvia (I)	148
ΔV (Variación del volumen superficial)		29.2
ΔS (Variación del volumen subterráneo)		-73.2

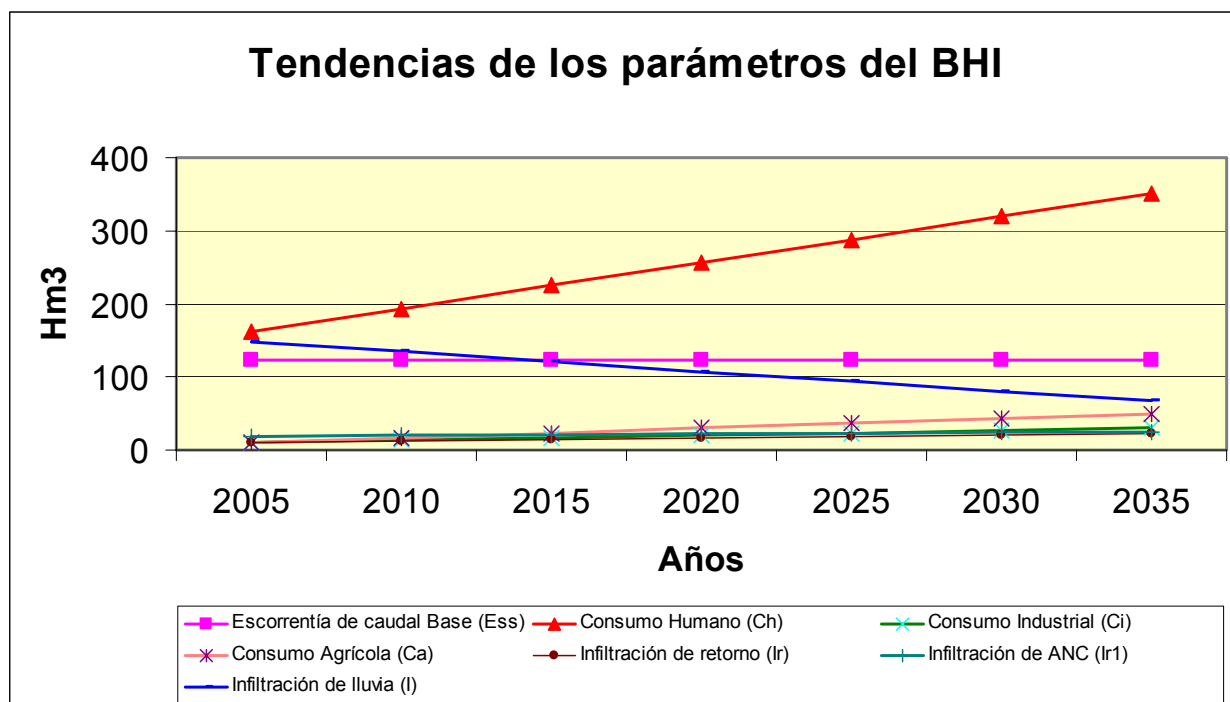
Cuadro 40: Balance Hídrico Integrado Año 2005

Como es citado en el estudio el valor $\Delta S = -73,2 \text{ Hm}^3$ equivale a un volumen de 73.200.000 de m³ que NO esta siendo reingresado en el mismo tiempo de la extracción del agua. Este volumen de agua representa el 80% de la extracción mensual de agua de ESSAP del río Paraguay.

Para el período de 2005 a 2035 las proyecciones indican un decrecimiento gradual en la reserva de agua subterránea, llegando a una sobreexplotación 305,1 Hm³ en el año 2035.

Item	Variables del Balance	Años						
		2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Entradas								
1	Precipitación (P)	1624	1624.0	1624.0	1624.0	1624.0	1624.0	1624.0
2	Importación de Cuencas Ext. (Im)	105.6	111.0	116.7	122.6	128.8	135.4	142.3
3	Retornos (Cons. H, I, A) (R)	93.6	101.2	122.2	143.1	164.0	185.0	219.5
4	Retorno de ANC (R1)	37.1	37.9	40.0	42.2	44.3	46.4	49.9
5	Bombes (B)	126.0	154.1	182.4	210.7	238.9	267.2	295.6
Salidas								
6	Evapotranspiración Real	1265	1265	1265	1265	1265	1265	1265
7	Escorrentía de caudal Base (Ess)	123	123	123	123	123	123	123
8	Escorrentía de lluvia (E _l)	211	224.7	238.2	251.7	265.3	278.8	292.3
9	Consumo Humano (Ch)	162.3	193.5	225.0	256.5	287.9	319.4	351.1
10	Consumo Industrial (Ci)	10	13.4	16.7	20.0	23.4	26.7	30
11	Consumo Agrícola (Ca)	10	16.6	23.3	30.0	36.6	43.3	50
12	Infiltración de retorno (Ir)	9.3	11.5	13.6	15.6	17.7	19.8	21.9
13	Infiltración de ANC (Ir1)	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.8	24.9
14	Infiltración de lluvia (I)	148	134.5	120.95	107.4	93.85	80.3	66.7
ΔV (Variación del volumen superficial)		29.2	26.5	39.0	51.6	64.6	78.0	106.4
ΔS (Variación del volumen subterráneo)		-73.2	-111.6	-150.3	-189.0	-227.7	-266.4	-305.1

Cuadro 41: Proyección del Balance Hídrico Integrado hasta el año 2035



Si tomamos en cuenta el área del acuífero la variación del volumen subterráneo corresponderá a una baja de cerca 60 metros en el nivel del agua hasta 2035. Esos valores indican claramente una necesidad de se establecer acciones con el objetivo de interferir en el curso de las proyecciones para que los riesgos apuntados en las estimativas no se tornen realidad.

4. Consideraciones de Carácter Cualitativo

El análisis anterior consideró solamente los aspectos cuantitativos de provisión de la demanda por agua del Acuífero Patiño ya que para contemplar el balance de aguas en sus aspectos cualitativos evidentemente se requiere mayor información a fin de caracterizar a la contaminación del agua y como valorizar esto en términos cuantitativos. Si entretanto se consideran las proyecciones de las cargas orgánicas potenciales calculadas en las proyecciones de demanda tanto por alcantarillado como por basura, los riesgos involucrados y las contaminaciones decurrentes llevarán a una anticipación del año en que la disponibilidad hídrica del Acuífero Patiño quedará agotada. La contaminación en si misma también se traduce en un consumo de agua, ya que si se vierte el efluente en un cauce superficial, se consume el oxígeno disuelto y el agua queda degradada o disminuida para otros usos. En el caso de la contaminación subterránea, aunque mas complejo de explicar, también el agua contaminada reduce las disponibilidades reales de reserva.

La contaminación de acuíferos ocurre si la carga contaminante sub-superficial generada por descargas y lixiviados antropogénicos (de actividades urbanas, industriales, agrícolas y mineras) no se controla adecuadamente y (en ciertos componentes) excede la capacidad natural de atenuación del terreno y los estratos subyacentes (Figura 1).

Los principios de la Ecohidrología (UNESCO) abordan la problemática de la capacidad que tienen los cuerpos receptores para recibir descargas contaminantes, señalando que existe un limite, pasando el mismo se tiene el no retorno a la restitución de un cuerpo de agua a sus condiciones naturales.

Figura 1: Usos del suelo que normalmente generan amenazas de contaminación del agua subterránea



Fuente: Gestión Sustentable del Agua Subterránea - publicación del Banco Mundial - Grupo GW-MATE - 2006

Los perfiles naturales del subsuelo activamente degradan múltiples contaminantes del agua y, por mucho tiempo, han sido considerados potencialmente efectivos para realizar un depósito final ('disposal') seguro de excretas humanas y aguas residuales de origen doméstico. La autoeliminación de contaminantes durante el transporte sub-superficial en la zona no saturada del subsuelo es el resultado de su degradación biológica y de diversas reacciones químicas, pero también se debe al retraso en el transporte del contaminante (ocasionado por su absorción en la superficie de arcillas minerales y/o de materia orgánica), ya que aumenta en gran medida el tiempo disponible para que los otros procesos mencionados eliminen los contaminantes.

Sin embargo, no todos los perfiles del subsuelo y de los estratos subyacentes son igualmente eficaces en la remoción de contaminantes. Preocupa en especial la posibilidad de contaminar los llamados acuíferos freáticos (no confinados), especialmente cuando la zona no saturada es poco profunda y los niveles del agua son someros, así como el caso de acuíferos semi-confinados, si ellos son relativamente delgados y permeables.

A lo largo de la llanura de inundación del Río Paraguay (y hacia el oeste en dirección del Chaco), el Acuífero Patiño contiene agua salobre a niveles relativamente someros, que se pueden extender a mayor profundidad debajo del Gran Asunción. Si los pozos se perforan demasiado profundos o se bombean intensamente, pueden producir agua subterránea cada vez más salinas.

En general, la vulnerabilidad del Acuífero Patiño a la contaminación del agua subterránea es moderada, pero aumenta donde el manto freático es somero. Un levantamiento reciente del tipo de actividades humanas capaces de generar una carga contaminante sub-superficial significativa sugiere que las amenazas principales es el saneamiento in situ en zonas de gran densidad poblacional, curtiembres, gasolineras y talleres automotrices y metalúrgicos. Además, el cultivo agrícola en las tierras ácidas bien drenadas puede generar cierta lixiviación de nutrientes y compuestos pesticidas.

No se esperaría que el Acuífero Patiño experimentara contaminación severa por contaminantes microbiológicos o hidrocarburos aromáticos, pero sí podría ser vulnerable a la contaminación por sustancias químicas más persistentes, tales como nitratos y ciertas sustancias orgánicas sintéticas tratadas con cloro. Sin embargo, también debe ser considerada la contaminación por coliformes fecales de los pozos de producción de las aguaterías.

El Cuadro 42 da una idea de las actividades más comunes que pueden llegar a contaminar el agua subterránea. Es importante reconocer que estas difieren ampliamente de las actividades y compuestos que más frecuentemente contaminan los cuerpos de agua superficial. Esto se debe a que la contaminación en el subsuelo depende de factores muy disímiles que controlan la movilidad y persistencia de los contaminantes, originados por la matriz del acuífero y las tasas mucho más lentas de biodegradación (como resultado de las bajas concentraciones de carbón orgánico, la reducida población de bacterias y la limitada difusión de oxígeno).

También es importante enfatizar que ciertas prácticas industriales y agrícolas (y procesos específicos que se magnifican dentro de dichas prácticas) a menudo presentan amenazas desproporcionadamente grandes a la calidad del agua subterránea. Por ello, medidas de control de contaminación, atinadas, bien enfocadas y dosificadas, pueden producir grandes beneficios con costos relativamente moderados.

FUENTE DE CONTAMINACIÓN	TIPO DE CONTAMINANTE
Actividad Agrícola	Nitratos, amonio, pesticidas, microorganismos fecales
Saneamiento in situ	Nitratos, microorganismos fecales, trazas de hidrocarburos sintéticos
Gasolineras y Talleres Automotrices	Benceno, otros hidrocarburos aromáticos, fenoles, algunos hidrocarburos halogenados
Deposito Final de Residuos Sólidos	Amonio, salinidad, algunos hidrocarburos halogenados, metales pesados
Industrias Metalúrgicas	Tricloroetilino, tetracloroetileno, otros hidrocarburos halogenados, metales pesados, fenoles, cianuro
Talleres de Pinturas y Esmaltes	Alcalobenzenos, tetracloroetileno, otros hidrocarburos halogenados, metales, algunos hidrocarburos aromáticos
Industria Maderera	Pentaclorofenol, algunos hidrocarburos aromáticos
Tintorerías	Tricloroetilino, tetracloroetileno
Manufactura de Pesticidas	Algunos hidrocarburos halogenados, fenoles, arsénico, metales pesados
Deposito Final de Lodos Residuales Domésticos	Nitratos, varios hidrocarburos halogenados, plomo, cinc
Curtidurías	Cromo, salinidad, algunos hidrocarburos halogenados, fenoles
Exploración y extracción de petróleo y gas	Salinidad, hidrocarburos aromáticos
Minas de Carbón y de Metales	Acidez, diversos metales pesados, hierro, sulfatos

Cuadro 42: Fuentes de Contaminación de Aguas Subterráneas y contaminantes Asociados

Es necesario evaluar el peligro de contaminación del agua subterránea antes de poder definir en forma más clara las acciones necesarias para proteger su calidad, y tal evaluación debe convertirse en un componente esencial de las buenas prácticas ambientales.

La definición lógica del peligro de contaminar el agua subterránea parte del análisis de la interacción entre la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación y la carga contaminante que es, será o pudiera ser aplicada al ambiente sub-superficial como resultado de la actividad humana que ocurre en la superficie del suelo. Al aplicar un esquema de esta naturaleza, se puede hallar una vulnerabilidad alta, pero sin peligro de contaminación, debido a la ausencia de una carga contaminante sub-superficial importante. Más aún, la carga contaminante se puede controlar o modificar, pero la vulnerabilidad de un acuífero no, ya que en esencia es determinada por las condiciones hidrogeológicas naturales.

La vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación es, en forma práctica, lo inverso de lo que en la jerga de la gestión de calidad del agua de ríos se conoce como ‘la capacidad de asimilación de contaminantes por un cuerpo receptor’. Se puede evaluar a partir de las características hidrogeológicas de la zona no saturada o de las capas confinantes suprayacentes. La definición de índices para cada una de estas características permite construir un índice general de vulnerabilidad que se puede representar con facilidad en un mapa. La superposición de este mapa con otro, con los resultados de los levantamientos en campo de la carga potencial contaminante sub-superficial, facilita la evaluación del peligro de contaminar el agua subterránea.

La posibilidad de que este peligro se convierta en una amenaza real a una fuente de abastecimiento público depende, en primer lugar, de su ubicación con respecto a las fuentes de agua subterránea (y de la dirección del flujo y zona de captación) y, en segundo lugar, de la movilidad del contaminante (o contaminantes) en cuestión dentro del régimen local del flujo de agua subterránea.

Normalmente se deben definir varias áreas y zonas (incluso zonas de restricción de uso, restricción de determinados tipos de emprendimientos que pueden colocar en riesgo el acuífero Patiño), utilizando los datos hidrogeológicos sobre el régimen local del flujo de agua subterránea. Hay varios modelos analíticos y numéricos para facilitar su delineación.

La escala a la cual se realicen las mediciones, trazados y análisis de los diversos componentes necesarios para evaluar el peligro de contaminación del agua subterránea variará de acuerdo con las prioridades, ya sea la protección de la fuente de abastecimiento de agua o la protección del recurso acuífero Patiño.

La evaluación del peligro de contaminar el agua subterránea debería instar a las autoridades municipales o a las agencias reguladoras ambientales a tomar acciones tanto preventivas (para evitar contaminación a futuro) como correctivas (para controlar la amenaza de contaminación que representan actividades existentes y pasadas).

5. Protección del agua subterránea contra la contaminación

Para proteger los acuíferos contra la contaminación es esencial controlar las prácticas de uso del suelo, las descargas de efluentes y el depósito final de residuos; sin embargo, es necesario definir estrategias pragmáticas que permitan equilibrar diversos intereses que compiten entre sí. Así, en vez de aplicar controles universales sobre uso del suelo y descarga de efluentes, es más eficaz por el mismo costo (‘cost-effective’), y menos perjudicial al desarrollo económico, utilizar la capacidad natural de atenuación de contaminantes de los estratos suprayacentes al acuífero, cuando la capacidad de control sea la que se necesita para proteger la calidad del agua subterránea.

Es necesario establecer zonas simples y sólidamente definidas (basadas en perímetros de vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación y de protección de fuentes), con matrices que muestren dónde es posible realizar qué actividades, con un riesgo aceptable para el agua subterránea. La zonificación para la protección del agua subterránea también juega un papel clave al establecer prioridades para el monitoreo de su calidad, premisas para realizar auditorías ambientales en industrias, acciones de control de contaminación dentro de un sistema agrícola y limpieza de terrenos históricamente contaminados, así como para educación pública en general. Todas estas actividades son componentes esenciales de una estrategia sustentable para la protección de la calidad del agua subterránea.

Es necesario lograr un equilibrio razonable entre la protección de los recursos de agua subterránea (los acuíferos en conjunto) y la protección de fuentes específicas (pozos y manantiales). Aunque ambos enfoques son complementarios, el hecho de que se enfatice uno u otro (en una zona específica) dependerá de la situación de explotación de los recursos y de las condiciones hidrogeológicas que prevalezcan.

Si el uso para consumo humano sólo comprende una parte reducida del recurso de agua subterránea disponible, quizá no resulte eficaz por el mismo costo proteger todas las partes de un acuífero por igual. Entonces, será más apropiado establecer estrategias orientadas a las fuentes, y trabajar a escalas de 1:25.000 a 100.000, y:

- delinear zonas de protección (de captación) para las fuentes de agua subterránea y perímetros isócronos de flujo
- evaluar la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y las cargas de contaminantes sub-superficiales en las áreas así definidas.

Este enfoque es más propicio para acuíferos relativamente uniformes y no consolidados, explotados sólo por medio de un pequeño número de pozos municipales de suministro de agua que sean muy productivos y con regímenes estables de bombeo. No se puede aplicar tan fácilmente en acuíferos con un gran número de extracciones individuales en rápido crecimiento ya que no es práctico considerar las fuentes individuales y establecer áreas fijas.

Las estrategias dirigidas a los acuíferos se pueden aplicar de una forma más general, ya que se orientan a lograr un cierto grado de protección para todo el recurso de agua subterránea y para todos sus usuarios. Implican el mapeo de la vulnerabilidad a la contaminación en áreas más extensas (que incluyen uno o más acuíferos importantes), y requieren trabajar a escala de 1:100.000 o superior si el interés se limita a efectos de información y planificación general. Dicho mapeo vendría seguido

normalmente por un inventario de la carga de contaminantes subsuperficiales a escala más detallada para cubrir, por lo menos, las áreas más vulnerables.

La responsabilidad final de la protección del agua subterránea contra la contaminación debe recaer sobre la agencia apropiada del gobierno nacional o local. Pero, dada su responsabilidad para cumplir con normas de prácticas responsables de ingeniería, también las empresas de agua potable y alcantarillado tienen la obligación de realizar activamente (o al menos promover), para todas sus fuentes de suministro, evaluaciones del peligro de contaminación.

Los procedimientos para evaluar el peligro de contaminación del agua subterránea presentados constituyen un vehículo eficaz para que grupos interesados y relevantes (entre ellos, los usuarios del agua y los potenciales contaminadores del acuífero) inicien su participación. Los mismos proporcionan una base sólida para exigir con energía a la agencia reguladora local del ambiente y recursos hídricos que se implementen las medidas necesarias de control de contaminación y protección de acuíferos. Incluso donde no existen legislación o agencias adecuadas de control de la contaminación, normalmente será posible presionar al gobierno local o a la autoridad municipal para que emita decretos que permitan tomar acciones protectoras en beneficio de la población local.

6. Instrumentos de Gestión

Considerándose los riesgos potenciales y las consideraciones de orden cuantitativa que se suman a los riesgos de salinización en la zona noroeste del área del Acuífero, se impone como necesidad inmediata la toma de decisiones cuanto a definir acciones destinadas a preservar tanto cuantitativa como cualitativamente el agua del Acuífero Patiño. Estas acciones que constituyen un Plan de Gestión del Acuífero Patiño tienen como objetivo alcanzar una gestión integral y compartida del agua eficiente, racional y equitativa, en beneficio de la sociedad y su producción, en un marco de desarrollo sustentable.

En este sentido se sugiere abajo una serie de instrumentos de Gestión que deben merecer un análisis más riguroso de los actores involucrados con el tema, en particular en el ámbito del Comité de las Cuencas del Lago Ypacarai y del Acuífero Patiño.

Los principales Instrumentos de Gestión recomendados para el Acuífero Patiño son:

- **Sistema de Derechos de Extracción y Uso de Agua Subterránea (Otorga)**
 - **Administración de un Sistema de Derechos de Agua Subterránea**
 - **La Transición a un Sistema de Derechos**
 - **Un Sistema Sustentable de Derechos**
- **Sistema de Permisos para Descarga de Aguas Residuales**
- **Programa de Monitoreo del Agua Subterránea**
- **Programa de Control y Reducción de Perdidas de Agua**
- **Plan Maestro de Agua**
- **Control y Protección Contra la Contaminación y Amenazas a la Calidad del Agua**
- **Valorización del Agua por Medio de la Participación**
- **Cobro por los recursos de agua subterránea**
- **Cobro al contaminador-pagador**

6.1 Sistema de Derechos de Extracción de Agua Subterránea (Otorga)

La mayoría de los países en la actualidad consideran que sus recursos hídricos son de propiedad pública, y que el gobierno tiene la responsabilidad global de la gestión del recurso.

Se puede otorgar el derecho para extraer (o derivar) y usar el agua (tanto superficial como subterránea) a individuos, entidades públicas o corporaciones privadas, bajo

ciertos términos y condiciones, y dichos derechos generalmente son emitidos por la autoridad de recursos hídricos.

Un ‘derecho de agua’ por lo general constituye el derecho para usar (pero no poseer) el agua. Los abogados le llaman a esto ‘derecho usufructuario’. Las cesiones para extraer y usar agua subterránea se instrumentan a través de permisos, licencias, concesiones o autorizaciones que, en esta Nota, se denominan en forma general ‘derechos de agua’.

A menudo se introduce un sistema de derechos de agua subterránea (permisos para extraer y usar agua subterránea) inicialmente como medio para reducir la interferencia, evitar conflictos contraproducentes y resolver disputas que surjan entre extractores vecinos.

Sin embargo, el desarrollo de un sistema estable de derechos de agua tiene beneficios mucho más amplios, ya que proporciona una base sólida para la explotación y protección de los recursos hídricos y para la conservación de los ecosistemas acuáticos. Además, sólo si previamente se han definido en forma adecuada los derechos de agua subterránea se pueden dar eficazmente otros pasos hacia una gestión más integrada de los recursos hídricos, tales como:

- fomentar la participación de los usuarios en la gestión de los recursos de agua subterránea
- implementar programas de gestión de la demanda para reducir la extracción de agua subterránea
- sistemáticamente recaudar tarifas de extracción con el fin de obtener ingresos para la gestión de los recursos
- una posible comercialización futura de los derechos de extracción para promover un uso más eficiente del agua
- desarrollar el uso conjunto de los recursos de agua superficial y subterránea.

La simple existencia de un derecho de agua subterránea no puede garantizar un suministro de agua de cierta calidad y cantidad, por lo que se puede considerar la posibilidad de especificarlos en términos de una ‘parte alícuota de la capacidad productora de un acuífero’ (y no como una tasa de extracción específica). Sin embargo, ofrecen a los usuarios de agua una mayor seguridad en cuanto al suministro para propósitos de inversión y un activo valioso como garantía subsidiaria para obtener créditos para el desarrollo.

Un sistema de derechos de agua debe contar con los siguientes atributos clave:

- obligatoriedad de que el uso del agua sea efectivo y benéfico, con el fin de evitar la especulación con los recursos hídricos y su desperdicio
- seguridad razonable de la tenencia del uso del agua, incluyendo el derecho a indemnización cuando bajo algunas circunstancias (pero no todas) se le reduzca al usuario, pero manteniendo el requisito de uso eficiente y benéfico
- flexibilidad para reasignar el agua hacia usos sociales, económicos y ecológicos más benéficos, por medio de revisiones u otros mecanismos periódicos, en lugar de asignarla a perpetuidad.

En consecuencia, los derechos de agua subterránea normalmente están sujetos a una serie de condiciones:

- duración del derecho;
- puntos de extracción y uso;
- propósito de uso (distinguiendo entre uso consuntivo y no consuntivo);
- caudales de extracción (para los distintos períodos del año, si fuere necesario);
- especificaciones para obras;
- requisitos ambientales de ubicación y calidad del efluente;
- costo del derecho (pago para tener el derecho de extracción de agua);
- registro de transacciones para cuando se permite transacciones de transferencia de derechos ;
- pérdida o reducción del derecho;
- suspensión del derecho;
- revisión del derecho; y
- renovación del derecho.

6.1.1 Administración de un Sistema de Derechos de Agua Subterránea

El actor más importante en la gestión de un sistema de derechos de agua subterránea es el solicitante o tenedor de un derecho de uso de agua, aunque también pueden estar involucrados otros usuarios del acuífero y su agua superficial dependiente. Otros grupos interesados (no sólo usuarios de agua, sino aquéllos cuyos intereses puedan verse afectados) quizás también quieran expresar su opinión sobre una solicitud para un derecho de uso de agua nuevo, presentar una queja o una demanda contra un usuario existente o apelar decisiones.

La autoridad de recursos hídricos puede negar al solicitante un nuevo derecho de agua, o lo puede otorgar y registrarlo. Una vez que la solicitud haya sido aprobada, el candidato se convierte en usuario legal que a menudo tendrá que pagar cuotas y cargos de acuerdo con las condiciones que corresponden al derecho.

La autoridad de recursos hídricos debe llevar registros y monitorear el cumplimiento a través de inspecciones de campo y otros medios. Al descubrir algún incumplimiento, la autoridad puede emitir una advertencia, imponer una sanción o buscar acción judicial si se ha cometido una ofensa criminal. Además, el sistema judicial puede recibir apelaciones del tenedor del derecho de agua o de terceras partes afectadas. Con el fin de aligerar la carga del sistema judicial, las apelaciones pueden dirigirse en una primera instancia al funcionario con el cargo más alto en la autoridad de recursos hídricos.

El estilo de gestión es tan importante como el proceso de gestión, porque los usuarios prefieren que la autoridad del agua trabaje con ellos (y no en contra de ellos). Esto se puede lograr asegurando que:

- los mecanismos de resolución de conflictos sean bien aceptados, económicos y rápidos
- las sanciones tengan el equilibrio necesario para desalentar el incumplimiento sin paralizar a los usuarios de agua
- el monitoreo sea realista y acorde con la capacidad institucional
- los procedimientos de registro garanticen que habrá copias completas de los archivos para revisión pública
- se limite la discrecionalidad de la autoridad del agua, con objeto de desalentar la corrupción y reducir la burocracia

- se enfrente con decisión el soborno por parte de usuarios y la corrupción de los administradores.

Se requiere de una serie de herramientas de implementación, que deben ser lo más sencillas posible:

- Instrumentos de Planificación: hoja de cálculo con el universo de usuarios y contaminadores del agua, así como los modelos de cantidad/calidad de los acuíferos para dar prioridad a las áreas que deben controlarse
- Lineamientos de Gestión: procedimientos para recibir, revisar y monitorear las solicitudes
- Sistema de Información: basado en software adecuado para gestionar solicitudes, monitorear el cumplimiento por parte de los usuarios, llevar a cabo control de calidad operativa y proporcionar información comprensible a los usuarios del agua
- Educación Pública: para crear conciencia política y pública en general.

6.1.2 La Transición a un Sistema de Derechos

Cuando se actualiza la legislación de aguas o se adoptan nuevas leyes, surgen dificultades debido a la presión que ejercen los usuarios existentes y sus socios políticos para que se les concedan favores especiales. No hay reglas universales, pero los siguientes lineamientos pueden ser útiles:

- Los usos existentes deben ser efectivos y benéficos para obtener reconocimiento automático. Si no es posible calcular un balance confiable de agua subterránea, todos los usuarios deben recibir permisos de corta duración que se puedan revisar cuando haya información más confiable.
- Los derechos consuetudinarios deben tratarse de manera global, ya sea reconocidos formalmente o indemnizados adecuadamente.
- No sólo los usuarios ilegales tiene la culpa del estado insatisfactorio actual de los recursos de agua subterránea; pasadas administraciones del agua también pueden ser responsables debido a falta de capacidad o tendencias corruptas.
- No se deben tolerar excepciones; todos los usuarios existentes de agua subterránea, incluyendo empresas públicas de suministro de agua, deben estar dentro de la ley.
- La especificación de umbrales para caudales de extracción por uso de agua debe ser un proceso dinámico. Ciertos usos menores pueden ser exentos de la burocracia de derechos de agua, pero el simple hecho de declarar su existencia será útil para reconocer a dichos usuarios legales, en caso de que a la larga se necesiten medidas más estrictas.

6.1.3 Un Sistema Sustentable de Derechos

El primer requisito para lograr un sistema sustentable de derechos de extracción es que el gobierno pueda hacer valer el sistema de derechos de agua subterránea, y que los usuarios puedan cumplirlo. Además:

- La anticipación es vital; el desarrollo de un sistema de administración de los derechos de agua debe abordarse previendo hasta donde sea posible todas las dificultades para ponerlo en práctica

- Las herramientas de legislación, regulación e implementación se deben redactar simultáneamente, con retroalimentación productiva entre quienes redactan las leyes y los administradores del agua.
- Es valiosa la simulación en papel de la implementación; si los resultados de la simulación exhiben capacidad insuficiente del gobierno o de los usuarios, la legislación debe volverse a redactar, los procesos deben simplificarse y se debe enfatizar el desarrollo de capacidades.
- Un enfoque de mejoras graduales o piloto es mejor; no todos los acuíferos exigen el mismo nivel de control de la gestión y una estrategia por pasos permite el aprendizaje a partir de las experiencias para mejorar los procedimientos.
- Nunca se logrará la sustentabilidad sin la aceptación de la comunidad; esto debe promoverse y se debe mejorar la comprensión, con el fin de que los usuarios sean más capaces y estén más dispuestos a cumplir con la legislación de aguas.

Un sistema de derechos requiere revisiones periódicas que deben efectuadas llevando a cabo los ajustes necesarios cuando:

- el sistema todavía no está sirviendo como una herramienta de gestión;
- no se comprenden claramente los objetivos de la gestión de los recursos hídricos; y
- no está mejorando la situación del agua subterránea.

6.2 Sistema de Permisos para Descarga de Aguas Residuales

Para garantizar la preservación del agua del acuífero es fundamental que se controle los principales contaminantes potenciales, en especial las descargas residuales. Las mismas condiciones que se aplican a los derechos de extracción deben ser observadas en los permisos para descarga.

Los permisos para descarga de aguas residuales deben preferiblemente ser emitidos de manera concomitante con los derechos de extracción y uso del agua, con el fin de garantizar el enfoque integrado de la gestión de recursos hídricos.

Aunque el agua superficial y el agua subterránea deben gestionarse de manera integrada, el agua subterránea tiene diversas características distintivas y se deben tener ciertas consideraciones especiales al diseñar e implementar un sistema de administración de derechos de agua subterránea, tanto de carácter técnico como de gestión.

Entre los de carácter técnico merecen atención:

- la calidad del agua subterránea como consecuencia de nuevas extracciones y de sus descargas;
- la variación de los niveles de conexiones con agua superficial y con agua del acuífero; y
- la utilización de pozos productores como pozos del sistema de monitoreo.

Como consideraciones de gestión se sugieren:

- reglamentación de la actividad de perforación de pozos para minimizar los efectos de contaminación causado por pozos mal construidos;

- flexibilidad cuanto a las asignaciones de agua para enfrentar las incertidumbres hidrológicas priorizando las destinadas al consumo humano; y
- establecimiento de áreas de conservación de agua del acuífero en sitios con extracción excesiva y/o indicios de contaminación.

Además, las siguientes consideraciones también son críticas:

- Concientización de las complejidades y obstáculos en la implementación:
 - muchas circunstancias históricas, sociales, ecológicas, económicas y políticas influyen sobre la explotación de los recursos de agua subterránea;
 - el complejo de monitorear el cumplimiento por parte de los usuarios de agua subterránea y de prestar atención a la capacidad institucional existente, así como el papel esencial que deben jugar los usuarios mismos.
- Establecimiento de un ‘ambiente propiciador’ de la implementación por medio de:
 - reconocer que la administración de derechos de agua debe hacerse a la medida de las circunstancias locales específicas;
 - garantizar el apoyo político al nivel más alto, ya que a menudo se afectan intereses económicos fuertes cuando se asignan/reasignan los recursos hídricos;
 - pensar dos veces antes de pedir enmiendas legales, para asegurarse de que cualquier deficiencia identificada se pueda resolver mejor sin el largo proceso de reforma legal;
 - comenzar con la definición de una política de recursos hídricos, que incluya las razones para requerir una legislación de aguas nueva/enmendada y un bosquejo de cómo se manejarán los derechos de uso de agua existentes;
 - admitir que lo perfecto es enemigo de lo bueno, y que un sistema de derechos de agua subterránea no tiene que ser absolutamente completo, pero sí viable de ponerse en práctica;
 - estar convencido de que siempre habrá oportunidad de mejoras graduales; no es necesario esperar a tener la ley perfecta ni la institución ideal para comenzar a trabajar;
 - aceptar que la tarea no podrá cumplirse de la noche a la mañana; la experiencia a nivel internacional ha demostrado que el diseño y la implementación de un sistema de derechos de agua siempre es un esfuerzo prolongado;
 - involucrar a todos los actores desde el inicio para garantizar que hagan completamente suyo el sistema introducido; deben participar tanto los sectores usuarios del agua como el personal gubernamental que administra el sistema; y
 - resaltar que los instrumentos reguladores por sí solos no bastan, y que la administración de los derechos de agua requiere de un equilibrio delicado de instrumentos reguladores, económicos y participativos.

Antes de diseñar un sistema de derechos de agua subterránea, sin embargo es de suma importancia que se pregunte y se responda a lo siguiente:

- ¿realmente cuáles son los problemas del sistema acuífero que se está considerando?
- ¿qué se podría lograr al introducir derechos de agua subterránea?

- ¿qué es realísticamente viable y costeable dadas las restricciones de la capacidad institucional?

6.3 Programa de Monitoreo del Agua Subterránea

El monitoreo de la respuesta del acuífero Patiño y de sus tendencias de calidad son básicos para lograr una gestión eficaz del agua subterránea y cumplir con la principal meta de gestión, o sea, controlar los impactos de la extracción del agua subterránea y de las cargas de contaminantes.

Para evaluar aspectos importantes del agua subterránea y poder implementar soluciones de gestión se requieren datos hidrogeológicos, tanto de la ‘condición básica inicial’ como de las ‘variaciones en el tiempo’. La recolección de los datos que registran las ‘variaciones en el tiempo’ es lo que generalmente se considera como el ‘monitoreo del agua subterránea’.

Dicho monitoreo comprende la recolección, análisis y almacenamiento de un número determinado de datos en forma regular, conforme a circunstancias y objetivos específicos. El tipo y volumen de datos requeridos varía considerablemente en función del aspecto de gestión de que se trate, pero inevitablemente también dependerá de los recursos financieros disponibles.

Una red de monitoreo está formada normalmente por un conjunto de pozos de observación acoplado con una selección de pozos de extracción.

Los sistemas y redes de monitoreo se clasifican en tres grupos principales, que no son mutuamente excluyentes:

- los Sistemas Primarios sirven para detectar cambios generales en el flujo del agua subterránea y sus tendencias de calidad, con objeto de aportar el conocimiento científico necesario para entender el recurso de agua subterránea. Estos sistemas están ubicados en zonas con hidrología y uso del suelo uniformes.
- los Sistemas Secundarios y Terciarios son para evaluar y controlar el impacto de riesgos específicos del agua subterránea. Los sistemas secundarios están ubicados alrededor de las zonas, instalaciones o sitios peculiares que requieren protección, y los sistemas terciarios están ubicados inmediatamente gradiente arriba o gradiente debajo de la situación que representa el peligro.

Las reglas básicas para lograr programas de monitoreo del agua subterránea exitosos incluyen:

- El diseño de la red debe adaptarse a objetivos previamente definidos y con conocimiento del flujo de agua subterránea.
- La implementación del sistema debe utilizar pozos de observación y extracción apropiadamente construidos, y debe establecer un protocolo completo de operación así como un sistema de manejo de datos. El equipo de campo y las instalaciones de laboratorio deben ser apropiadas a los objetivos.
- El monitoreo del agua subterránea, cuando proceda, debe integrarse con el agua superficial.
- Debe verificarse regularmente la calidad de los datos mediante controles internos y externos. Los datos deben ser interpretados para que sean relevantes para la gestión.

En la legislación correspondiente debe incluirse el monitoreo del uso y estado del agua subterránea, y asignar partes de esta tarea a la administración de los recursos hídricos y a los usuarios del agua. Para que la legislación sea eficaz, debe establecer requerimientos realistas que tomen en cuenta la capacidad institucional.

Una asignación típica de responsabilidades puede ser:

- Gobierno Central/Autoridad Nacional de Aguas – red básica de referencia
- Nivel Regional/Cuenca/Agencia de Recursos Hídricos del Acuífero – regulación y protección del recurso
- Contratistas de Pozos de Producción/Empresas Perforistas – obligación de entregar perfiles geológicos y hacer pruebas de bombeo
- Grandes Usuarios de Agua Subterránea – llevar registros de la extracción y los niveles de agua subterránea medidos
- Pequeños Usuarios de Agua Subterránea – retroalimentación general sobre las características y desempeño de los pozos
- Contaminadores Potenciales del Agua Subterránea – monitoreo defensivo de la calidad del agua en sus instalaciones
- Asociaciones de usuarios - control ciudadano del agua

El almacenamiento de los datos de monitoreo del agua subterránea (que incluyen los generados por grupos interesados del sector privado) es un asunto importante, pero frecuentemente no se coordina en forma apropiada entre las agencias nacionales y locales. Es necesario tanto que todas las agencias acuerden protocolos claros de recolección y almacenamiento de datos, como establezca una base de datos sistemática con acuerdos para compartir los datos por medio del Internet.

Frecuentemente se considera que el monitoreo del agua subterránea es caro. Los principales componentes de sus costos incluyen los de inversión (instalación de la red), el costo de muestreo (de personal, instrumentación y logística) y los costos de los análisis (de laboratorio, y procesamiento y almacenamiento de datos). A pesar de que es poco probable que los beneficios de la inversión inicial resulten evidentes de inmediato, a la larga el beneficio puede ser sustancial si el monitoreo forma parte integral de un proceso de gestión y evita que:

- se pierdan fuentes valiosas de agua subterránea,
- tengan que introducirse tratamientos costosos o
- se requiera de un proceso costoso de remediación del acuífero.

Las ventajas del monitoreo son más fáciles de apreciar si durante la fase del diseño se incluye un análisis de costo/beneficio.

6.4 Programa de Control y Reducción de Pérdidas de Agua

Las pérdidas de agua en los sistemas de distribución de agua constituyen, en especial cuando se desea controlar la explotación del acuífero, una señalización de la poca importancia que se da a la preservación del agua y del acuífero.

Esta situación no puede más quedar apenas como una constatación; es recomendable que se inicie un programa de control y de reducción de pérdidas de agua en la red de distribución, empezando por un programa de concientización de los

actores involucrados (ESSAP, Juntas de Saneamiento y Aguaterías) creando un cambio en la cultura del agua.

El conocimiento actual en este tema posibilita que se haga un programa bien estructurado de reducción y control de las pérdidas llevando a que se disminuya con relativa rapidez el volumen de agua captada, tanto del Acuífero Patiño cuanto del Río Paraguay.

Con esto se estará preservando el agua, garantizando para las próximas generaciones y postergando las necesidades de obras de ampliación. Los recursos que serían necesarios para las ampliaciones de los sistemas de suministro de agua podrán ser destinados al control y monitoreo del Acuífero Patiño.

6.5 Plan Maestro de Agua

Considerándose las indicaciones de carácter cuantitativo y cualitativo del agua del Acuífero Patiño es recomendable que se inicie un Plan Maestro de Agua y Saneamiento para analizar la viabilidad de sustituir la explotación del agua del acuífero por aprovechamiento del Río Paraguay, cuyos condicionantes deberán ser analizados con más detalles en talleres específicos involucrando a todos los actores y entidades relacionados con el tema.

Hay una serie de dificultades para la sustitución inmediata, pero es posible establecer directrices que lleven a una composición adecuada y conveniente entre la utilización conjunta del Río Paraguay y del Acuífero Patiño. Estos aspectos podrán ser estudiados con más profundidad en un Plan Maestro de Agua del Gran Asunción como una visión anticipada de lo que se podrá hacer en el futuro si las condiciones de aprovechamiento del acuífero se deterioraren impidiendo su utilización.

Alternativamente se puede considerar otras medidas complementarias que garanticen la explotación segura del acuífero, como la sustitución de pozos de pequeño diámetro por pozos de mayor porte con explotación controlada sanitariamente.

Por las implicaciones involucradas en esa sugerencia los cambios necesariamente deben ser graduales para reducir las resistencias naturales en esos procesos. Además, se requiere la preparación de propuestas legales y normativas y planear estrategias de comunicación social previas y en paralelo con la implantación de los cambios que vieren a ser establecidos por el Comité de las Cuencas del Lago Ypacarai y del Acuífero Patiño.

6.6 Control y Protección Contra la Contaminación y Amenazas a la Calidad del Agua

Ya que el agua subterránea del acuífero Patiño es la fuente preferida para el abastecimiento público rural y urbano, y también se explota ampliamente para uso doméstico privado y uso industrial sensible, el peligro de contaminar el acuífero es un asunto delicado. Sin embargo, normalmente en los países en vías de desarrollo se avanza poco en controlar este peligro con sólo publicar normas de calidad más estrictas para las descargas de aguas residuales y para la recarga de dichas aguas. La existencia de dichas normas puede incluso resultar contraproducente, ya que a menudo las autoridades ambientales y de salud no disponen la capacidad económica y de personal para atender dicha situación.

Existe la necesidad urgente de confrontar de manera pragmática la realidad de las prácticas actuales, identificando dónde se pueden hacer intervenciones eficaces e inversiones graduales para reducir los riesgos a los usuarios del agua subterránea, en lugar de construir ciegamente obras convencionales de tratamiento de aguas negras cuya sustentabilidad operativa puede ser cuestionable. Por lo tanto, estas acciones prioritarias deben realizarse de manera consistente (como parte de un paquete que incluya acciones dirigidas a otros temas críticos como el control de cultivos, la salud de los trabajadores agrícolas y la fertilidad de la tierra), con la participación de representantes de los grupos urbanos y rurales involucrados.

Se deberá otorgar siempre alta prioridad a mejorar la caracterización de las aguas residuales como apoyo a la evaluación del peligro de la contaminación del agua subterránea. Donde sean evidentes los problemas potenciales asociados con contaminantes presentes en el agua subterránea (como alta salinidad o ciertas sustancias tóxicas orgánicas e inorgánicas de origen industrial), el mejor enfoque será determinar su origen dentro del sistema de alcantarillado y establecer la viabilidad de controlarlo en la fuente o de efectuar su recolección y eliminación final por separado.

El impacto de la infiltración de aguas residuales a las fuentes específicas de suministro de agua subterránea no sólo dependerá de su impacto sobre el sistema acuífero somero, sino también de su ubicación con relación al área de infiltración de aguas residuales, la profundidad de la captación del agua y la integridad de la construcción de los pozos.

Un control cuidadoso de dichos factores (y bajo circunstancias favorables en términos de la vulnerabilidad del acuífero y la calidad de las aguas residuales) puede lograr la compatibilidad entre las aguas residuales y las necesidades del suministro con agua subterránea por medio de:

- aumentar la profundidad y mejorar el sellado sanitario de pozos de agua potable
- establecer zonas de protección apropiadas para los pozos de abastecimiento
- aumentar el monitoreo del agua subterránea para detectar los indicadores de contaminación
- alentar con urgencia el establecimiento de restricciones al uso de pozos domésticos privados someros.

Además, si se juzgue importante

- usar pozos en las zonas de riego para recuperar la mayor parte de la infiltración del agua residual y proporcionar una ‘barrera hidráulica’ que proteja las fuentes de agua potable
- mejorar la eficiencia de uso de agua para irrigación y, por ende, disminuir la recarga de aguas residuales a acuíferos subyacentes y así disminuir la carga contaminante

Se recomienda seleccionar “zonas piloto” para probar la gestión participativa del recurso de agua subterránea y de protección de su calidad. Normalmente conviene definir las fronteras de tales zonas piloto, que pueden ser expandidas para cubrir toda la zona de gestión del acuífero, con base en los sistemas de flujo de agua subterránea según las necesidades específicas de gestión.

Existen poderosos argumentos para introducir una política eficaz de cobro para muchas categorías de uso de agua subterránea (aunque no para todas) y etiquetar

los fondos generados específicamente para reinvertirlos en el monitoreo del acuífero y la administración del recurso.

Los compuestos traza representan únicamente el 1% de los constituyentes disueltos presentes en el agua subterránea en forma natural, pero algunas veces pueden hacerla inadecuada o inaceptable para el consumo humano. No obstante, al mismo tiempo, muchos de estos elementos traza son esenciales en pequeñas cantidades para la salud humana y/o animal (por ejemplo el Flúor [F] y el Yodo [I]), y deben ser ingeridos en el agua o con la comida. Sin embargo, el rango dentro del cual son deseables puede ser pequeño y a mayores niveles pueden ser dañinos (por ejemplo, el F). Otros siempre perjudican la salud, aun en concentraciones muy pequeñas (por ejemplo, el Arsénico [As] y el Uranio [U]).

En los años 80 la preocupación era más con la calidad microbiológica del abastecimiento y menos a la calidad inorgánica, a menos que el sabor o el color (como resultado de la presencia de $MgSO_4$, NaCl o Fe soluble) estuvieran causando el rechazo social de la fuente de abastecimiento.

A principios del siglo 21, el mayor problema de calidad del agua sigue siendo por mucho la alta frecuencia de las enfermedades hídricas ocasionadas por patógenos. Ello se debe en gran medida a la contaminación fecal del agua de consumo como resultado de una protección sanitaria inadecuada de salud pública en relación con la calidad inorgánica de los abastecimientos de agua subterránea. Tres avances incrementaron las preocupaciones de salud pública en relación con la calidad inorgánica de los abastecimientos de agua subterránea:

- la capacidad para analizar cantidades cada vez más pequeñas de constituyentes disueltos en el agua;
- el desarrollo de la investigación epidemiológica que ha permitido entender mejor los efectos de largo plazo en la salud ocasionados por la ingestión prolongada de contaminantes traza y;
- el incremento sustancial del nivel de salud y de la esperanza de vida en muchos países.

Si se descubren concentraciones excesivas de elementos traza en el agua subterránea del acuífero Patiño, se debe definir un plan de emergencia inmediato que aborde el problema potencial, así como también identificar una estrategia de más largo plazo. El plan de emergencia normalmente contiene los siguientes elementos:

- la evaluación hidrogeoquímica a escala y nivel de detalle apropiados para identificar los pozos de agua afectados, junto con un diagnóstico razonable del problema general
- la orientación a la comunidad sobre las restricciones en el uso y la localización de pozos de agua seguros
- un programa de salud pública para buscar los síntomas de cualquier afectación a la salud relacionada con el agua de consumo

Es necesario implementar una campaña de conciencia pública sobre los peligros que amenazan la calidad del agua subterránea.

A largo plazo es esencial adoptar un enfoque integrado para lograr, al menor costo posible, un abastecimiento de agua confiable y libre de amenazas-mediante la evaluación cuidadosa de los costos y peligros relativos de las opciones disponibles,

en términos de confiabilidad frente a las sequías, calidad normal microbiológica y química, y riesgos de contaminación.

Existen muchas situaciones en las que la mejor solución al menor costo posible consiste en identificar y desarrollar fuentes alternativas de agua. Otras veces la solución preferible sea perforar a mayor profundidad para explotar agua subterránea de mejor calidad.

La mitigación a corto plazo que involucra la clausura de pozos implica que la comunidad utilice mucho más tiempo en acarrear agua o que se entregue agua, embotellada o en camiones-cisterna, con calidad asegurada, y el costo de ambos puede ser sumamente sensible al ‘nivel disparador de la acción’ adoptado; por lo tanto hay que establecer prioridades dadas las incertidumbres epidemiológicas cuando se exceden considerablemente los criterios de la OMS.

6.7 Valorización del agua por medio de la participación

La participación de los grupos interesados en la gestión del agua subterránea es esencial por los siguientes motivos:

- a menudo resulta imposible implementar las decisiones de gestión a las que llega una agencia reguladora sin consenso social;
- permite que las actividades de gestión esenciales (como monitoreo, inspección y recaudación de cuotas) se lleven a cabo más efectiva y económicamente a través de esfuerzos cooperativos y cargas compartidas;
- facilita la integración y coordinación de las decisiones relacionadas con los recursos de agua subterránea, uso del suelo y manejo de residuos.

Las decisiones en torno a la gestión del agua subterránea que se tomen con la participación de los grupos interesados deberían contribuir a lograr:

- beneficios sociales, porque tienden a promover la equidad entre los usuarios
- beneficios económicos, porque tienden a optimizar el bombeo y a reducir los costos energéticos
- beneficios técnicos, porque a menudo llevan a mejores estimaciones de extracción de agua.

Se considera la participación de asociaciones de usuarios de agua (AUA) que tienen como objetivo principal distribuir el agua a sus miembros, recolectar cargos operativos y resolver disputas sobre el agua. (La AUA necesita contar con personalidad jurídica, y la autoridad para elegir o nombrar a un representante para la gestión a nivel del acuífero).

El uso del agua subterránea del acuífero Patiño es una actividad descentralizada en la que participan muchos usuarios privados, quienes perforaron sus propios pozos, instalaron su propio equipo y siguen sus propios horarios de bombeo. Es esencial crear incentivos para que los usuarios participen activamente en la gestión de acuíferos. Esto se puede lograr proporcionando información sobre el estado de los recursos de agua subterránea, promoviendo organizaciones de gestión de acuíferos (por medio de los cuales los usuarios ejercen presión para lograr sus metas de gestión) y utilizando tecnologías innovadoras cada vez más.

Para la participación de grupos interesados y usuarios a nivel más alto es importante una organización (o Comité Técnico) para la gestión del acuífero Patiño (OGA) dentro del Consejo de Cuenca del lago Ypacarai y del Acuífero Patiño. En esta organización estarían representadas todas las AUA y otras categorías principales de grupos interesados. La OGA también podrán incluir representantes de agencias nacionales o locales involucradas en la gestión del agua subterránea y de las autoridades gubernamentales locales correspondientes.

Es posible que los grupos interesados no quieran participar en el proceso de gestión del agua subterránea a menos de que esto se lleve a cabo en un marco legal e institucional sólido que sea claro en cuanto a los derechos y obligaciones de los representantes, y los procedimientos a seguir con quienes no están dispuestos a cooperar.

Con el fin de asegurar que los grupos interesados hagan suyas las decisiones, su participación debe empezar cuando por primera vez se identifiquen y se perfilen los temas y las preocupaciones relacionados con los recursos, para continuar durante las etapas de planificación de la gestión, implementación y monitoreo.

El gobierno puede jugar un papel importante en la gestión participativa del agua subterránea (cobrar conciencia sobre la importancia de la participación, distribución de boletines técnicos, programas educativos, etc.), propiciando los mecanismos de participación en organizaciones del tipo público – privado, como el caso de la Corporación Agua para el Chaco, donde participan las gobernaciones, los municipios, las cooperativas de producción, las ONGs y los indígenas.

6.8 Cobro por los recursos de agua subterránea

La economía de la gestión del agua aborda la asignación y uso de recursos escasos. Mientras un recurso sea abundante, hay poca necesidad de tomar decisiones de ese tipo, pero conforme el recurso se va agotando (debido a limitaciones de cantidad o calidad), como en el caso del acuífero Patiño, surgen preguntas en cuanto a cómo utilizarlo y protegerlo (de preferencia en beneficio de la sociedad). Las consideraciones económicas pueden contribuir al proceso de toma de decisiones y promover un uso más eficiente del recurso.

Si bien los instrumentos económicos para la gestión del agua superficial y el agua subterránea son similares, no son los mismos por las peculiaridades del recurso de agua subterránea:

- alto costo y complejidad relativos para evaluar el recurso de agua subterránea;
- uso altamente descentralizado del recurso, lo que eleva los costos de monitoreo de la gestión;
- agua subterránea es invisible para el público, y los impactos en el recurso demoran en manifestarse;
- los impactos de las cargas de contaminantes varían según la vulnerabilidad del acuífero y;
- casi-irreversibilidad generales de la contaminación de acuíferos.

Estas peculiaridades explican por qué las herramientas para la gestión de los recursos de agua subterránea generalmente no están tan desarrolladas ni se aplican tanto como las herramientas para el agua superficial.

El agua subterránea tiende a estar subvalorada, sobre todo donde no se controla su explotación. En esta situación, quien explota el recurso efectivamente recibe todos los beneficios del uso de agua subterránea pero (cuando mucho) sólo paga parte de los costos: por lo general, el costo recurrente del bombeo (siempre y cuando el insumo energía no esté subsidiado) y el costo de capital de la construcción del pozo, pero rara vez los costos externos y de oportunidad. Esta subvaloración a menudo lleva a un uso del recurso que es económicamente ineficiente.

Un instrumento económico trata de estimular a un actor económico (usuario de agua subterránea) a adoptar cierto comportamiento de manera voluntaria. El razonamiento esencial es que los humanos reaccionan a incentivos de precios: cuando los precios son elevados, se utilizarán menos recursos. Además, mientras el agua subterránea se podría usar ampliamente en empresas de alto valor para generar mayores ingresos, empleos y riqueza, a menudo se le dan usos de bajo valor económico, por lo cual cada vez se le sobre extrae más, lo que crea tensión social entre los usuarios.

Los instrumentos económicos pueden proporcionar incentivos para asignar y/o usar el agua subterránea de manera más eficiente, con lo que se contribuye a estabilizar los niveles de agua subterránea al reducir la sobre extracción, sobre explotación, disminuir los riesgos de que se presenten impactos negativos y conflictos sociales, y retrasar la necesidad de invertir en recursos hídricos alternativos.

Hay dos categorías de instrumento relevantes al agua subterránea, que se basan en lo siguiente:

- cambiar los costos de extracción de agua subterránea por medio de:
 - determinación directa de precios mediante cuotas de extracción,
 - determinación indirecta de precios mediante el aumento en las tarifas de energía y
 - la introducción de mercados de agua y.
- incentivos económicos positivos para ciertas actividades por medio de
 - (a) modificaciones a las políticas agrícolas y de comercio de alimentos y
 - (b) subsidios para fomentar el uso de tecnologías de irrigación para lograr ahorros de agua reales.

El elemento decisivo para hacer que funcionen los instrumentos económicos es garantizar que se hagan valer. En cuanto al cobro por los recursos de agua subterránea, un primer paso necesario es crear un registro de usuarios y derechos de agua subterránea. El segundo paso es determinar la viabilidad de la medición directa de extracción o una técnica alternativa para determinar el uso de agua subterránea. De acuerdo con las condiciones locales, los grupos de usuarios de agua subterránea deben ser consultados sobre la decisión y sobre cómo aplicarla. De igual forma, también debe ser analizado el efecto sobre los grupos más pobres de la sociedad del potencial del cobro indirecto por la extracción de agua subterránea a través de los precios de energía, y se deben definir e implementar medidas compensatorias.

Evidentemente el principio del cobro por la extracción de agua subterránea debe ser exhaustivamente debatido en talleres específicos, en el ámbito del Consejo de la Cuenca del Lago Ypacarai y del Acuífero Patiño, con todos los actores involucrados con el problema, tanto las organizaciones gubernamentales (SEAM, SENASA, ERSSAN, ESSAP, Juntas de Saneamiento, Aguateros, industriales, representantes de las municipalidades, de los usuarios, ongs, etc.) por sus implicaciones sanitarias, económicas y políticas.

6.9 Cobro al contaminador-pagador

El instrumento que generalmente se recomienda para disminuir la contaminación del agua es el principio contaminador-pagador, por el cual a una industria se le cobra por la cantidad de contaminación que genera. Mientras menos contamina, menos paga. Este enfoque no se puede aplicar directamente a la protección de acuíferos debido a las características especiales del agua subterránea, especialmente el retraso de los impactos, la persistencia de algunos contaminantes del agua subterránea y el costo potencial de algunos episodios de contaminación. En cambio, se necesitan incentivos económicos para que las industrias y las empresas públicas de servicios de agua inviertan en tratamiento y reciclaje adecuado de aguas residuales, especialmente cuando la evaluación de la vulnerabilidad de un acuífero sugiera que hay un riesgo elevado de que se contamine el agua subterránea.

Otro tema importante es el control de la contaminación difusa que proviene de cultivos agrícolas. Los subsidios a las cosechas tienden a hacer que sólo haya un tipo de cultivo en una vasta área de terreno, sostenido por el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas (que, a su vez, en ocasiones están subsidiados), sin importar si son adecuados para el suelo y el tipo de clima. Esto puede tener un impacto negativo considerable en la calidad del agua subterránea debido a la lixiviación agroquímica, cuyo costo no se considera inicialmente. Resulta sumamente necesario redirigir dichos subsidios y, por ende, proporcionar un incentivo para reducir la lixiviación agroquímica. En ocasiones pueden existir argumentos para ir más lejos y crear un ‘impuesto ambiental’ sobre fertilizantes y/o pesticidas para generar fondos para monitorear la calidad del agua.

Así como el cobro por la extracción, el cobro al contaminador también debe ser precedido de intenso debate entre todos los actores involucrados con el tema.

6.10 Consideraciones Generales

En la mayoría de las situaciones, la gestión del agua subterránea debe mantener un equilibrio razonable entre los costos y los beneficios de las actividades e intervenciones de gestión y, por ende, debe considerar la susceptibilidad a la degradación del sistema hidrogeológico en cuestión, así como los intereses legítimos de los usuarios del agua, incluyendo los ecosistemas y a quienes dependen del flujo base aguas abajo.

En términos prácticos, será necesario establecer posibles intervenciones de gestión en el contexto de la evolución normal del desarrollo del agua subterránea, y para ello resulta conveniente distinguir diversos niveles (Cuadro 43). Sin embargo, se debe observar que a igualdad de costos, los enfoques preventivos de gestión posiblemente sean más eficaces que aquellos que sólo son reactivos.

PLAN DE GESTIÓN

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	NIVEL DE DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA O EL INSTRUMENTO CORRESPONDIENTE (según etapa de estrés hídrico)		
	0	1	2
HERRAMIENTAS TÉCNICAS			
Evaluación del Recurso	conocimiento básico del acuífero	modelo conceptual basado en información de campo	modelo(s) numérico(s) que operan simulando diferentes escenarios hipotéticos de extracción
Evaluación de la Calidad del Agua	no se experimentan restricciones de calidad	la variabilidad de la calidad es un asunto relevante en la asignación	se entienden los procesos de calidad del agua
Monitoreo de Acuíferos	no hay programa regular de monitoreo	monitoreo de proyectos, intercambio de información ad-hoc.	rutinas de monitoreo establecidas
INSTRUMENTOS INSTITUCIONALES			
Derechos de Agua	derechos de agua	aclaración esporádica de derechos de agua a nivel local (por medio de procesos judiciales)	derechos dinámicos basados en planes de gestión
Disposiciones Regulatorias	sólo regulación social	regulación restringida (por ejemplo, permisos para pozos nuevos, restricciones para perforación)	facilitación y control de auto-regulación por parte de grupos interesados
Legislación de Aguas	no existe	se discute la preparación de ley sobre recursos de agua subterránea	marco legal completo para gestión de acuíferos
Participación de los Grupos Interesados	poca interacción entre regulador y usuarios de agua	participación reactiva y desarrollo de organizaciones de usuarios	grupos de interés y agencia reguladora comparten responsabilidad en la gestión de acuíferos
Conciencia y Educación	el agua subterránea es considerada como un recurso infinito y gratuito	recurso finito (campañas de conservación y protección del agua)	interacción y comunicación efectivas entre grupos interesados
Instrumentos Económicos	casi no se reconocen las externalidades (la explotación es ampliamente subsidiada)	sólo se aplican cargos simbólicos por extracción de agua	se reconoce valor económico (se cobra adecuadamente y aumenta posibilidad de reasignación)
ACCIONES DE GESTIÓN			
Prevención de Efectos Colaterales	poca preocupación sobre efectos colaterales	se reconocen efectos colaterales (a corto y largo plazo)	mecanismo para equilibrar usos extractivos y valor in-situ
Asignación del Recurso	restricciones limitadas para asignación	competencia entre usuarios	asignación equitativa de usos extractivos y valor in-situ

Cuadro 43: Niveles de herramientas, instrumentos e intervenciones de gestión de agua subterránea necesarios para una etapa específica del desarrollo del recurso

7. Legislación del Acuífero Patiño

Una legislación de aguas completa ofrece considerables ventajas, ya que proporciona una base legal para la gestión efectiva y sustentable del agua subterránea por medio de:

- lineamientos y limitaciones para el ejercicio de los poderes públicos;
- disposiciones para la cuantificación, la planificación, la asignación y la conservación de recursos de agua subterránea, incluyendo, entre otros, los derechos de extracción y uso de agua;
- un sistema de permisos para descarga de aguas residuales que ayude a proteger las aguas subterráneas contra la contaminación;
- definición de derechos y obligaciones de los usuarios de agua subterránea;
- protección de derechos de uso, de derechos de terceras personas y del ambiente;
- requisitos para el registro y calificación de perforistas de pozos;
- posible intervención administrativa en situaciones críticas (agotamiento o contaminación de acuíferos);
- disposiciones para la cooperación interactiva entre administradores y usuarios del agua.

En términos generales, la legislación moderna de agua subterránea debe ser flexible, debe facilitar la acción y se debe poder hacer valer. Por ende, se recomienda que la legislación básica se limite a poderes y conceptos fundamentales, y que los detalles se aborden en reglamentos y planes de implementación relacionados. También proporciona una visión más unificada de los recursos de agua superficial y agua subterránea, pero las características particulares de los sistemas de agua subterránea y su estrecha relación con el uso del suelo exigen disposiciones legislativas, específicas en diferentes áreas administrativas y en distintos ámbitos territoriales.

Es relevante resaltar que una **implementación exitosa** de la legislación del agua subterránea depende de diversos factores, entre ellos:

- el sistema administrativo y el nivel de capacitación de los administradores de agua;
- una clara comprensión de los papeles y funciones institucionales a todos los niveles pertinentes;
- un nivel adecuado de conciencia y aceptación pública de las disposiciones legales; y
- la voluntad política para promover y lograr una gestión sustentable del agua subterránea.

Luego que se dispongan de planes de desarrollo del área de la cuenca del lago Ypacarai y del Acuífero Patiño, elaborados a partir de la evaluación de los recursos disponibles, tanto superficiales como subterráneos, y de la evaluación precisa de los diferentes usos del agua, tornase necesario hacer el monitoreo de los usos y de la evolución de la cantidad y calidad del agua (del lago y del acuífero). Además, deberá haber acciones direccionadas a la mitigación y resolución de conflictos entre usuarios, entidades u otros intereses.

En términos generales, la legislación debe ser flexible, debe facilitar la acción y se debe poder hacer cumplir. Luego, se recomienda que la legislación básica se limite a

poderes y conceptos fundamentales, y que los detalles se aborden en reglamentos y planes de implementación relacionados.

En el ámbito del área del Acuífero hay que establecer una legislación que enfoque en especial dos aspectos:

- i) los relacionados con la gestión del uso del suelo, destacándose los procedimientos para áreas de protección del acuífero y las disposiciones para conservación de áreas de recarga del acuífero; y
- ii) los relacionados con la regulación del usuario del agua, como la administración de los derechos de extracción y uso, la administración de los permisos de descarga de aguas residuales, el fomento de asociaciones de usuarios e interesados y los procedimientos de apelación y sanción.

A continuación se discuten algunas de estas disposiciones específicas:

7.1 Disposiciones Específicas

• Derechos de Extracción y Uso de Agua Subterránea

Muy importantes. Entre otras cosas, los derechos de agua subterránea sirven como base para el cobro por extracción, y en algunos países se pueden comerciar.

• Permisos para Descarga de Aguas Residuales

Los permisos para descarga de aguas residuales (sobre todo cuando se descarga al subsuelo), sujetos a condiciones sobre modo de descarga y nivel de tratamiento, están diseñados para proteger el agua subterránea contra la contaminación. El ‘principio contaminador-pagador’ por lo general está incorporado en esta área de la legislación

• Sanciones por Incumplimiento

Las penalizaciones pueden ir desde multas modestas hasta encarcelamiento, según la severidad de los impactos y la persistencia de la ofensa.

• Control de las Actividades de Construcción de Pozos

Otras disposiciones de la legislación del agua subterránea se relacionan con los permisos para todos los contratistas de perforación de pozos, con el fin de garantizar mejores relaciones (y flujo de información) con la administración de recursos hídricos, estándares más exigentes para la construcción de pozos, informes mejorados sobre las condiciones hidrogeológicas que se encontraron y disminución de la probabilidad de construcción ilegal de pozos. La legislación de aguas también puede introducir controles sobre la importación de bombas y equipo de perforación en un esfuerzo por limitar la excesiva extracción de agua subterránea.

• Planificación de Recursos a Nivel de Cuenca o Acuífero

La legislación de aguas tiende a prever la planificación de recursos hídricos en referencia a las cuencas de agua superficial y/o sistemas de acuíferos. Basados en un inventario de recursos hídricos y de usos existentes, los planes proporcionan un fundamento integrado para la evaluación de solicitudes individuales para obtener

derechos de agua. Normalmente los planes son de naturaleza obligatoria en términos de la ley, y las decisiones sobre las solicitudes deben ser consecuentes con sus disposiciones.

● **Uso Conjunto de Agua Subterránea y Superficial**

Al reconocer las ventajas del uso conjunto del agua, un permiso puede cubrir tanto la extracción de agua subterránea como la descarga de un efluente de calidad aceptable en un curso de agua superficial, o la derivación y el uso de agua superficial en conjunto con la recarga de un efluente de calidad aceptable en el subsuelo.

● **Ordenamiento Territorial para Conservación y Protección del Agua Subterránea**

En algunos países, la legislación prevé que los administradores declaren ‘áreas especiales de control’, con objeto de poder establecer medidas excepcionales (como restricciones para nuevas perforaciones de pozos y/o caudales de extracción de agua subterránea), con el fin de evitar mayor deterioro de los acuíferos. El ordenamiento territorial también puede orientarse a proteger las áreas de recarga de acuíferos y/o las fuentes de suministro de agua subterránea vulnerables. En las zonas establecidas por el ordenamiento territorial, pueden aplicarse restricciones sobre actividades potencialmente contaminantes (como ciertos tipos de urbanización, descarga de desechos sólidos en rellenos sanitarios, instalaciones de manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, minería y extracción de materiales de construcción, etc.). Para la prevención de la contaminación difusa por el uso agrícola del suelo, el enfoque anterior sólo se ha intentado a nivel local, y es más común introducir prohibiciones o mecanismos de control de importaciones para ciertos pesticidas y promover la adopción de códigos de prácticas agrícolas adecuadas.

● **Facilitación de la Participación de Usuarios de Agua y Grupos Interesados**

Los legisladores, concientes de que aumentan las posibilidades de formular disposiciones legales implementables si se involucra en el proceso a los usuarios de agua subterránea y a otros grupos interesados, están cada vez más interesados en su participación. Además de asociaciones locales de usuarios de agua, se necesitan más ‘organizaciones de gestión de acuíferos’ con mayor representatividad para:

- discutir la implementación de medidas con todos los sectores usuarios y entre asociaciones de usuarios del agua
- acordar acciones prioritarias en áreas cuya situación de agua subterránea sea crítica
- apoyar al regulador de recursos hídricos en la administración general de la extracción de agua subterránea.

Es importante otorgar a estas organizaciones un estatus jurídico formal e integrarlas en mecanismos institucionales más amplios para la gestión y protección de los recursos de agua subterránea.

● **Disposiciones para Monitorear el Agua Subterránea**

La legislación de agua subterránea debe contemplar el monitoreo de la situación del agua subterránea (cantidad y calidad) y del uso del agua, y esto lo logrará al asignar esta tarea a la administración de agua en el ámbito territorial adecuado. Para ser efectiva, esta legislación debe marcar requisitos realistas que tomen en consideración los recursos existentes y la capacidad institucional.

Bibliografía

- Báez Benitez, J. and Monte Domecq, R., Variación Espacial de los Excesos y Déficit Hídricos en el Paraguay (unpublished report).
- Báez Benitez, J. and Monte Domecq, R., 2006 Informe Técnico 2.11 Balance Hídrico del Acuífero Patiño
- DGEEC, 2002, Censo Nacional de Población y viviendas 2002, Asunción Paraguay
- Figueredo C.A., 2006 Informe Técnico 2.2 Geología Área del Acuífero Patiño
- Jerozolinski, T., 2007. Informe Etapa I and Plan de Gestión Estudio de Políticas y Manejo Ambiental de Aguas subterráneas en el Área Metropolitana de Asunción- Paraguay (Acuífero Patiño).
- Labaky, W, Waterloo Hydrogeologic Inc, 2006, Informe Técnico 2.12 Modelo Matemático del Acuífero Patiño
- Molano.C, 2001. Estudio del Acuífero Patiño, Informe Técnico 2.3. Inventario de pozos y manantiales en la Zona Piloto.
- Molano. C. 2001. Estudio del Acuífero Patiño, Informe Técnico 2.8. Riesgos de polución en el Área Piloto.
- Sekita K, Wehrle A, 2006 Informe Técnico 2.4 Investigación geofísica – Sondeos Eléctricos Verticales
- SENASA, 1999. Banco de datos de pozos perforados por SENASA, Publicación Técnica No. 2, Asunción, Paraguay.
- Van der Linden, W., 2001. Desarrollo del Banco Nacional de Datos Hidrogeológicos- Informe Técnico 1.1- SENASA
- Wehrle A, 2006, Informe Técnico 2.3 Inventario de pozos
- Wehrle A, 2006, Informe Técnico 2.6 Perforación pozos piezómetros
- Wehrle A, Sekita K. ,2006. Informe Técnico 2.8 Ensayos de Bombeo

Van der Gun.J, 2001. Estudio del Acuífero Patiño, Informe Técnico 2.1. Sinopsis del Estudio.

Van der Gun.J, 2001. Estudio del Acuífero Patiño, Informe Técnico 2.9. Calidad de las Aguas del Acuífero Patiño.

